



Mérnöki Szimpózium a Bánkin előadásai

*(Proceedings of the Engineering
Symposium at Bánki)*

2021



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY



A MAGYAR
TUDOMÁNY
ÜNNEPE



Mérnöki Szimpózium a Bánkin Előadásai

Proceedings of the Engineering Symposium at Bánki



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY



BÁNKI DONÁT GÉPÉSZ ÉS
BIZTONSÁGTECHNIKAI MÉRNÖKI KAR

BÁNKI DONÁT FACULTY OF MECHANICAL
AND SAFETY ENGINEERING

Copyright © a szerzők / the authors, ESB 2021

Minden jog, a kiadvány kivonatos utánnomására, kivonatos vagy teljes másolására (fotokópia, mikrokópia) és fordítására fenntartva.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, or transmitted, in any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the publisher.

Kiadó / Publisher: Óbudai Egyetem

Felelős kiadó / Editor-in-Chief: Rajnai Zoltán

Szerkesztette / Edited by: Horváth Richárd, Lukács Judit, Stadler Róbert Gábor

Műszaki szerkesztő / Technical Editor: Horváth Richárd

Borítóterv / Cover: Keserűné Balázs Tímea

ISBN 978-963-449-270-2

online elérhető / online available at:

<http://bgk.uni-obuda.hu/esb>

2021.

Köszöntő

Az elmúlt évtizedben megrendezett ESB – Engineering Symposium at the Bánki – konferenciák hagyományát méltó módon követve az idén is - a Covid-19 járvány jelentette kihívások és nehézségek ellenére - sikerült a különböző kutatói területek képviselőit megszólítani és egy konferencia kötetet összeállítani, amely a kar oktatóin és doktorandusz hallgatóin túl a társegyetemeinken tanuló és oktató kollégáinknak is kínált publikálási lehetőséget. Tanulmánykötetünk a legszínvonalasabb publikációkat mutatja be, magyar és angol nyelven. A cikkek témagazdagsága és sokszínűsége nagyon hűen tükrözi napjaink hallatlanul izgalmas, kihívásokban gazdag időszakát, kutatási trendjeit és irányát. Ezúton szeretnék köszönetet mondani elsősorban a kötet szerzőinek, de mindazoknak is, akik támogatták, valamint ösztönzésükkel és segítségükkel nagyban hozzájárultak ahhoz, hogy e tanulmánykötet megjelenhetett. A tanulmánykötet sokszínűségére és tartalmi gazdagságára hivatkozva bízom benne, hogy elnyeri minden olvasó tetszését és mind az akadémiai, mind pedig a vállalati szférában tevékenykedő szakemberek számára érdekes és hasznos kiadvány. Olvasásához, tanulmányozásához sok sikert kívánok!

Budapest, 2021. december 15.



Prof. Dr. Rajnai Zoltán

Dékán

ESB Fővédnöke

Greetings

Following the tradition of the ESB - Engineering Symposium at the Bánki - conferences held in the last decade, despite the challenges and difficulties posed by the Covid-19 epidemic, this year, we also managed to attract representatives from various research fields. The conference proceedings offered a publication opportunity to our colleagues, researchers, and doctoral students studying and teaching at our or even at partner universities. Our volume presents the publications of the highest quality in Hungarian and English. The richness and diversity of the articles faithfully reflect the exciting and challenging times, research trends, and directions nowadays. I would like to take this opportunity to thank the authors of the articles and all those who have supported and contributed to the publication of this volume with their encouragement and assistance. Referring to the diversity and richness of the content of these proceedings, I am confident that it will win the approval of all readers and be exciting and valuable reading material for both academic and business professionals.

I wish you good luck reading and studying!

Budapest, December 15, 2021



Prof. Dr. Zoltán Rajnai

Dean

Patron of ESB

Tudományos bizottság / Committees

Tiszteletbeli elnök / Honorary chair

Levente KOVÁCS, Óbuda University, Hungary

Általános elnök / General chair

Zoltán RAJNAI, Óbuda University, Hungary

Tudományos bizottság elnöke, Scientific committee chair

Richárd HORVÁTH, Óbuda University, Hungary

Tudományos bizottság, lektorok / Scientific committee, peer reviewers

Anna Tünde KOVÁCS, Óbuda University, Hungary

Ágota DRÉGELYI-KISS, Óbuda University, Hungary

Árpád CZIFRA, Óbuda University, Hungary

Edit LAUFER, Óbuda University, Hungary

Enikő Réka FÁBIÁN, Óbuda University, Hungary

Endre RUSZINKÓ, Óbuda University, Hungary

Erzsébet ANCZA, Óbuda University, Hungary

Gabriella FARKAS, Óbuda University, Hungary

György CZIFRA, Óbuda University, Hungary

Gyula BAGYINSZKI, Óbuda University, Hungary

István NAGY, Óbuda University, Hungary

Istvánné RÁTHY, Óbuda University, Hungary

József GÁTI, Óbuda University, Hungary

Judit, LUKÁCS, Óbuda University, Hungary

Gyula SZABÓ, Óbuda University, Hungary

József Zoltán SZABÓ, Óbuda University, Hungary

László HANKA, Óbuda University, Hungary

László POKORÁDI, Óbuda University, Hungary

Mihály RÉGER, Óbuda University, Hungary

Péter PINKE, Óbuda University, Hungary

Péter VARGA, Óbuda University, Hungary

Tamás RÉTI, Óbuda University, Hungary

Tamás SZAKÁCS, Óbuda University, Hungary

Tibor KOVÁCS, Óbuda University, Hungary

Viktor GONDA, Óbuda University, Hungary

Szervezés / General organizer

Judit LUKÁCS, Óbuda University, Hungary

Tartalomjegyzék / Contents

Angol szekció / English section

Kawan M. Abdulrahman, Viktor Gonda, Mihály Réger: Impact toughness and microstructures behavior of the Aluminum EN AW 6082 rheocasting and casting alloys in different temperatures	9
Kawan M. Abdulrahman, Viktor Gonda, Mihály Réger: Microstructures and Mechanical Properties of Aluminium EN 6063 - T6 Extrusions and Rheocasting alloys	19
Atila Albert: The impact of the first wave of the COVID-19 pandemic on the purchase of self-defense weapons in Hungary	26
Sahir M. Al-Zuraiji, József S. Pap: Redox-active ligands in Fe complexes and their use in water oxidation catalysis	30
Ricardo P. Arciniega-Rocha, Vanessa C. Erazo-Chamorro: Non-Powered Hand Tool Size Selection Method	37
Erzsébet Domonyi, István Barányi: Finite element analysis of early age concrete crack risk probability in different types of box-shaped samples	43
Erzsébet Domonyi, István Barányi: CEM I and CEM III typed cement heat generation and impact on the crack risk	47
Vanessa C. Erazo-Chamorro, Ricardo P. Arciniega-Rocha, Gyula Szabó: Healthy and safe workplace definition: a friendly boundary for a complex issue	51
Anett Forgács, Judit Lukács, Richárd Horváth: Safety and risk analysis from the behavioral economics paradigm, use of the possibilities of soft computing methods	57
András Frigyik: Quantum Cryptography: Quantum Key Distribution, A Non-Technical Approach	61
Milán Hugyi: Ensuring quality of the heat-treatment process with the help of statistical methods	69
Henrietta Lengyel: Monitoring vehicle drivers in critical traffic situations	75
Malak Shatnawi, Zoltan Rajnai: Assessing the Impact of COVID-19 Crisis on Mobility Activities and Modes Choice	81
Bence Varga, József K. Tar, Richárd Horváth: Comparative Analysis of Different Solution Methods for the Inverse Kinematic Task of Redundant Manipulators	87

Magyar szekció / Hungarian Section

Dobos Oszkár, Dr. habil. Csizsárik-Kocsir Ágnes: Projektmenedzsment szerepe a kiberhadviselésben, a mesterséges intelligencia támogatásával	100
Fábián Enikő Réka: Alumíniumlemezek lézersugaras vágása	115
Gáti József, Gazda Péter: Az üregképződés vizsgálata és a szivárgási utak lezárása nyomásos alumínium öntvényben	121
Hauschild Péter, Poór Dániel István, Geier Norbert: Szálerősített polimerek (FRP) forgácsolása közbeni hőmérséklet mérésére alkalmas mérési környezet módszeres tervezése	129
Kuti János, Gyura László, Dr. Gáti József: Nagyszilárdságú acéllemezek lángvágása	135
Nagy Attila, Simon János: Hálózati anomáliák detektálása gépi tanulás segítségével	141
Horváth Richárd, Mészáros Levente, Oláh Ferenc, Mendi Tamás: Önnyíló konténer konstrukciók nyitási módszereinek elemzése – I. rész	145
Horváth Richárd, Mészáros Ábris, Oláh Ferenc, Mendi Tamás: Önnyíló konténer konstrukciók nyitási módszereinek elemzése – II. rész	149
Oláh Ferenc, Horváth Richárd, Réger Mihály: Keménységmérés végelesemes szimulációja eltérő anyagmodellek esetén	154
Pinke Péter, Horváth Richárd, Stadler Róbert Gábor, Ráczki Viktor: Erőtani és tönkremeneteli vizsgálat korrózióálló acél marása során	160
Schramkó Márton; Dr. Kovács Tünde: Az ultrahangos hegesztés bemutatása esettanulmányokkal	166
Stadler Róbert Gábor, Lukács Judit, Nádai László, Horváth Richárd: Start-Stop rendszerek hatékonysága és fejlesztési lehetőségei	172
Stadler Róbert Gábor, Varga Bence: Gépjárművekben alkalmazott kijelzők pozicionálása és korszerű technológiai	177
Tóth László: Mélyhűtéssel a maradék ausztenit ellen	181
Váradi Péter, Horváth Richárd: Személygépjárművek ütközési energiaelnyelő eszközeinek (Crash box) fejlesztési lehetőségei az anyag és gyártás jellemzők tekintetében	187

Angol szekció / English section



Impact toughness and microstructures behavior of the Aluminum EN AW 6082 rheocasting and casting alloys in different temperatures

^{1,2} Kawan M. Abdulrahman, ³ Viktor Gonda, ⁴ Mihály Réger

¹ *Doctoral School on Materials Sciences and Technologies Óbuda University, Budapest, Hungary,*

² *Sulaimani Polytechnic University, Technical College of Engineering, Department of Production Engineering & Metallurgy, Iraq,*
kawan.abdulrahman@uni-obuda.hu

³ *Óbuda University, Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering, Budapest, Hungary,*
gonda.viktor@bgk.uni-obuda.hu

⁴ *Óbuda University, Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering, Budapest, Hungary,*
reger.mihaly@bgk.uni-obuda.hu

Abstract

The rheocasting method is known as one of the techniques of Semi-solid metal (SSM). It is conducted between the states of solidus and liquidus in which a non-dendritic microstructure is created, and in a liquid matrix, it produces solid spheroids. This paper reports a Charpy Impact test which shows the Effect of Heat on the Charpy Impact toughness of the casting and the rheocasting for aluminum alloy EN AW 6082. The test samples are subjected to Charpy impact tests at different temperatures (0, 25, 40, 100, -25, and -40)°C and compared the result of casting with rheocasting samples. Also, the Brinell hardness test was conducted on Aluminum EN AW 6082 and Rheocasting alloy samples at room temperature. According to ASTM standards, the scanning electron microscope (SEM) fracture obtained result; it can be noticed that the microstructure of the rheocasting sample changed more due to the work results.

The present work shows significant toughness increases for rheocasting aluminum alloy EN AW 6082 compared with casting aluminum alloy EN AW 6082 in all different temperatures. The value of rheocasting alloy toughness increased three or more times compared with casting alloy toughness. Besides, measuring the lateral dimensions of the alloy toughness after the test supported the toughness results, the variation of an explosive edge in the Charpy impact test for casting, and rheocasting samples at different temperatures compared to the edges in casting aluminum alloys. All Charpy impact tests for rheocasting samples test have higher measuring edge values than casting samples test, especially in high temperatures. The effect of the typical Brinell hardness test for rheocasting samples suggests an improvement in hardness from 95 to 125 HB.

Keywords: Semi-Solid, Rheocasting, aluminum alloy EN AW 6082, Toughness; Impact test, Charpy test, SEM test, hardness test.

1 Introduction

In an impact test, impact energy refers to the total amount of energy used. A given specimen that fractures after being tested below a high strain rate or quick loading state absorb the total energy. The Charpy test is the most popular type of impact test, and it is used in the laboratory to quantify impact energy [1-2]. The overall area under the stress-strain curve is reflected in the energy value. Furthermore, research on the link between fracture characteristics and microstructure of hypereutectic Al-Mg-Si alloy castings is included in this test. It consequently leads to a reduction in

the resistance to crack initiation, raising the accuracy of the impact values and underlining the effects of microstructure. The current work benefited from Charpy unnotched samples [3-4].

Using an internal heat absorber technique, the rheocasting process presents a method to manufacture more cost-effective components with the practice of near-net-shape for various aluminum alloys. The rheocasting process seems possible through better process control during the slurry formation [5].

The Charpy test, similarly identified as the Charpy V-notch test, is an identical high strain-rate test that determines the value of energy absorbed by an alloy through the fracture. The value of absorbed energy was measured of a given material's notch toughness and performances as a tool to study temperature-reliant on ductile-brittle change [16,17]. Charpy impact tests were conducted at all temperatures on the cast and rheocasting samples using a VEB machine along with a pendulum having obtainable energy of 50 J. The samples have V-notch with standard dimensions (10 mm x 10 mm x 55 mm) were used [9].

2 Metal and Methodology

The chemical compositions of the alloy used in this work are given in Table 1. The aluminum-silicon-magnesium alloy grade (Al Si1Mg Mn) is typically used for intricate and thin-walled castings of high strength demand. The functioning of the rheocasting process to produce slurries of the alloys mentioned above is described in detail in [6,10].

Table 1. The chemical composition of Aluminum EN AW 6082 alloys.

wt%	Al	Mg	Si	Cr	Fe	Mn	Cu	Ti	Zn
EN AW 6082	Bal.	0.6	0.73	0.25	0.5	0.4	0.1	0.1	0.2

This type of alloy has medium strength and excellent corrosion resistance. In plate form, EN AW 6082 alloy is generally utilized for machining [7-8]. The most common uses are scaffolding elements, rail coach pieces, offshore projects, containers, machine-building, and mobile cranes. The alloy EN AW-6082 shows good resistance to dynamic loading conditions in the aforementioned applications. The resistance is attributed to its fine-grained structure. Besides this alloy, EN AW-6082 is an expert for marine applications [18-19]. In the practical alloy EN AW 6082, aluminum alloys contents of Si and Mg range between 0.5-2.2 wt% as shown in Figure 1, generally by Si/Mg ratio of more than one. [7-17]

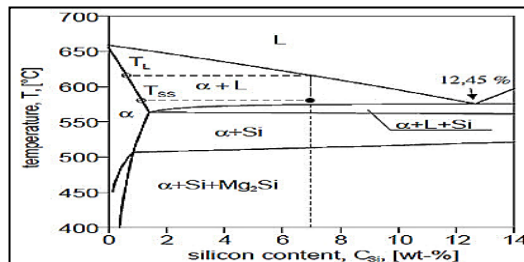


Figure 1. The phase diagram of Aluminum magnesium silicon alloys. [7]

2.1 Semi Solid Rheocasting Method

The raw material for Semi-Solid Rheocasting (SSR) is obtained directly from ingot operations, with no intermediary solidification phase. The molten metal, slightly over the liquidus temperature in Figure 2, is poured into a steel mold and then treated with the rheocasting process to generate a

globular microstructure [2].



Figure 2. Melting Aluminum magnesium silicon alloys in the mold inside the furnace and The mold for the impact the samples.

The steel mold was specifically designed for this test. In this test process, in an alloy with a Semi-Solid temperature, the molten metal is held above the liquidus temperature for a short time while the alloy rotates (low temperature). Using the steel rod in rotating motion, Semi-Solid State interacts with the liquid-solid alloy, and a temperature incline exists amid the melt and the rod. The melt on the rod's surface partially solidifies as a result of this. The nuclei are formed and subsequently thrown into the melt due to the rotating motion of the rod at alloy Semi-Solid temperature, producing a globular microstructure of tiny grains [4,11].

Figure 3.a. illustrates schematically a phase diagram and typical of an alloy composition suitable for SSM rheocasting processes. The EN AW 6082 alloy composition must prove that it results in a wide solidification interval. As well as, the process temperature (slurry temperature) must be close to the eutectic knee point temperature in liquid fraction vs. temperature curve, shown in Figure 3. b. On two sides of the knee point, a meaningful change happens in the sensitivity of solid fraction (dfs/dT) with temperature [11,14]. The reason for this is to obtain a slurry stable at the working temperature, where the solid fraction sensitivity is as minor as possible when the temperature reductions. That helps stabilize the solid fraction, as the amount of heat needed to form the eutectic phase is large [12,15].

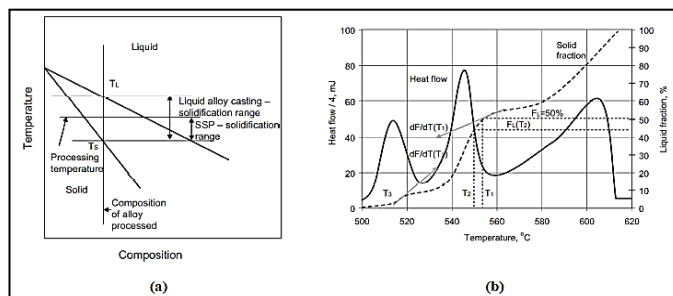


Figure 3. (a) Typical solidification range and processing temperature for SSM rheocasting, (b) Thermal analysis showing the maximum heat flow occurs at the eutectic temperature. [15]

Furthermore, the alloy composition, rotating the alloy in semi-solid temperature, and the effects of the microstructure define the final alloy properties through numerous parameters, for example, intermetallic formation, alloying elements in solid solution and their result on solidification in rheocasting processes, microstructure as well as the morphology of particles and their effect on fluidity. The consequences of adding alloying elements can be predicted by considering them as impurities or a solid solution. These have a crucial role in influencing the alloy thermal conductivity

and reducing this value intensely as the mean free path of electrons decreased significantly [14]. Since the unique metallurgical aspects of SSM casting, selecting an appropriate alloy composition must be complete so that all of these factors appropriately interact in the final product.

Both brittle and ductile fractures are archived in impact testing based on scanning electron microscopy data [20-21]. Before fracture, there was no visible plastic deformation in the brittle fracture. Furthermore, brittle fractures have less energy absorption and occur at high speeds, whereas ductile fractures have more plastic deformation before breakage [19]. Because of the absorption of a substantial amount of energy before fracture, extensive plasticity causes distorted grains around the crack to propagate slowly [21-20].

3 Result and Discussion

3.1 Charpy Impact Test

The Charpy V-test piece was used in our tests. The impact tests were performed at ambient temperature as well as at 100, 40, 25, 0, -25, -40, and -100°C. Warming to the test temperature was performed by rapid heating; the piece was put in contact with an aluminum plate preheated to the test temperature. This test uses a specimen that has dimensions of 10x10x55 mm. A notch is machined into the specimen. The V-notch design is specified in ASTM E 23 [17].

Rheocasting and casting aluminum alloys EN AW 6082 will be tested during the seven laboratory sections in which 14 specimens for each of these alloys (28 specimens in total) are studied at seven temperatures. The temperatures selected for the two types of alloys are 100, 40, 25, 0, -25, and -40 °C.

The climatic chambers for thermal shock testing are used to subject samples to simple shocks by causing them to go from a high to a low-temperature area abruptly and repeatedly. It also seeks to classify faulty components and those linked to infant mortality (mainly in the electronics sector). For a significant number of cycles, the samples are placed within a portable basket that transports them from the cold to the hot compartment and vice versa. These chambers feature two or more test compartments, and the sample is quickly passed from one to the other (usually within 10 seconds).

The temperature of the test compartments and the testing methods depend on the requirements of the standard, which defines the specific cycle to be performed.

Using temperature ACS compact test chambers, it consists of several categories with various capacities and applications, and it is also obtainable to accommodate a variety of specimen sizes. Our test chambers can simulate a wide range of temperature conditions from -40°C to 100°C (customized available, for example, constant extreme cold and hot. The specimens are moved to the Charpy testing machine easily, shattered, and assessed by the impact of energy. The fracture surfaces are inspected at the root of the notch for signs of shear or cleavage failure and lateral expansion after failure.

Figure 4 represents the variation of the energy of the value absorbed in casting and rheocasting samples at different temperatures compared to the energy absorbed in casting aluminum alloys. For energy absorbed in both aluminum alloys (casting and rheocasting) samples at 100 °C, it is showed variation from 44 to 118 Joules. At a temperature of 40°C, it is increased from 41 to 101 Joules. In the casting alloy sample, the third temperature, such as room temperature 25°C, the toughness value was 39 Joules when the toughness value increased in the rheocasting sample to 99 Joules. The energy absorbed continually increases at low temperatures starting from (0, -25, and -40) °C shows the respective casting alloy samples of 26, 22, and 18 Joules, but the toughness values in rheocasting samples are 82,80, and 75 Joules. Consequently, all Charpy Impact test rheocasting samples have high energy values due to the non-dendritic microstructure of this alloy.

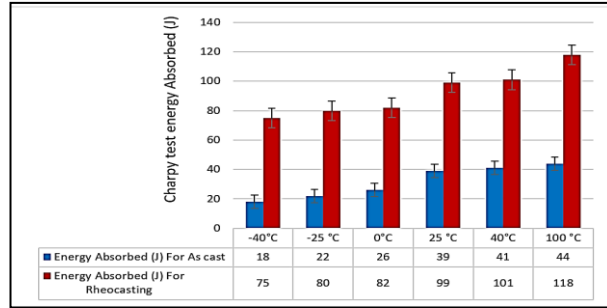


Figure 4. The energy of the value is absorbed in casting and rheocasting samples at different temperatures.

3.2 Measuring the effect of Charpy Impact Test in the samples

Figure 5 illustrates the Lateral expansion of as-cast and rheocasting Specimens at room temperatures. Measuring the cross-section of the square edge by using a digital vernier tool helps to find the effect of impact tests in the samples. The measuring cross-section of edges changes from one sample to another. These changes depend on the type of alloy and variation of temperature. Moreover, measuring the cross-section of any square edges changes following the impact test, which depends on the force acting on the specimens.

The lateral expansion is measured:

$$\Delta w = wf - wi \quad (1)$$

where wf is the final lateral dimension, and wi is the initial lateral dimension.



Figure 5. a. Lateral expansion of as-cast specimen in 25 °C, b. Lateral expansion of rheocasting specimen in 25 °C

3.3 Measure lateral dimensions after impact Test

The Charpy impact test sample has a square cross-section area, as illustrated in Figure 6. A specimen with dimensions of 10 x 10 x 55 mm is used in this test. A notch is cut into the specimen that measures 2 mm in total length. ASTM E 23, type A, specifies a V-notch design. Before applying loads, the edge square dimension is (10 x10) mm [3]. The edge dimension changed after finishing the test. It means that the measuring of the edge square dimension changed with the change in the type of alloy and the temperature condition. The results of the impact test show that shear characterizes a smooth surface. Cleavage and brittleness describe a fine-grained fracture surface. Failures come in many shapes and sizes (part shear and part cleavage). It's generally a brittle fracture or cleavage if there's no plastic deformation after the fracture. In an impact test, lateral expansion determines the degree of plastic deformation. The thickening of the specimen during fracture is known as lateral expansion.

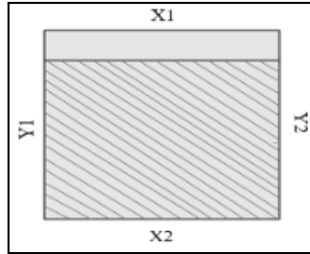


Figure 6. The standard square cross-section area of the Charpy impact test.

Figure 7 illustrates the variation of a lateral dimensions edge in the Charpy impact test in casting and rheocasting samples at a different temperature compared to the edges in casting aluminum alloys. For measuring edges in two aluminum alloys (casting and rheocasting) samples at 100 °C, the edges showed variation from (9.94, 10.14, 9.87, 10.05) mm to (9.42, 11.74, 9.44, 9.4) mm. the maximum in rheocasting sample value in the edge (X2) increased to (11.47) mm. In temperature 40°C, the edge increased from (9.9, 10.25, 10.12, 9.73) mm to (9.32, 12.01, 9.34, 9.33) mm.

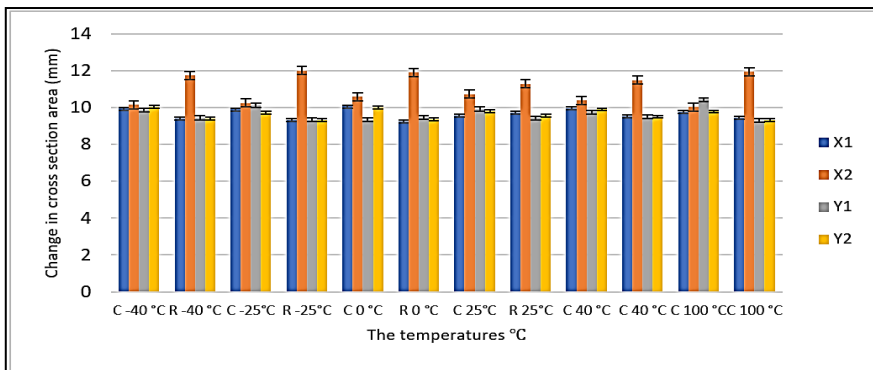


Figure 7. Bar chart measuring explosive edge in the Charpy Impact Test in casting and rheocasting samples at a different temperature.

3.4 Scanning Electron Microscope for casting and rheocasting samples at room temperature

Figures 8 and 9 show SEM images of the fracture surfaces, revealing a typical ductile and more ductile morphology for the casting and rheocasting circumstances. Both brittle and ductile fracture morphologies were seen in various portions of the impact test, and both specimens were examined at room temperature. Based on the modest Mg and Si peaks noticed in the spectrum, the energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS) spectrum displayed in Figure 8.b. demonstrates that these precipitates are mostly Mg₂Si precipitation. Figures 8 and 9 show comparisons of fracture surfaces acquired by SEM from impact specimens. In a ductile crystalline materials test, the fracture can happen by cleavage in the impact specimen as shown in Figure 8.a. Nevertheless, for casting impact specimen, the theory of ductile fracture is generally in grains boundaries Figure 8.b. away from the casting specimen.

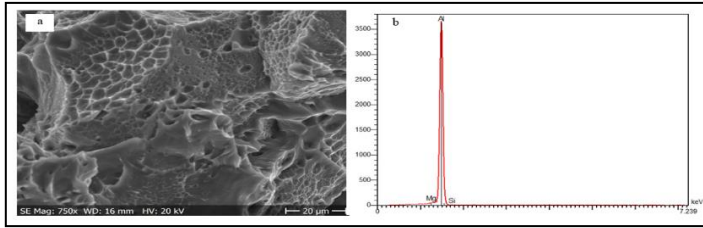


Figure 8. a. The SEM image of grain boundaries in the undeformed part of casting Specimen (39J) b. EDX spectrum revealing the precipitation of Mg_2Si of casting specimen.

However, in the rheocasting impact specimen, more ductile fracture propagation among the severely deformed and elongated grains is observed to be more favorable Figure 9.a. showed the effect of more energy absorbed in the impact test compared with energy absorbed in casting specimen at room temperature. Based on the modest Mg and Si peaks identified in the spectrum, the energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS) spectrum displayed in Figure 9. b demonstrates that these precipitates are mostly Mg_2Si precipitation.

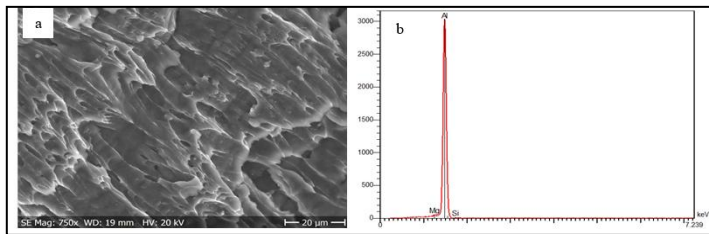


Figure 9. a. The SEM image of plastic deformation at the grain boundaries of rheocasting Specimen (99J) b. EDX spectrum revealing the precipitation of Mg_2Si of rheocasting Specimen.

Because the more ductile fracture performed in the rheocasting sample impact test contains a significant degree of plastic deformation in crystallographic planes. Plastic deformation at grain boundaries is seen in Figures 10 and 11. Plastic deformation dissipates some energy from stress concentrations at grain borders, causing grain morphologies to change from spherical to longitudinal. Similar micro-cracks may also be discovered in the figure, in addition to the dimples. High Si levels were identified in the broken regions throughout the specimen, according to the EDX investigation [22].

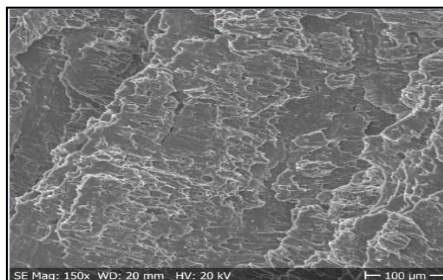


Figure 10. The ductile fracture surface of the rheocasting specimen.

Less ductile fracture typically includes little energy absorption. Figure 11 shows no more plastic deformation crystallographic planes. Mg₂Si particle precipitation does not appear to improve the alloy's impact properties; in fact, only the rheocasting sample shows an increase in the absorbed impact energy relative to the casting ones.

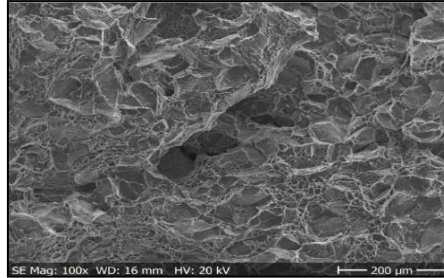


Figure 11. The less ductile cleavage fracture surface of cast Specimen from a scanning electron microscope.

3.5 Calculate Hardness Test for rheocasting and casting alloy

Figure 12 shows the hardness value of the two alloy samples. It can be noted that the sample of the rheocasting alloy has the maximum hardness followed by the casting sample. The average hardness Brinell results from rheocasting sample 125 HB and casting sample 95 HB.

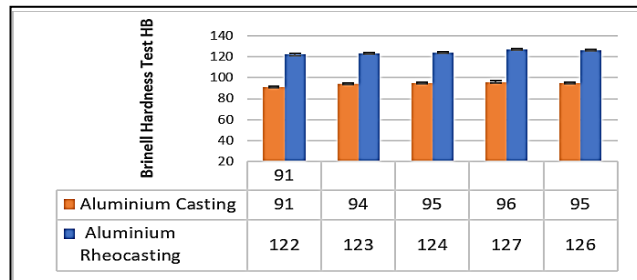


Figure 12. The average hardness Brinell of Aluminum EN AW 6082 and Rheocasting alloy.

4 Conclusions

A variety of Charpy experiments were carried out in this investigation., Impact toughness was studied for aluminum alloys EN AW 6082 containing Si and Mg in different temperature conditions. The work was conducted on two types of aluminum alloys EN AW 6082 at casting and rheocasting conduction. The investigation on aluminum alloys EN AW 6082 with casting and rheocasting specimen illustrated that the absorbed energy of the selected rheocasting aluminum alloys increases in all temperatures (100, 40, 25, 0, -25, and -40 °C) and it becomes more when it is tested in high temperatures till 100 °C. The studies show a higher absorbed energy value in rheocasting aluminum alloy without heat treatment. The toughness value increased for the rheocasting specimens. On the contrary, the toughness decreases for the casting of aluminum alloy specimens.

- The impact of processing on the microstructure of rheocasting alloy was utilized to alter the microstructure of the two-alloy casting in response to impact findings.

- When rheocasting alloy semi-solid microstructure, the impact toughness was the highest. This process allowed significantly more non-dendrite refining, which boosted impact toughness than suction casting. Furthermore, the absorbed energy value for rheocasting specimens grew more than a repeat value in casting samples during the Charpy test in all temperature circumstances, owing to the high relative energy. All Charpy impact test rheocasting samples test has high measuring edges values compared with casting samples test shows in test Figure 4.
- The maximum value of the edges (X_2) was in casting alloy 10.73 mm at room temperature when this value is increased to 11.29 mm in rheocasting at room temperature.
- A technique to illustrate more ductile damage is tested, which produced promising rheocasting impact results. Longitudinal grain boundaries fracture, but casting impact results showed less ductile fracture depending on the SEM analysis. Figures 8 and 9 show the SEM test for both methods.
- The average Brinell hardness test showed an increase in hardness from 95 to 125 HB for rheocasting samples.

Acknowledgments

This paper originated with the support of the Faculty of Mechanical and Safety Engineering, Hungary.

5 References

- [1] J. Barson & S. Rolfe. (1970). Impact Testing of Metals, ASTM STP 466, ASTM International, West Conshohocken, PA, pp. 281–302.
- [2] Hofmann, D. C., Kozachkov, H., Khalifa, H. E., Schramm, J. P., Demetriou, M. D., Vecchio, K. S. & Johnson, W. L. (2009). Semi-solid induction forging of metallic glass matrix composites. *JOM* 61, 11–17.
- [3] Davis, J.R. (1993). ASM Speciality Handbook, Aluminum, and Aluminum Alloys, in. ASM International, Davis & Associates, Materials Park, OH. Dieter, G.E., 1986. Mechanical metallurgy, in. McGraw Hill, UK.
- [4] Dowling, J.M. & Martin, J.W. (1976). The influence of Mn additions on the deformation behavior of an Al-Mg-Si alloy. *Acta Metall.* 24(12), 1147-1153.
- [5] X. Lin, L. L. Tong, L. N. Zhao, L. L. Wang, M. Wang & W. D. Huang. (2010). Morphological evolution of non-dendritic microstructure during solidification under stirring. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China.* 20, pp. 826-831.
- [6] J.R. Davis, editor. ASM Speciality Handbook. (1993). Aluminum and Aluminum Alloys. ASM International, Metals Park, Ohio, USA.
- [7] Elsebaie, O., Samuel, A.M. & Samuel, F.H. (2011). Effects of Sr-modification, iron-based intermetallics, and aging treatment on the impact toughness of 356 Al-Si-Mg alloy. *J Mater Sci* 46, 3027-3045.
- [8] Shabestari, S.G. (2004). The effect of iron and manganese on the formation of intermetallic compounds in aluminum-silicon alloys. *Mater. Sci. Eng. A* 383, 289–298.
- [9] D. H. Kirkwood, M. Suery, P. Kapranos, H. V. Atkinson & K. P. Young. (2010) Semi-solid processing of alloys. Berlin. Springer. Vol. 124.

- [10] R. Burapa, S. Janudom & T. Chuchep. (2010). Effects of primary phase morphology on mechanical properties of Al-Si-Mg-Fe alloy in semi-solid slurry casting process. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, Vol. 20, pp. 857–861.
- [11] X. Lin, L. L. Tong, L. N. Zhao, L. L. Wang, M. Wang & W. D. Huang. (2010). Morphological evolution of non-dendritic microstructure during solidification under stirring. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*. 20, pp. 826-83.
- [12] Parson NC & Yiu HL. (1989). In Campbell PG, editor. *Light metals*. Warrendale (PA, USA) (TMS).
- [13] Wang, Q.G., Davidson, C.J. 2001. Solidification and precipitation behavior of Al-Si-Mg casting alloys. *J. Mat. Sci.* 36, 739-750. Warmuzek, M. (2004). *Aluminum-Silicon Casting Alloys - Atlas of Microfractographs*, in. ASM International, Davis & Associates, Materials Park, Ohio.
- [14] Hofmann, D. C., Suh, J.-Y., Wiest, A., Duan, G., Lind, M.-L., Demetriou, M. D. & Johnson, W. L. (2008) Designing metallic glass matrix composites with high toughness and tensile ductility. *Nature*, 451, 1085–9.
- [15] ASTM Standard E23. (2007). *Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials*.
- [16] Nikolaos D. Alexopoulos. (2010). Impact properties of the aircraft cast aluminium alloy Al-7Si- 0.6Mg (A357).
- [17] Zhen, L., Fei, W.D., Kang, S.B. & H.W.(1997). Precipitation behavior of Al-Mg-Si alloys with high silicon content. *J. Mater. Sci.* 32, 1895–1902.
- [18] Keist, J. (2005). The development of a fluidized bed process for the heat treatment of aluminum alloys.57, 34–39.
- [19] C. H. Chen, H. P. Zhang, J. Niemczura, K. Ravi-Chandar & M.(2011) Marder. Scaling of crack propagation in rubber sheets. *Europhysics Letters*. 96 (3): 36009.
- [20] Perez, Nestor. (2016). *Fracture Mechanics (2nd ed.)*. Springer ISBN 978-3319249971.
- [21] Callister, William D. & Jr. (2018). *Materials science and engineering: an introduction (8th ed.)*. pp. 236–237. ISBN 978-1-119-40539-9.
- [22] N.D. Alexopoulos & Sp.G. Pantelakis. (2004) *Metall. Mater. Trans. A*, 35A, 3079.
- [23] N.D. Alexopoulos & M. Tiryakio_lu. (2009) *Metall. Mater. Trans. A*, 40A, 716.



Microstructures and Mechanical Properties of Aluminium EN 6063 - T6 Extrusions and Rheocasting alloys

^{1,2} Kawan M. Abdulrahman, ³ Viktor Gonda, and ⁴ Mihály Réger

¹ *Doctoral School on Materials Sciences and Technologies Óbuda University, Budapest, Hungary,*

² *Sulaimani Polytechnic University, Technical College of Engineering, Department of Production Engineering & Metallurgy, Iraq,*

kawan.abdulrahman@uni-obuda.hu

³ *Óbuda University, Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering, Budapest, Hungary,*
gonda.viktor@bgk.uni-obuda.hu

⁴ *Óbuda University, Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering, Budapest, Hungary,*
reger.mihaly@bgk.uni-obuda.hu

Abstract

The rheocasting process is a part of Semi-solid Processing (SSP) which includes processing of the metallic alloys, and this process is between the solidus and the liquidus states. The present work was focused on the results of mechanical properties (tensile, compression, and hardness tests) of the aluminum-magnesium-silicon alloys EN6063-T6 Extrusions and rheocasting were studied according to ASTM standards.

Experimental results show that the regular casting of the alloys EN6063-T6 Extrusions microstructures shaped below is dendrite shape, and the rheocasting alloy is a spherical shape (non-dendritic). Compared to the dendritic form of the extrusions alloy, the resistance of the spherical shape microstructure of the rheocasting sample increases yield strength, ultimate tensile stress, and strain. The yield strength increases in the rheocasting result test were 290 MPa while the Extrusions result from the test outcome was 215 MPa, and the value of ultimate tensile stress and strain improved from 241, 0.08 to 340 MPa, 0.11 in the rheocasting sample. Also, the rheocasting compression result improved in contrast to the extrusions compression result. Finally, the hardness test revealed that the rheocasting sample had higher results than the extrusion sample.

Keywords: Semi-solid metal, Rheocasting process, aluminum alloy EN6063-T6, Tensile test, Compression test, hardness Brinell, Stress-strain curves.

1 Introduction

Semi-Solid Processing (SSP) includes forming metallic materials in different Semi-Solid temperatures, such as thixoforming. Besides, the aluminum alloy product manufactured by Semi-Solid Processing consumes advanced mechanical properties associated with liquid metal forming [1,5]. Rheocasting is a short semi-solid metal forming process in which Semi-Solid slurry is deformed straight by rolling, extrusion, etc. [2,12]. The first important step of the rheocasting process is to prepare the semi-solid slurry. Therefore, rheocasting resulted in developing various successful preparing slurry processes of which mechanical stirring was successfully applied [15].

The semi-solid parts have high mechanical properties comparable to those of the forged material and better than permanent mold castings [4,5]. Therefore, Semi-Solid processing has increasing uses in universal manufacturing, especially in a high-performance part along with a complex structure

[11,6].

The universal testers, which measure materials for stress, compression, or tension, are the most common measuring devices. Their main goal is to create the previously indicated stress-strain curve. When heat treatment settings are optimized, the tensile strength of 357 and modified 319 semi-solid formed aluminum alloys are superior to traditionally cast alloys [11]. That is due to the reduction in porosity and the spherical microstructure. After heat treatment, 319 alloys demonstrated exceptional ultimate tensile strength and yield strength of the order of 350 MPa and 280 MPa, respectively, over 100 MPa greater than their conventionally cast equivalents. In a similar vein, [6,16]. The strength and ductility of various casting and forging alloys employed in the industrial manufacture of compressor wheels approach those of forged components following T6 heat treatment, as illustrated in Figure 1. Nonetheless, their study does not entirely address the impact of microstructural characteristics [10].

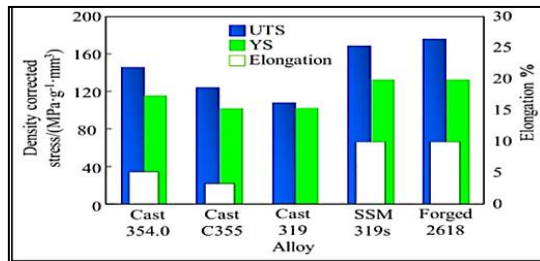


Figure 1. The alloy T6 heat treatment, SSP 319 compared to cast C355, 354.0, and 319 alloys and forged 2618 alloy [6].

Under crushing loads, a compression test determines the properties of components. The sample is compressed, and deformation is noted for different loads. Compressive stress and strain were measured and plotted as a stress-strain diagram used to evaluate elastic maximum [6,2].

Many research publications on the mechanical characteristics of aluminum-magnesium-silicon alloys are also available. Compared to ordinary casting alloys, these studies are substantially less than those on microstructural change. For improved dependability, good design, and weight savings, it's critical to increase their mechanical qualities in tensile, compression, and hardness tests, as well as a strength [1,20].

The influence of the shape of primary - Al globules on ultimate tensile strength and elongation were demonstrated in an Aluminum-magnesium-silicon alloy [10, 6], as shown in Figure 2, i.e., as the shape factor increases (the more rounded the primary globules), the tensile and elongation properties increase as well [14,13].

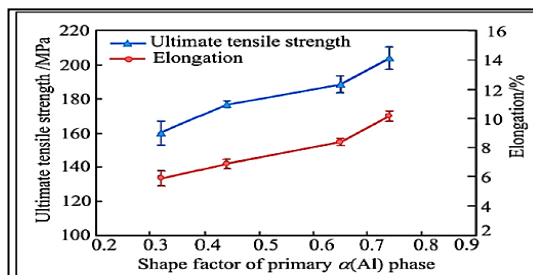


Figure 2. Effect of primary -Al phase shape factor on ultimate tensile strength and semi-solid slurry elongation in Al-Si-Mg alloy in an as-cast state [6].

2 Metals and samples Preparation

The chemical compositions of the alloy used in this study are given in Table 1. The aluminium magnesium-silicon alloy grade EN6063-T6 Extrusions is typically used for heavy-duty structures that demand high strength [7].

Table 1. Chemical composition of Aluminium EN 6063 - T6 Extrusions alloy.

wt%	Al	Si	Mg	Ca	Fe	Mn	Cr	Zn	Ti	Cu
EN6063-T6	Bal.	0.32	0.45	0.001	0.26	0.1	0.25	0.001	0.1	0.031

EN 6063 is a heat-treatable medium to high-strength aluminum alloy with excellent corrosion resistance and weldability [19]. It has good cold formability in T4 but restricted formability in T6 and is unsuitable for particularly intricate cross-sections [9]. The application of Aluminium magnesium-silicon alloys EN6063-T6 Extrusions is for heavy-duty structures such as Aerospace applications, Bridges, Military bridges, Motorboats, and Transport cases[9,8]. Add-ons of silicon to aluminum are very communal in Extrusions products; besides, magnesium-silicon is the highest alloying element in the 6XXX series of alloy [3,4].

Scaffolding components, rail coach sections, offshore constructions, containers, machine-building, and mobile cranes are the most common applications [7,8]. The alloy EN AW-6082 shows good resistance to dynamic loading conditions in the abovementioned applications. Its fine-grained structure is said to be the reason for its resistance. Aside from that, EN AW-6082 is an excellent choice for maritime applications [8, 19].

2.1 Method of procedure Semi-Solid Rheocasting (SSR)

The melting temperature of aluminium EN6063-T6 Extrusions alloy is 660°C is shown in Figure 3. The phase diagram outlines the effect of the weight percent of Mg₂Si as well as the phase transition temperatures. The alloy was melted in an electric resistance furnace set at 700 °C. The alloy was held in this furnace for minutes to allow for melting temperature.

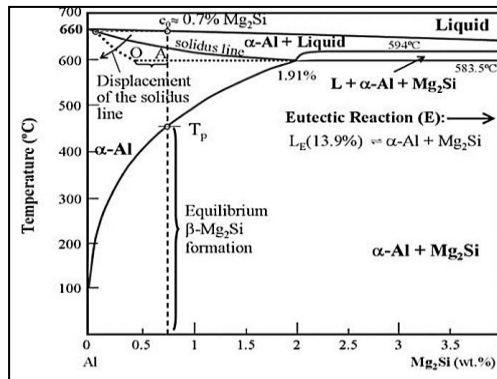


Figure 3. Pseudo-binary Al-Mg₂Si phase diagram illustrating the possibility of formation of coarse eutectic Mg₂Si under nonequilibrium conditions [4].

Then the crucible was withdrawn from the furnace, and the melted metal was in a cylinder stainless steel cup, and it was left to cold at room temperature. The above process was reiterated for

the same metal for the rheocasting process. But this time, when the crucible was then withdrawn from the furnace, the melted metal was cooled internally using thermocouple k type to control cooling temperature [12]. The melted metals were then vigorously agitated for seconds at 650°C (semi-solid temperature) using a steel rod attached to an electric hand drill. That was done to break up the dendritic structure and create globular formations. When the dendritic microstructure is replaced with a globular microstructure, the alloy should be immediately cooled to room temperature with water to inhibit dendritic development [11,13].

3 Result and Discussion

Five specimens for each alloy Extrusions and rheocasting were prepared for mechanical (tensile, compression and hardness) tests. The results of the test are listed as showing:

3.1 Tensile tests results

A universal testing machine is used to perform the tensile test, and the specimens are sliced according to the standard. Table 2 summarizes the outcomes collected. According to the conventional tensile test, the sample was tugged under the action of uniaxial pressures applied at both ends until the specimen fractured.

The results of the tensile test could be switched into stress-strain curves, and the data might be signified as one of these curves. The variables such as yield stress, ultimate tensile stress (UTS) elongation, toughness, and fracture stress could be found from the curve of stress-strain.

The stress-strain curve for the tensile graph before and after rheocasting showed the following. The yield strength and rheocasting samples were improved compared with the extrusions alloy to compare and show the effect of rheocasting on various mechanical properties. The yield strength in the rheocasting sample was increased when the yield strength in the extrusion sample was decreased. The strain was changed in the rheocasting alloy sample test illustrated in Table 2. The tensile results were plotted against their respective extrusions and semi-solid-state quenching cooling. Improve the Yield strength, Ultimate tensile stress, and Strain due to the resistance of the spherical shape microstructure of the rheocasting sample compared with the dendritic shape of the extrusions alloy.

Table 2. Results of the stress-strain curve of the two-sample alloy.

Aluminium types	Yield Strength (σ_y) MPa	Ultimate Tensile Stress (UTS) MPa	% Strain
Aluminium Extrusions	170	215	0.080
Aluminium Rheocasting	255	310	0.110

3.2 Compression test results

The compression test was carried out between two parallel plates with uniform velocity. Mechanical properties such as the yield strength (σ_y) maximum and minimum force could be received by this work. The average maximum force is appropriate to compare the sample. To eliminate the possibility of error in the compression test, a minimum of five compressions for each alloy sample was tested, and the average value was calculated. The average maximum force for the rheocasting sample when the average maximum force for the extrusion sample as shown in Figure 4. The extrusions sample was failed after applying the load, while the rheocasting sample was

resisted more before breaking. The non-dendritic microstructure of the rheocasting sample is the reason why a sample did not fail directly. The sample failure was located in the boundary of spherical grain depending on the surface roughness of the failure area.

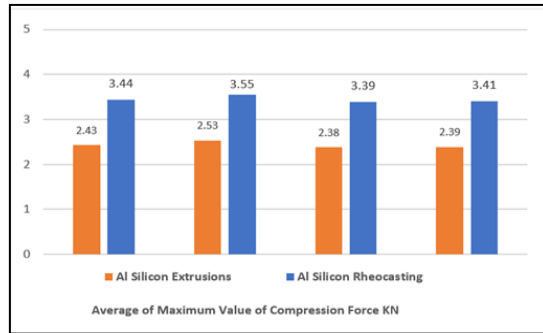


Figure 4. The Maximum Value of rheocasting alloy and Aluminium EN6063-T6Extrusions alloy Compression Force.

3.3 Hardness test results

Repeating a hardness test eliminates the possibility of error to the minimum. Five hardness readings were taken for each sample location, and the average readings were calculated. An experimental result shows that the rheocasting sample has maximum hardness because of the spherical shape microstructure of the rheocasting sample even though fracture elongation increased. Also, the complete uniform distribution of Mg_2Si particles in rheocasting alloy with these particles increases and congregate after the act of quenching and cooling to the rheocasting sample. The influence of the smaller particle size of Mg_2Si in rheocasting alloy reinforcement increases the hardness. Thus, the hard-fly ash particles help increase the hardness of the Al alloy [17]. Figure 5 shows the average hardness value of the two samples. It can be noted that the sample of the rheocasting alloy has the maximum hardness followed by the Extrusions sample.

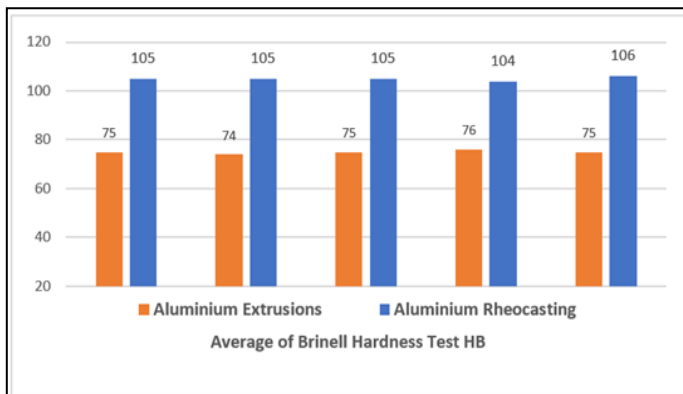


Figure 5. The average Brinell hardness of Aluminium EN6063-T6Extrusions and rheocasting alloys.

This change of hardness test back to the non-dendritic microstructure spherical grain relationship of the rheocasting sample and the method of cooling the rheocasting alloy (quenching). The microstructural mechanism of cast parts is a significant parameter that is worried about

extrusion manufacturing. The rheocasting process is found by controlling the shape and size of the primary phase and second phase morphology on the microstructure. This change in microstructure was affected in the hardness test of rheocasting alloy [18].

4 Conclusions

The microstructure and mechanical characteristics of the aluminum-magnesium-silicon alloy EN 6063-T6 were altered and enhanced using the rheocasting method. Tensile, compression, and hardness characteristics of EN 6063-T6 Extrusions alloys are investigated to prepare two types of procedures (Extrusions and Rheocasting). The following findings were made:

- The non-dendritic microstructure between the solidus and liquidus states was shown by the rheocasting test.
- In the rheocasting sample test, yield strength and elongation climbed to 255 MPa. In contrast, the extrusions sample result was 170 MPa, and fracture elongation increases as the degree of non-dendritic microstructure increases. Compared to the extrusions sample, the ultimate tensile strength and elongation of the rheocasting sample alloy achieve 310 MPa and 0.110, respectively.
- The compression test findings corroborate the tensile test results. When compared to the extrusions sample, the rheocasting sample outcome improved.
- The hardness test value increased due to the non-dendritic microstructure spherical grain connection of the rheocasting sample, the cooling process of the rheocasting alloy (quenching), and the smaller particle size of Mg_2Si in the rheocasting alloy.
- The differences in microstructure and mechanical characteristics indicated that the rheocasting alloy's mechanical qualities changed, allowing it to be used in more difficult forging, extrusion, high-pressure die casting, and casting alloys settings.

Acknowledgments

This paper originated with the support of the Faculty of Mechanical and Safety Engineering, Hungary.

5 References

- [1] Flemings MC. (1991). Behavior of metal alloys in the semi-solid state. *Metall Trans*, 2A:957– 81.
- [2] Kirkwood DH. (1994) Semi-solid metal processing. *Int Mater Rev*,39:173- 89.
- [3] William D. Callister, JR (2000) *Materials science and engineering: an introduction*. Wiley, New York.
- [4] Fenner, A.J. (1965) *Mechanical Testing of Materials*, Philosophical Library, New York.
- [5] Foster, P.F. (2007) *The mechanical testing of metals and alloys. the theory and practice of standardized mechanical testing*, Sir I. Pitman & Sons Ltd., London.
- [6] Alipour, M., Aghdam, B.G., Rahnoma & H.E., Emamy, M. (2013), *Microstructure and Properties of Semi-Solid Aluminum Alloys: A Literature Review*, Italy.
- [7] Wuy, Liux, Jiang B & Bian X. J. (2007) *Alloys Compound*,437,80–3.
- [8] Hatch, J. E. (1984). *Aluminum Properties and Physical Metallurgy*. ASM International.

424.

- [9] R.S. Qin & Z. Fan. (2000). Semi-Solid Processing of Alloys and Composites. Proceedings of the 6th International Conference on Turin, Italy.
- [10] Apelland D, Pan Q Y & Findo M. (2004) Low cost and energy-efficient methods for the manufacture of semi-solid (SSM) feedstock. *Die Extrusions Engineer*. 48(1). 22–28.
- [11] WU S, Xie L, Zhao J & Nakae H. (2008). Formation of the non-dendritic microstructure of semi-solid aluminum alloy under vibration. *Scripta Mater*. 58,556–559.
- [12] Fan Z. (2002). Semi-solid metal processing. *Inter Mater Rev*, 47, 1–37.
- [13] Kuijpers UIJERS, N.C.W., Kool, W.H., Koenid, P.T.G., Nilsen, K.E., Toody, I., VAN der Zwaag & S. (2003). Assessment of Different Techniques for Quantification of α -Al (FeMn)Si and β -AlFeSi Intermetallic in AA 6XXX Alloys. *Mater. Char act*. 49, 409–420.
- [14] ASTM. (2009). Standard test methods of compression testing of metallic materials at room temperature, ASTM E9-09.
- [15] S. Golovshchenko & A. Krause. (2002) Incremental Forming of Aluminum Alloys. *Minerals, Metals, and Materials Society.*, pp. 53-62.
- [16] J.R. Davis. *ASM Specialty Handbook*. (1993) Aluminum and aluminum alloys. ASM International.
- [17] Kayser T., Klusemann, B., Lambers, H.G., MAIER, H.J. & SVENDSEN, B. (2010). Characterization of Grain Microstructure Development in the Aluminum Alloy EN AW-6060 During Extrusion. *Mater. Sci. Eng. A*, 527, 6568–6573.
- [18] LE QC, Cui JH, OU P & LU GM. 7th Int Conf. (2002). *Semi-Solid Proc of Alloys and Composites*, Tsukuba, 293.
- [19] M. Meyers & K. Chawla. (2009). *Mechanical Behavior of Materials*, Cambridge University Press, New York, NY, USA, 2nd edition.



The impact of the first wave of the COVID-19 pandemic on the purchase of self-defense weapons in Hungary

¹Attila Albert

¹*Obuda University Doctoral School of Safety and Security Sciences, Budapest, Hungary, albert.attila@phd.uni-obuda.hu*

Abstract

The first wave of the coronavirus pandemic in 2019 has affected many parts of our lives, most notably its impact on shopping habits. The aim of this article is to examine whether the reactions to the coronavirus in the USA are also characteristic of Hungary. It aims to explore changes in arms purchasing habits and procedures as a result of COVID-19. It examines the results and consequences abroad and at home. It is important to take into account people's psychological reactions to certain emergencies, which experiences may later help to respond in a more controlled way to events in the event of a similar outbreak. First, I map the changes in general purchasing habits, and then specifically the differences in arms purchases.

Keywords: weapon purchase, self-defense weapon, panic, coronavirus, gas alarm weapon

1 Changes in general shopping habits in the world due to the epidemic

We can clearly see how quickly and unexpected situations can change our well-established habits to a great extent. An excellent example of this is the outbreak of the coronavirus situation, as online shopping has skyrocketed. People switched to online space instead of personal appearances. Scientific research has shown that this is due to people's fears. They want to preserve their health, their physical integrity, the safety of their property, and secure their future. By shopping online, they can protect their health from infections; no need to contact others or go to the crowd.

They are triggered by the panic caused by the coronavirus, as they believe that in addition to illness, it also threatens well-being and security by reducing production or disrupting trade, which can lead to shortages of goods. Citizens can lose their jobs, become unemployed, deplete their reserves and have access to basic necessities at all costs, so those who are in a better position and think that those living in more modest circumstances, as soon as they have nothing to lose, are able to use violence. To get what is needed, their main goal is to protect their personal freedom and property. Of course, every buyer hopes it won't be needed, but if it does, be prepared. This fear gives birth to a special phenomenon, which is panic shopping. This occurs not only and exclusively in emergencies, but then it is most common. It involves buying, which causes even more panic. The media reacts badly to this, magnifies the situation, influences people psychologically, and encourages panic, even though it would be the exact opposite.

The changes typical of the world prevailed in Hungary as well. The number of online purchases has greatly increased in Hungary as well. Moreover, customers have become more aware, fewer unnecessary products are added to the basket, but they often accumulate much more than necessary.

2 Coronavirus infection-induced arms purchase fever

Excessive panic among the people in the United States led them to start arming themselves. Stress and anxiety provoked a reaction from people that led them to start buying self-defense devices for their own safety. The figure below (Figure 1) shows an increase in U.S. arms sales at the time of the coronavirus outbreak:

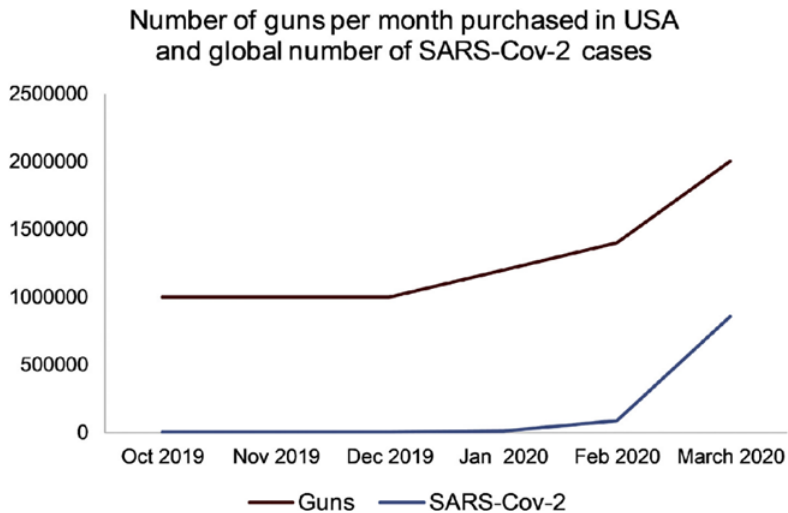


Figure 1: Increase in the number of weapons purchased in the United States as a function of coronavirus case numbers (Source: Dutheil et al., 2020)

It is clear that shoppers reacted almost immediately to the panic caused by the virus, and arms sales began to rise as soon as the number of cases began to increase. According to March gun purchase data, sales increased by 1 million units in just one month. The April-May data further confirm this trend, with sales up 64.3% more than expected. This is a good indication that Americans are much more likely to arm themselves for their health and safety than, for example, for political reasons or a post-massacre defense mechanism. Although they do it primarily to protect their health, unfortunately, the number of arms sales and the number of local violent, gun-related crimes are closely related. As the number of sales increased, the number of crimes also began to increase, and far more gun-related injuries were recorded than in previous periods. This suggests that one of the main reasons for the increase in gun crime is the panic caused by the COVID-19 epidemic. Unfortunately, arms companies also try to take advantage of people's fears and encourage them, even more, to buy their products, trying to relax arms purchase laws and regulations as much as possible, of course, only to increase their revenues. As with general shopping habits, online shopping has come to the fore in the purchase of weapons. Although there were no restrictions on the opening hours of gun shops in the United States, many people opted for online ordering as it is a much safer solution to protect their health. With the opportunity to do so there, a lot of first gun purchases were made at this time of year, even those who had no guns at all so far. This was also facilitated by the loosening of the rules, for which the manufacturers lobbied.

3 Self-defense weapon purchase options in the United States and Hungary

The United States has 50 federal member states. In 35 of these 50 federal states, gun owners are

not required to have a gun license or gun purchase license. Moreover, they do not even have to declare that they own a firearm. There are states that explicitly prohibit state agencies from registering weapons in the hands of the population, such as Idaho and Alaska. The United States has two member states with relatively strict rules on arms possession, such as the state of New York and the District of Columbia (DC). Of course, if someone lives in these states and wants to buy a gun under more liberal regulations, they simply move to a state that is more liberal in terms of gun possession and buy a gun there for themselves. However, there is a common rule for all states: before making a purchase, the buyer is verified by the FBI through a system called the National Instant Criminal Background Check System (NICS), which takes just a few minutes.

In contrast, in Hungary, the purchase of self-defense weapons is completely uniform and strict throughout the country. Obtaining a permit takes many months, and very rarely, in very justified cases, can someone get a weapon of self-defense. Unless it can be proven that a person is under life-threatening threat, it is almost impossible for someone to get permission to buy a self-defense weapon, with a few exceptions. In recent years, self-defense weapons have also been withdrawn in most cases from members of law enforcement agencies, such as the police. These permits are for a fixed period of five years, which can be revoked if the danger is not justified. Very few countries in Europe have developed an arms culture similar to the American states, perhaps the Czech Republic being the only one where this can be observed. In the Czech Republic, most of the weapons held by citizens are weapons of self-defense. This is why the sale of gas-alarm self-defense weapons was compared in the article instead of sharp self-defense firearms, as no license is required to purchase these products in Hungary. It is a freely-available product over the age of eighteen that can be kept at home by its owner without permission. If the owner wants to take the gun to the street with him and carry it in stock, he must apply for a wearing permit issued by the police.

4 Summary

In the event of a sudden emergency, people are able to react quickly and radically. The COVID-19 pandemic changed shopping habits around the world and upset priorities. The protection of human life and the preservation of health have come to the fore; the desire for a sense of security intensified.

The number of online purchases has multiplied, and people have preferred home transactions over personal appearances. It is a question of how much these new, suddenly coming habits will persist once the epidemic threat is over. Will everything return to the old wheelbase, or will new habits and priorities remain? As the emergency is still going on, the answer to this question lies in the future. However, we know for sure that due to the panic situation, people developed a desire to acquire self-defense equipment, and based on the data obtained, we can say that the arms purchase fever in the United States also appeared in Hungary, so the coronavirus had an effect in this area. Excessive panic among the people in the United States led them to start arming themselves. Stress and anxiety provoked a reaction from people that led them to start buying self-defense devices for their own safety. Americans are much more likely to arm themselves for their health and safety than, for example, for political reasons or for a post-massacre defense mechanism. As with general shopping habits, online shopping has come to the fore in the purchase of weapons. Despite the fact that not all gun shops in the United States have closed, many have opted for online ordering, as it is a much safer way to protect their health. It turned out that despite the emergency, they were willing to visit an arms store in person three times as much to buy a self-defense weapon during the first wave of the coronavirus as in the same period last year when there was no threat of a virus.

Based on what has happened so far, we can say that changes in people's behavior and thus their shopping habits can be related to the viral situation. Just an event that is unpredictable and shows a larger deviation from your usual daily routine is enough.

Acknowledgment

SUPPORTED BY THE ÚNKP-21-3 NEW NATIONAL EXCELLENCE PROGRAM OF THE MINISTRY FOR INNOVATION AND TECHNOLOGY FROM THE SOURCE OF THE NATIONAL RESEARCH, DEVELOPMENT AND INNOVATION FUND.

5 References

- [1] Akhtar, Naeem et al.: COVID-19 restrictions and consumers' psychological reactance toward offline shopping freedom restoration. *The Service Industries Journal*, vol. 40, no. 13–14, pp. 891–913, Oct. 2020, DOI: 10.1080/02642069.2020.1790535.
- [2] Arafat, Yasir S. M. et al.: Panic buying: An insight from the content analysis of media reports during COVID-19 pandemic. *Neurology Psychiatry and Brain Research*, vol. 37, pp. 100–103, Sep. 2020, DOI: 10.1016/j.npbr.2020.07.002
- [3] Campbell, Andrew M.: An increasing risk of family violence during the Covid-19 pandemic: Strengthening community collaborations to save lives. *Forensic Science International. Reports*, vol. 2, p. 100089, 2020, DOI: 10.1016/J.FSIR.2020.100089.
- [4] Duthheil, Frédéric et al.: Firearms or SARS-Cov-2: what is the most lethal?. *Public Health*, vol. 183. Elsevier B.V., pp. 44–45, Jun. 01, 2020, doi: 10.1016/j.puhe.2020.04.033.
- [5] Hashem, Tareq N.: Examining the Influence of COVID 19 Pandemic in Changing Orientation towards E-Shopping. *Modern Applied Science*, vol. 14, no. 8, p. 59, Jul. 2020, DOI: 10.5539/mas.v14n8p59.
- [6] Hoops, Katherine et al.: Stay-at-home orders and firearms in the United States during the COVID-19 pandemic. *Preventive Medicine*, vol. 141, p. 106281, Dec. 2020, DOI: 10.1016/j.ypmed.2020.106281.
- [7] Lang, Bree J. - Matthew D. Lang: Pandemics, Protests and Firearms. *American Journal of Health Economics*, Dec. 2020, DOI: 10.1086/713035.
- [8] Lyons, Vivian H. et al.: Firearm purchasing and storage during the COVID-19 pandemic," *Injury Prevention*, vol. 27, no. 1, pp. 87–92, Feb. 2021, DOI: 10.1136/injuryprev-2020-043872.
- [9] Pomeranz, Jennifer L.: Firearm industry groups are using COVID-19 to expand gun rights. *Journal of Public Health Management and Practice*, vol. 26, no. 4. Lippincott Williams and Wilkins, pp. 320–321, Jul. 01, 2020, DOI: 10.1097/PHH.0000000000001195.
- [10] Schleimer, Julia et al.: Firearm Purchasing and Firearm Violence in the First Months of the Coronavirus Pandemic in the United States. *medRxiv*. p. 2020.07.02.20145508, Jul. 11, 2020, DOI: 10.1101/2020.07.02.20145508.
- [11] Sheth, Jagdish: Impact of Covid-19 on consumer behavior: Will the old habits return or die?, *Journal of Business Research*, vol. 117, pp. 280–283, Sep. 2020, DOI: 10.1016/j.jbusres.2020.05.059.
- [12] Soós Gabriella: Az élelmiszer-fogyasztói szokások változása a COVID-19 vírus megjelenéséhez kapcsolódóan Magyarországon. *Marketing & Menedzsment*, vol. 54, no. 3, pp. 15–27, Aug. 2020, doi: 10.15170/mm.2020.54.03.02.



Redox-active ligands in Fe complexes and their use in water oxidation catalysis

¹Sahir M. Al-Zuraiji, ²József S. Pap

¹*Doctoral School on Materials Sciences and Technologies, Óbuda University, Budapest, Hungary, sahir.aziz@uni-obuda.hu*

²*Surface Chemistry and Catalysis Department, Centre for Energy Research, Budapest, Hungary, pap.jozsef@ek-cer.hu*

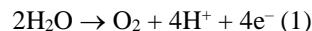
Abstract

Catalysis of the water oxidation reaction is of key importance for efficient artificial photosynthesis. Successful examples of molecular catalysts have demonstrated that redox-active ancillary ligands can assist metal centers in obtaining the reactive form. Still, also, such features have relevance to material systems, where the chemical environment of active sites tunes activity in a similar fashion. We found Fe containing molecular catalysts, in which the redox-active function of the NN’N pincer ancillary ligand is combined with high surface affinity. Here we discuss what we gain from this unique combination.

Keywords: water oxidation, electrocatalysis, Fe complex, oxygen-evolving reaction

1 Introduction

Hydrogen is a chemical energy carrier generated by splitting water using renewable electricity directly. The oxygen evolution reaction (OER) is arguably the most challenging part of the overall water splitting. Catalysts for the OER have to deal with the removal of four electrons and four protons from two molecules of water, according to Eq. (1). That is a kinetically complex and thermodynamically uphill reaction.



Encouraging results were published on Ru and Ir containing molecular water oxidation catalysts (WOCs) that combine efficiency with robustness. However, instead of noble metals, first-row transition metals might mean the proper solution if the aim is to utilize water splitting on a broader scale.

1.1 Molecular mechanism of Fe-based water oxidation

In general, transition metal complexes have unique redox reactivity due to their variable d electron configuration, making their utilization in catalysts for the OER appealing, most of all that of iron, which is the 4th most abundant element in the Earth’s crust. The molecular basis of catalytic activity is the reversible 1e^- oxidation of the Fe-aqua adducts, $(\text{L})\text{Fe}^{2+}\text{-OH}_2$ (L stands for the ancillary ligand that binds Fe and tunes its redox reactivity, typically a multidentate N-donor organic molecule). Upon the oxidation of the metal center, the aqua ligand becomes more acidic and loses a proton. The oxidized form, $(\text{L})\text{Fe}^{3+}\text{-OH}$, can undergo a second (and occasionally a third) oxidation; thus $(\text{L})\text{Fe}^{4+/5+}=\text{O}$ can be obtained [1]. This mechanism facilitates the process by lowering the energy demand of the concomitant oxidation steps called redox leveling. As a result, $(\text{L})\text{Fe}^{2+}\text{-OH}_2$

complexes can reach high oxidation states that exhibit WOC activity within a narrow potential range. A major part is due to the σ - and π -donor character of the oxo ligand enabling rapid kinetics for the whole OER process [2–4]. Note that in natural photosynthesis, similar molecular processes favor the rapid kinetics of the natural OER and suppress reactions in the reverse directions [5,6].

In addition to the removal of electrons and protons, the oxidation of water to O_2 also demands the formation of an O–O single bond that is a chemical step in nature when (L)Fe^{4+/5+}=O is formed. Note that once this peroxidic O–O intermediate has been formed. The further actions are thermodynamically favored under the reaction conditions, and O_2 forms rapidly. Molecular catalysts for the OER follow two main types of mechanism, depending on whether an external H_2O molecule participates in the formation of the O–O bond, or two M–O units react. The former mechanism corresponds to water nucleophilic attack (WNA), while the interaction of two M–O units is called I2M (Figure 1).

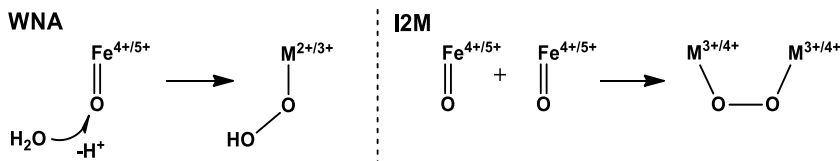


Figure 1. Two types of the O–O bond formations are water nucleophilic attack (WNA) and the interaction of two M–O units (I2M).

1.2 Immobilization of molecular catalysts on electrodes

While the high reactivity, abundance, and low cost of iron are appealing, the often-insufficient stability of (L)Fe moieties is a severe drawback. There is clearly a space for further developments. Beyond this, the immobilization of WOCs on support (photo)electrodes to create advanced hybrid systems that combine efficient solar energy harvesting with high catalytic effectiveness also stands as a challenge. Grafting molecular catalysts to the surface of electrodes through covalent interactions typically requires synthetic modification steps that introduce linker groups on both sides. However, one needs to consider that structural changes are not always viable and may adversely affect the overall performance.

On the other hand, non-covalent immobilization through self-assembly and surface precipitation of the precursors, physical confinement, or electrostatic interactions represent alternatives worth considering. Ad-layers of the molecular WOCs may exploit hydrophobic interactions between the surface and the water-insoluble molecules. While this strategy is successful for several compounds, experimental results suggest that the composition of the ancillary ligand plays a crucial role in determining the stability, activity, and light-response properties of the assemblies.

1.3 Redox-active ligands in water oxidation catalysis [7]

Growing attention is paid to the role of redox-active ligands in water splitting and their possible effects on the catalytic process in general [8]. Their role in supplying electrons or binding protons at different stages of the corresponding WNA or I2M mechanism has been realized [3]. Following the definition based on the literature, redox-active ligands can change their redox state and change the reactivity of the whole complex in a favorable direction. In the case of OER, redox-active ligands can accelerate the O–O bond formation, or reduce its activation energy by means of accommodating one or more electron vacancies in place of the metal center. However, if ligands intervene the mechanism, it is not always in favor of the OER catalytic efficiency. Unexpected effects may occur and account for the degradation of the catalyst. Realizing such redox activity also contributes to a better understanding. We highlight in the following the dual role of the redox-activity and high

affinity for surfaces of NN'N pincer, (semi)macrocyclic ligands during OER catalysis [9,10].

2 A redox-active ligand platform to aid a new generation of WOC catalysts?

2.1 Fe-macrocycles and their analogies to NN'N pincer ligands

Porphyrins, corroles, and phthalocyanines (Figure 2) are known for their robustness and redox-activity due to their cyclic π -delocalization. The negative charges at the N donor groups can stabilize the coordinated Fe (or other metal) center in higher oxidation states. Therefore, such complexes were found suitable for many catalytic applications. These ligands represent a potentially redox-active ligand platform with rich possibilities in molecular modifications [11]. In context with the present discussion of the pincer ligand platform, we emphasize that Fe-macrocycle catalysts for the OER are generally proposed to undergo first one-electron oxidation concerning the ligand followed by the oxidation of the Fe center.

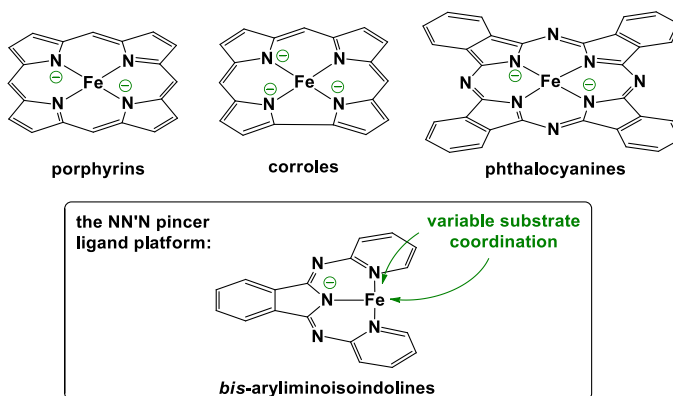


Figure 2. Macrocyclic ligands and a semi-macrocyclic pincer platform.

Metalloporphyrins can act as efficient OER catalysts [11]. In metalloporphyrins, the stabilization of high-valent metal ions is viable through a combination of short metal-nitrogen bonds and large metal out-of-plane displacements [12]. These properties are also tunable by modifications in the NN'N pincer structure. The redox-active character of corroles and porphyrins is pronounced, and corrole^{•2-} radicals are known among metalloporphyrins [13]. There is gathering evidence that the redox-active behavior of this ligand family is determinant in the catalytic activity [14–19].

Phthalocyanines (PCs) exhibit advantages in OER catalysis similar to those of porphyrins and corroles. For example, photocatalytic OER in the presence of a water-soluble Cu-PC complex was proposed to follow an I2M mechanism in borate buffer at pH 9.5 [20]. According to computations, a PC radical occurred upon $1e^-$ oxidation of the complex instead of a metal-based electron loss. Thus the Cu^{3+} oxidation state did not occur. Significantly, competitive ligand exchange between chloride ions and water molecules for the fifth coordination site inhibited the reaction, calling attention to the potential adverse effect of anions. Note that we observed similar features in the case of an (L)Cu-OH₂ catalyst, where L was an NN'N donor bis-aryliminoisoindoline pincer ligand [21].

These ligands are available for surface immobilization through covalent linkers or axial coordination of the metal center by linkers or by exploiting their high absorptivity [15], which makes their utilization in (photo)electrodes directly available [11].

2.2 Results on Fe-based WOCs with NN'N donor *bis*-aryliminoisoindoline pincer ligands

The NN'N donor *bis*-aryliminoisoindoline pincer ligands (BAIs) can act both as neutral or anionic ligands due to exocyclic imine functions that bind a proton (Figure 3). These rigid ligands occupy three sites in one plane around metal centers. Often both are supported stability and reactivity because variable coordination sites are available for substrate binding and activation (Figure 2) [22,23].

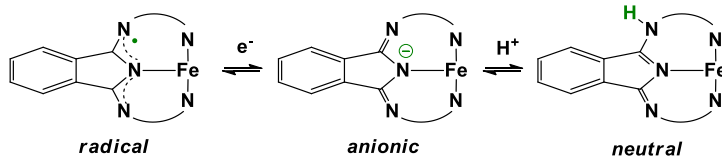


Figure 3. Fe-binding by BAI ligands in the radical, anionic, and neutral (protonated) forms (the overall ionic charges were omitted for simplicity).

Recently, we reported Fe- and Cu-BAI complexes to act as WOCs [9,10,21]. In particular, the $[\text{Fe}^{\text{III}}\text{Cl}_2(\text{tia-BAI})]$ complex ($\text{tia-BAI}^- = 1,3\text{-bis}(2'\text{-thiazolylimino})\text{isoindolate}^-$) [24] was pre-catalyst to efficient water oxidation when immobilized on ITO electrodes by simple drop-casting. In borate buffer at pH 8.3 O_2 product analysis indicated $>80\%$ Faraday efficiency and a turnover number of *ca.* 200 [9]. Surface analysis before and after electrolysis and re-dissolution tests suggested that an immobilized molecular catalyst was responsible for catalysis, while deactivation occurred by depletion of the metal.

The catalytically active form following a WNA mechanism could be obtained by the exchange of chloride ligands to water molecules. In contrast, the pincer ligand provided high absorptivity of the $\text{Fe}(\text{tia-BAI})$ assembly to the oxide electrode surface. Electrochemical and spectroscopic investigations in homogeneous water-acetone mixtures indicated a WNA mechanism. Notably, ligand-based $1e^-$ oxidation (redox-activity) and intramolecular H-atom transfer (internal base ligand function) occurred since all the forms in Figure 3 are capable of metal binding. The latter conclusion came from electrochemical detection of an intermediate in re-dissolved samples from drop-casted ITO previously exposed to long-term electrolysis.

Notably, the ligand exchange in water-organic mixtures has led to the development of an electrodeposition method to form catalyst ad-layers for efficient WOC [10]. This method allowed to reduce the surface concentration of the catalyst by at least an order of magnitude compared to drop-casting. Changing the thiazolyl arms in *tia*-BAI to benzothiazolyl ones increased the durability of the catalytic films, highlighting that the ancillary ligands play a crucial role in the stabilization of surface-adsorbates.

3 Conclusion

Our work involved Fe^{3+} dichloride complexes utilizing a heterocyclic pincer ligand platform, which served as a precursor to the true electrocatalyst, as aqua-complex. The BAIH ligand is a rigid, meridional structure; therefore, the question emerged, how this configuration would influence catalysis. Labile sites were shown to favor H_2O binding and WOC. The redox activity of the pincer ligand seemed to play an essential role in generating the proposed active form in WNA, $[\text{Fe}^{\text{IV}}(\text{O})(\text{H}_2\text{O})(\text{BAI})]^{2+}$. The BAIH form played a role in proton channels *in* the further reaction steps (peroxide formation). The complex could be grafted to ITO or FTO as model anodes. The water-insolubility of the complex originated from the coordinated BAI^- ligand that supported surface attachment and left open sites necessary for WOC. This complex design seems suitable for new

molecular catalyst/(photo)anode hybrids. The route of catalyst deactivation appeared to be the demetallation of the complex, but the water-insoluble ancillary ligand remained at the electrode, indicating its strong attachment to the surface. Finally, a simple electrodeposition method has been developed that allows immobilizing $[\text{Fe}^{\text{III}}\text{Cl}_2(\text{BAI})]$ precursors. Electrodeposition has clear advantages over drop-casting or dip-coating of the complexes in terms of overpotential and better charge transfer properties. This method also reduced the number of complex requirements for long-term operation stability. In one example, outstanding robustness could be demonstrated: a very stable complex-electrode combination was able to produce O_2 by turnover number of $>5,000$ in borate buffer at pH 8.2. It is illustrated that electrodeposition may be a practical immobilization method, even in the case of precursors soluble only in solvents immiscible with water.

Acknowledgments

This research was financed by the NKFI-128841 grant and the VEKOP-2.3.2-16-2016-00011 grant supported by the European Structural and Investment Funds.

4 References

- [1] D.R. Weinberg, C.J. Gagliardi, J.F. Hull, C.F. Murphy, C.A. Kent, B.C. Westlake, A. Paul, D.H. Ess, D.G. McCafferty, T.J. Meyer, Proton-Coupled Electron Transfer, *Chem. Rev.* 112 (2012) 4016–4093. <https://doi.org/10.1021/cr200177j>.
- [2] F. Acuña-Parés, Z. Codolà, M. Costas, J.M. Luis, J. Lloret-Fillol, Unraveling the Mechanism of Water Oxidation Catalyzed by Nonheme Iron Complexes, *Chem. Eur. J.* 20 (2014) 5696–5707. <https://doi.org/10.1002/chem.201304367>.
- [3] M. Sutradhar, A.J.L. Pombeiro, J.A.L. da Silva, Water oxidation with transition metal catalysts with non-innocent ligands and its mechanisms, *Coordination Chemistry Reviews.* 439 (2021) 213911. <https://doi.org/10.1016/j.ccr.2021.213911>.
- [4] R. Matheu, P. Garrido-Barros, M. Gil-Sepulcre, M.Z. Ertem, X. Sala, C. Gimbert-Suriñach, A. Llobet, The development of molecular water oxidation catalysts, *Nat Rev Chem.* 3 (2019) 331–341. <https://doi.org/10.1038/s41570-019-0096-0>.
- [5] B.A. Diner, P.J. Nixon, J.W. Farchaus, Site-directed mutagenesis of photosynthetic reaction centers, *Current Opinion in Structural Biology.* 1 (1991) 546–554. [https://doi.org/10.1016/S0959-440X\(05\)80076-4](https://doi.org/10.1016/S0959-440X(05)80076-4).
- [6] C.W. Hoganson, N. Lydakis-Simantiris, X.-S. Tang, C. Tommos, K. Warncke, G.T. Babcock, B.A. Diner, J. McCracken, S. Styring, A hydrogen-atom abstraction model for the function of YZ in photosynthetic oxygen evolution, *Photosynth Res.* 46 (1995) 177–184. <https://doi.org/10.1007/BF00020428>.
- [7] T. Benkó, D. Lukács, M. Li, J.S. Pap, Perspectives of Redox-Active Ligands in Artificial Photosynthesis, *Environmental Chemistry Letters*, Submitted. (2021).
- [8] B. Singh, A. Indra, Role of redox active and redox non-innocent ligands in water splitting, *Inorganica Chimica Acta.* 506 (2020) 119440. <https://doi.org/10.1016/j.ica.2020.119440>.
- [9] S.M. Al-Zuraiji, D. Lukács, M. Németh, K. Frey, T. Benkó, L. Illés, J.S. Pap, An Iron(III) Complex with Pincer Ligand—Catalytic Water Oxidation through Controllable Ligand Exchange, *Reactions.* 1 (2020) 16–36. <https://doi.org/10.3390/reactions1010003>.
- [10] S.M. Al-Zuraiji, T. Benkó, K. Frey, Z. Kerner, J.S. Pap, Electrodeposition of Fe-Complexes

- on Oxide Surfaces for Efficient OER Catalysis, *Catalysts*. 11 (2021) 577. <https://doi.org/10.3390/catal11050577>.
- [11] W. Zhang, W. Lai, R. Cao, Energy-Related Small Molecule Activation Reactions: Oxygen Reduction and Hydrogen and Oxygen Evolution Reactions Catalyzed by Porphyrin- and Corrole-Based Systems, *Chem. Rev.* 117 (2017) 3717–3797. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.6b00299>.
- [12] Z. Gross, High-valent corrole metal complexes, *J. Biol. Inorg. Chem.* 6 (2001) 733–738. <https://doi.org/10.1007/s007750100273>.
- [13] A. Ghosh, Electronic Structure of Corrole Derivatives: Insights from Molecular Structures, Spectroscopy, Electrochemistry, and Quantum Chemical Calculations, *Chem. Rev.* 117 (2017) 3798–3881. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.6b00590>.
- [14] C.M. Lemon, M. Huynh, A.G. Maher, B.L. Anderson, E.D. Bloch, D.C. Powers, D.G. Nocera, Electronic Structure of Copper Corroles, *Angew. Chem. Int. Ed.* 55 (2016) 2176–2180. <https://doi.org/10.1002/anie.201509099>.
- [15] W. Schöfberger, F. Faschinger, S. Chattopadhyay, S. Bhakta, B. Mondal, J.A.A.W. Elemans, S. Müllegger, S. Tebi, R. Koch, F. Klappenberger, M. Paszkiewicz, J.V. Barth, E. Rauls, H. Aldahhak, W.G. Schmidt, A. Dey, A Bifunctional Electrocatalyst for Oxygen Evolution and Oxygen Reduction Reactions in Water, *Angew. Chem. Int. Ed.* 55 (2016) 2350–2355. <https://doi.org/10.1002/anie.201508404>.
- [16] W. Sinha, A. Mizrahi, A. Mahammed, B. Tumanskii, Z. Gross, Reactive Intermediates Involved in Cobalt Corrole Catalyzed Water Oxidation (and Oxygen Reduction), *Inorg. Chem.* 57 (2018) 478–485. <https://doi.org/10.1021/acs.inorgchem.7b02696>.
- [17] W. Sinha, A. Mahammed, N. Fridman, Z. Gross, Water Oxidation Catalysis by Mono- and Binuclear Iron Corroles, *ACS Catal.* 10 (2020) 3764–3772. <https://doi.org/10.1021/acscatal.9b05382>.
- [18] A. Garai, S. Sobottka, R. Schepper, W. Sinha, M. Bauer, B. Sarkar, S. Kar, Chromium Complexes with Oxido and Corrolato Ligands: Metal-Based Redox Processes versus Ligand Non-Innocence, *Chem. Eur. J.* 24 (2018) 12613–12622. <https://doi.org/10.1002/chem.201801452>.
- [19] [19] B. Mondal, S. Chattopadhyay, S. Dey, A. Mahammed, K. Mitra, A. Rana, Z. Gross, A. Dey, Elucidation of Factors That Govern the $2e^-/2H^+$ vs $4e^-/4H^+$ Selectivity of Water Oxidation by a Cobalt Corrole, *J. Am. Chem. Soc.* 142 (2020) 21040–21049. <https://doi.org/10.1021/jacs.0c08654>.
- [20] R. Terao, T. Nakazono, A.R. Parent, K. Sakai, Photochemical Water Oxidation Catalyzed by a Water-Soluble Copper Phthalocyanine Complex, *ChemPlusChem.* 81 (2016) 1064–1067. <https://doi.org/10.1002/cplu.201600263>.
- [21] T. Benkó, D. Lukács, K. Frey, M. Németh, M.M. Móricz, D. Liu, É. Kováts, N.V. May, L. Vayssieres, M. Li, J.S. Pap, Redox-inactive metal single-site molecular complexes: a new generation of electrocatalysts for oxygen evolution?, *Catal. Sci. Technol.* 11 (2021) 6411–6424. <https://doi.org/10.1039/D1CY01087E>.
- [22] R. Csonka, G. Speier, J. Kaizer, Isoindoline-derived ligands and applications, *RSC Adv.* 5 (2015) 18401–18419. <https://doi.org/10.1039/C4RA15379K>.
- [23] S. Saha, S.T. Sahil, Md.M.R. Mazumder, A.M. Stephens, B. Cronin, E.C. Duin, J.W. Jurss,

- B.H. Farnum, Synthesis, characterization, and electrocatalytic activity of bis(pyridylimino)isoindoline Cu(II) and Ni(II) complexes, Dalton Trans. 50 (2021) 926–935. <https://doi.org/10.1039/D0DT03030A>.
- [24] T. Váradi, J.S. Pap, M. Giorgi, L. Párkányi, T. Csay, G. Speier, J. Kaizer, Iron(III) Complexes with Meridional Ligands as Functional Models of Intradiol-Cleaving Catechol Dioxygenases, Inorg. Chem. 52 (2013) 1559–1569. <https://doi.org/10.1021/ic302378r>.



Non-Powered Hand Tool Size Selection Method

¹Ricardo P. Arciniega-Rocha, ²Vanessa C. Erazo-Chamorro

¹Obuda University. Budapest, Hungary, arciniega.ricardo@phd.uni-obuda.hu

² Obuda University. Budapest, Hungary, erazo.vanessa@phd.uni-obuda.hu

Abstract

The increasing number of work companies continuously spending money and resources to improve the production time minding the human resource push the ergonomics experts team to select the appropriate tool for each work station. This work is focused on developing a method for tool selection and tool design, keeping the care in the ergonomics and the anthropometrics for each worker group to improve the companies production. At the same time, the experts go through the principal factors for tool selection. As a result, a structured guide for managers is defined to ensure the correct and appropriate tool selection.

Keywords: Tools selection, Hand tools, Dimensioning, Occupational safety

1 Introduction

Nowadays, in the growing industrialized world, the increasing number of work companies are continuously spending money and resources to improve the production time minding the human resource[1]. Watching the musculoskeletal disorders number in industrialized countries focuses on the observation process in companies that use hand tools to accomplish the exact activity in each work station[2].

Different standardized industrial documents identify the variables to be controlled and how these variables could affect worker behaviour. The way to acquire data [3] is important as well know that is not called in the documents several variables parameters that could significantly affect the final tool selection.

The risk assessment tools in the industry are focused on the causes of different occupational diseases related to different body parts, and it was carried out from paper-pencil worksheets to virtual reality simulations to reproduce the causes of worker illness. In that sense, the companies challenge improving the management system every time[4].

The hand tools' ergonomic risk factors often depend on flexion and extension of the wrist, excessive muscular force, and many manual movements repetition. The extremity cumulative trauma disorders are recognized as key ergonomic risk factors by the ergonomics managers in each factory. In that sense, the guide for non-powered tool selection for specific work kinds shall be presented to improve production time and avoid worker injuries and future health disorders.

According to the U.S. Bureau of Labour Statistics, the number of nonfatal occupational injuries and illnesses was 59,830 during 2015, where the source of injury responsible for more than 100.000 was identified like hand tools or machinery. These data are shown in Table 1.

Table 1 Occupational injuries, illnesses incidence rate, and median days away from work for nonfatal incidents, US 2015 [5]

Source of injury or illness	Number	Incidence rate	Median days away from work
Machinery	59,830	54	7
Hand tools	52,030	47	5

The rest of the document is structured as follows. Section 2 Related works. Section 3 Tool selection method. Section 4 Results. Finally, Section 5 Conclusions.

2 Related works

Typically, industrial workers use the hand tool according to the availability in the workplace. According to this statement, the managers and ergonomics experts make the study before starting the operation in the industry and select the adequate tool size. In this sense, the tool selection is done in three different stages: i) study workplace dimension, ii) anthropometric size of workers, iii) tool and worker selection. Kai WayLi [6] presents an Ergonomic design and evaluation of wire-tying hand tools (2002). This document introduces some examples for reducing the unnatural postures and muscular effort in designing a wire-tying hand tool. The results showed that the designs of pliers for the wire-tying task as far as muscular effort abnormal postures reduce the time and the workers' effort.

In 2013 Gregor Harih and Bojan Dolšak [7] presented a Tool-handle design based on a digital human hand model, developing an anatomically accurate static digital human-hand model, which provided a higher overall comfort rating than to cylindrical handles. Then Mohammad Sadegh Sohrabi [8] presents The effect of non-powered hand tools' diameter on comfort and maximum hand torque (2015) to show the effect of hand tools' diameter and comfort for estimating the optimal size of hand tools.

In 2015 an Integration of Ergonomics Into Hand Tool Design: Principle and Presentation of an Example by Michel Aptel, Laurent Claudon and Jacques Marsot [9] where is shown the features of hand tools relevant to the physical interaction between the implement and the human operator to reduce the worker illness due to longer use time of tools. Besides, Szabo Gyula [5] presents Usability of machinery (2017), where identified as a factor of work accidents Wrong operator behaviour during the work time In the industrial work place.

Given the works cited above, it can be stated that design optimization and the correct tool selection is a fundamental fact in the current industry trend. However, most cases try to make a selection without taking care of the anthropometrics of workers and comfort during the repetitive work activities. In this respect, most of the investigations reviewed have don't give a method for tool size selection. That is, in fact, the rationale behind the proposed methodical hand tool selection. Consequently, the proposed method is of great importance in demonstrating the advantages of making a correct tool selection.

3 Tool selection method

The Derived / Compiled Data collection method is used to evaluate the obtained information through a meta-analysis to define the selection criteria. The criteria for selecting information focus on collecting the main ergonomic characteristics of tools; for applying in general selection of devices

in the industry to avoid possible future disorders based on the statements of international occupational health institutions.

The hand tools like hammers, chisels, pliers, screwdrivers, etc., always be a potential part of the injuries risk for workers during normal work activities. Different factors can cause work injuries, and additionally, the worker's illness could be considered in a different kind. The different injury kinds are shown in table 2.

Table 2 Worker injury and possibles causes

Injury or illness	Possible Cause
Cuts, abrasions, amputations, and punctures	When hand tools are designed to cut or move metal and wood, the body parts easily can be cut
Stress human muscles and ligaments, continuous numbness or poor circulation in hands and arms.	Repetitive motion, using the same tool, in the same way, all day long
Eye injuries	Flying chips of wood or metal are a common hazard, often causing needless and permanent blindness
Broken bones and bruises	Stroke or slip with tools

According to the Occupational Health and Safety Management Systems (OHSAs), the standard OHSAS 18001 [10] proposes the standard rules for health and security. To reduce work injuries, European Union directive 89/391/EEC [11] suggest introducing measures to encourage improvements in the safety and health of workers at work. The tool selection should be carried out in different steps like a) Know your job, b) Observation at your workspace, c) Improve your work posture, d) Correct tool selection. In this context, different steps are defined to make a correct tool selection, focused on the work activity, tool characteristics and Ergonomic Worker Positions.

3.1 Work activity

To start the selection process, it is necessary to analyze the work activity and the tools designed for specific tasks. If the tool is used for other non-specific activity deteriorates the tool and may cause damage, discomfort, or injury, as shown in figure 1.



Figure 1 Work Activity characteristics

3.2 Tool characteristics

The awkward postures, in addition to the harmful contact pressures, make a possible injury source in the future. To avoid it, the selected hand tools shall benefit the hand, considering the main tool characteristics represented in table 3 and the evaluation criteria for each gadget.

Table 3 Tool Characteristics [12]

Selection Criteria	Tool shape	Tool dimension and weight	Tool material and handle surface
Characteristics	Adaptive shape	Lower weight tool	High friction material for contact handle surface
	Rounded edge	Tool dimension according to the activity	Homogeneous force distribution for handle surface.

3.3 Ergonomic Worker Positions-Way of handling the tool

Identifying the work way during the activity is the next task during the selection. Figure 2 shows the tools applications. In connection with it, the handle way is analyzed in relation to the anthropometrics of hands of the workers to identify the tool size.



Figure 2 Way of handling the tool [12]

The industrial population of workers belongs to each country's economically active population group, where many studies were performed collecting the anthropometric of industrial workers. The related hand data is presented in Table 4.

Table 4 Hand anthropometry[13]

DIMENTION	MIN	MAX
HAND LENGTH	15,90	20,50
PALM LENGTH	8,90	11,60
THUMB LENGTH	4,00	5,80
MIDDLE FINGER LENGTH	6,90	9,00
RING FINGER LENGTH	5,90	8,00
LITTLE FINGER LENGTH	4,30	6,30
INDEX FINGER LENGTH	6,00	7,90
MAXIMUM GRIP DIAMETER	4,30	5,90

4 Results

In order to ensure the correct tool selection focusing on the way of handling, three hand measure sizes are the main: index finger length, middle finger length, maximum grip diameter. After worker's hand anthropometrics data presented in table 3 is processed trying to assure the use of the hand tools for the majority of the work population the ergonomics managers shall choose the tools whose size of the parts is between the shaded zone shown in figure 3 to assure the 90 per cent of the workers' hands could be used during the activity.

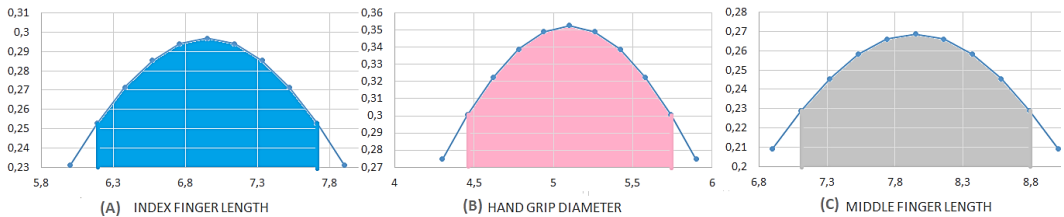


Figure 3 Hand parts size group to relation with the hand tool

In the case of contact pressure subjection and pinch grip subjection, the index finger length is the most important size, due to the tool activities are made using this finger like the small contact between the gadget and the body, these anthropometric data are presented in Figure 3A.

For the single handle tools subjection and power grip subjection, the maximum handgrip diameter is the most important size, due to the tool activities are made using thumb, middle, and index fingers like the small contact between the gadget and the body, these anthropometric data are presented in Figure 3B. Finally, for double hand tools subjection, the most important size is the middle finger. The tool activities are made using this finger, like the small contact between the gadget and the body. These anthropometric data are presented in Figure 3C.

5 Conclusion

The main goal is to improve production and save resources to get higher incomes in the industry. To ensure this goal is the protection of the worker from illness, the ergonomics managers will be cautious for tool selection size, to accomplish it for activities related to contact pressure subjection and pinch grip subjection, the selected tool shall be chosen between 6.19 centimetres to a maximum dimension of 7.71 centimetres.

For the activities related to single handle tools subjection and power grip subjection, the selected tool shall be chosen between 4.46 centimetres to a maximum dimension of 5.74 centimetres. Finally, for activities related to double hand tools subjection, the selected tool shall be chosen lower to 7.11 centimetres.

Acknowledgements

This work was developed under co participating Higher Technological Institute 17 July.

6 References

- [1] R. P. Arciniega-Rocha *et al.*, “Gasket Tester for Low-Pressure Pipelines: Design and Tests,” Nov. 2019, doi: 10.1109/ETCM48019.2019.9014904.
- [2] G. Szabo, “ErgoCapture—A Motion Capture Based Ergonomics Risk Assessment Tool,” in *Advances in Physical Ergonomics and Human Factors: Part II - Google Books*, pp. 313–321.
- [3] B. Darío *et al.*, “Design of Pin on disk tribometer under international standards,” Accessed: Oct. 12, 2021. [Online]. Available: https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/4180/1/Byron_Dario_Analuiza_Hidalgo.pdf.
- [4] G. Szabó and E. Németh, “Development an Office Ergonomic Risk Checklist: Composite Office Ergonomic Risk Assessment (CERA Office),” *Adv. Intell. Syst. Comput.*, vol. 819, pp. 590–597, Aug. 2018, doi: 10.1007/978-3-319-96089-0_64.
- [5] G. Szabó, “Usability of Machinery,” *Adv. Intell. Syst. Comput.*, vol. 604, pp. 161–168, 2017, doi: 10.1007/978-3-319-60525-8_17.
- [6] K. W. Li, “Ergonomic design and evaluation of wire-tying hand tools,” *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 30, no. 3, pp. 149–161, Sep. 2002, doi: 10.1016/S0169-8141(02)00097-5.
- [7] G. Harih and B. Dolšak, “Tool-handle design based on a digital human hand model,” *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 43, no. 4, pp. 288–295, Jul. 2013, doi: 10.1016/J.ERGON.2013.05.002.
- [8] M. S. Sohrabi, “The effect of non-powered hand tools’ diameter on comfort and maximum hand torque,” *Iran. J. Ergon.*, vol. 3, no. 2, pp. 68–75, 2015, Accessed: Oct. 18, 2021. [Online]. Available: <http://journal.iehfs.ir/article-1-177-en.html>.
- [9] M. Aptel, L. Claudon, and J. Marsot, “Integration of Ergonomics Into Hand Tool Design: Principle and Presentation of an Example,” <http://dx.doi.org/10.1080/10803548.2002.11076518>, vol. 8, no. 1, pp. 107–115, 2015, doi: 10.1080/10803548.2002.11076518.
- [10] P. Кади́ров, А. Мороз, and С. Фро́лов, “Training of personnel of the enterprise in the conditions of the functioning of the management system for OHSAS 18001:2007,” *Stand. Qual.*, no. 9, pp. 70–74, 2008.
- [11] “EUR-Lex - L:1989:183:TOC - EN - EUR-Lex,” *Off. J. Eur. Communities*, vol. 32, Accessed: Oct. 25, 2021. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:L:1989:183:TOC>.
- [12] NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health), “A Guide to Selecting Non-Powered Hand Tools,” *Calif. Dep. Ind. Relations Natl. Inst. Occup. Saf. Heal. DHHS Publ.*, vol. 164, p. 2004, 2004, Accessed: Oct. 25, 2021. [Online]. Available: <http://www.dir.ca.gov/dosh/pubborder.asp>.
- [13] S. Pheasant, “Anthropometric data – Limited use only,” 2005. <http://limited-use-only.com/strategies/anthropometric-data/> (accessed Oct. 26, 2021).



Finite element analysis of early age concrete crack risk probability in different types of box-shaped samples

¹ Erzsébet Domonyi, ² István Barányi

¹ Óbuda University Donát Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering. Budapest, Hungary, domonyi.erszebet@bgk.uni-obuda.hu

² Óbuda University Donát Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering. Budapest, Hungary, baranyi.istvan@bgk.uni-obuda.hu

Abstract

The concrete structures generate heat in the solidifying process. The influence of the heat can depend mainly on the composition of the cement, the quantity of the additives, and the heat properties of the insulation. The material properties, the heat generation, the thermal processes, and the shape of the concrete block characterize the temperature field of the mass concrete structure.

In this study, the influence of the block dimension on the crack propagation is investigated and compared with finite element analysis.

Keywords: Mass concrete, block shape, finite element modeling

1 Introduction

The concrete structures heat generation is mainly depending on the volume of the mass concrete structure, the rate of the gravel, and the additives.

The cracking propagation can be characterized by different methods:

- the maximum temperature difference must not be higher than 20 °C [1],
- the maximum temperature difference (and the cracking risk) depends on the thermal expansion coefficient and the early age tensile strength [2],
- the precooling and post-cooling technology,
- the maximum temperature is 70 °C, and the temperature difference shall not exceed 19 °C [3].

The ACI 207.1R [4] defines the mass concrete crack propagation in general with the help of the combination of dimensions, the boundary conditions, the characteristics of the concrete mixture, the ambient conditions, and the chemical reaction heat.

Ballin in [5] characterizes the mass concrete structure with model and temperature measurement, and the article 700 mm x 700 mm x 1000 mm box shape used for modeling.

Yonghui Huang et al. in [6] use a 1:5 scaled segmental model to determine the temperature field. After the test, the FE model was characterized by the measured temperatures and pipe cooling used.

Jacob Michael et al. in [7] demonstrates the crack control, full-scale testing, and finite element analysis in the case of a concrete wall. An FEA evaluated the thermal and structural effects on the wall when using a controlled and novel concrete mixture. Ultimately, the novel mixture reduced the cracking potential of the wall.

As the last decade's literature shows, the researchers often use Finite element analysis to characterize the early age concrete temperature field. This calculation requires less time for the crack propagation than the scaled model test.

2 Material and Method

As it is known, the composition of the cement belongs to the major contributors to heat hydration.

The examined CEM III is characterized in a viewpoint of heat generation with semi-adiabatic calorimetry described in detail [8]. The used blast furnace cement heat generation can be shown in Figure 1.

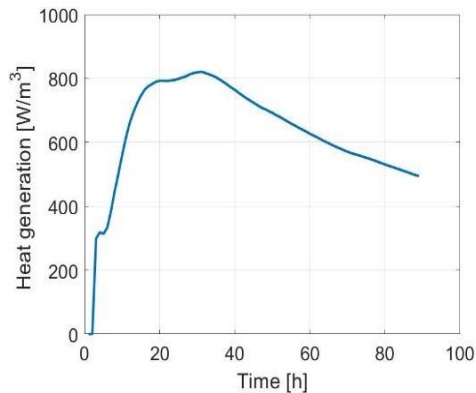
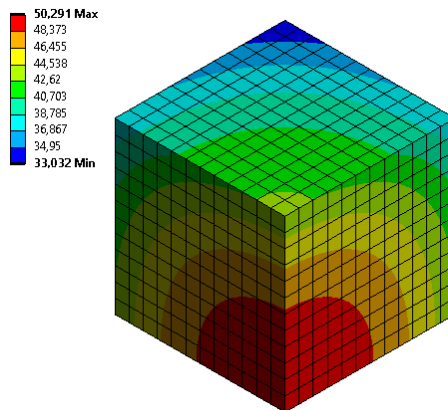


Figure 1. Heat generation of the used blast furnace cement as a function of time

For the analysis, box shape was used with different dimensions (500 mm, 750 mm, 1000 mm, 1250 mm, and 1500 mm). These shapes can be modeled with a simplified model for the finite element analysis because the initial and boundary conditions were symmetrical. According to these, only the one-eighth volume was modeled for the calculation.



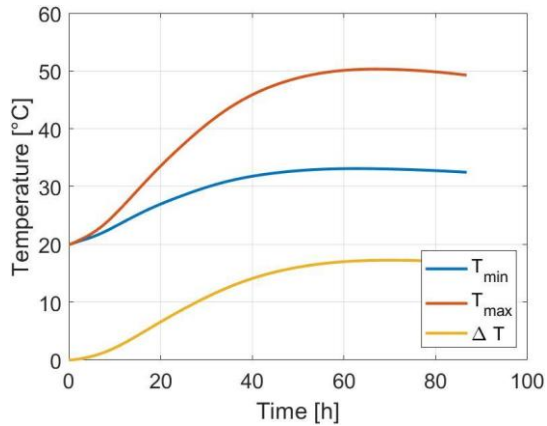


Figure 2. The temperature field and the temperature change in the function of time

The used concrete specific heat was 1228 KJ/(kgK), the isotropic thermal conductivity was 3.5 W/(mK), and the fresh concrete temperature (initial temperature) was 20 °C. Heat isolation was used with a 5 W/(m²K) heat transfer coefficient for the model.

Figure 2. summarises the temperature field in a case of 1 m dimension and the minimum, maximum, and temperature difference in a function of time. The results were given with transient thermal analysis with Ansys 2021 R2.

3 Results

The finite element analysis has been used for all the box shapes. All the results showed that the maximum temperature was in the center of the blocks, and the minimum temperature was in the corner of the blocks.

Figure 3. and Table 1. summarize the temperature differences in a function of time in all the used edge lengths.

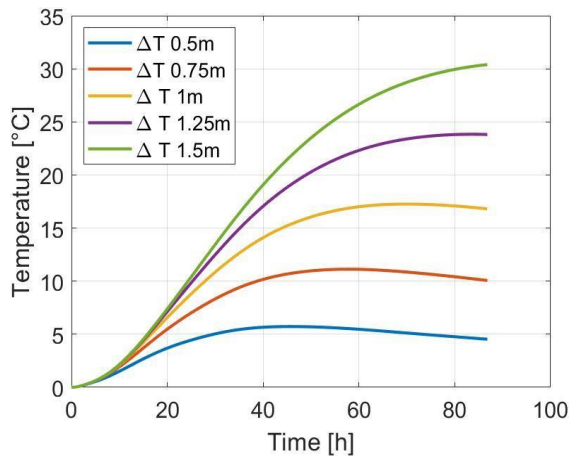


Figure 3. The influence of the edge length on the temperature difference

Table 1. The max temperature difference and its time in a function of edge length

Edge length [m]	Max. temp. difference [°C]	Time [h]
0.5	5.72	45.3
0.75	11.12	57.8
1	17.25	69.7
1.25	23.83	83.1
1.5	30.4	95.3

The results showed that the isolation and the material properties were the same for maximum temperature, and the height of the block has characterized its time. The growth edge length made the temperature difference higher later.

4 Conclusion

According to the results, the mass concrete structures can be defined with the help of characteristic dimensions and the heat generation function. On the other hand, when the engineering practice uses thicker sections or different heat generation cement, the specific isolation or inner colling can prevent the cracking formation.

Acknowledgment

The article is supported by the ÚNKP-20-3 New National Excellence Program of the Ministry for Innovation and Technology from the source of the National Research, Development, and Innovation Fund.

5 References

- [1] ACI 209.2R-08. Guide for modeling and calculating shrinkage and creep in hardened concrete. American Concrete Institute. 2008. 48p.
- [2] G. Gibbon, Y. Ballim, G. Grieve: A low-cost, computer-controlled adiabatic calorimeter for determining the heat of hydration of concrete. *J. Test. Eval.*, 25 (2) (1997), pp. 261-266
- [3] ACI SPEC-301-20: Specifications for Concrete Construction
- [4] ACI 207.1R 5th Edition, 2012
- [5] Yunus Ballim: A numerical model and associated calorimeter for predicting temperature profiles in mass concrete. *Cement and Concrete Composites*. Volume 26, Issue 6, 2004, pp. 695-703, ISSN 0958-9465, DOI: 10.1016/S0958-9465(03)00093-3.
- [6] Aad, G., Abajyan, T., Abbott, B., Abdallah, J., Khalek, S. A., Abdelalim, A. A., ... & AbouZeid, O. S. (2012). Observation of a new particle in the search for the Standard Model Higgs boson with the ATLAS detector at the LHC. *Physics Letters B*, 716(1), 1-29.
- [7] Aad, G., Abajyan, T., Abbott, B., Abdallah, J., Khalek, S. A., Abdelalim, A. A., ... & AbouZeid, O. S. (2012). Observation of a new particle in the search for the Standard Model Higgs boson with the ATLAS detector at the LHC. *Physics Letters B*, 716(1), 1-29.
- [8] Domonyi Erzsébet, Dr. Barányi István, Dr. Réger Mihály Antal: EGYEDI FÉLADIABATIKUS KALORIMÉTER FEJLESZTÉSE. *GÉP* 72 : 3-4 pp. 13-16. , 4 p. (2021)



CEM I and CEM III typed cement heat generation and impact on the crack risk

¹Erzsébet Domonyi, ²István Barányi

¹Óbuda University Donát Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering. Budapest, Hungary, domonyi.erszebet@bgk.uni-obuda.hu

² Óbuda University Donát Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering. Budapest, Hungary, baranyi.istvan@bgk.uni-obuda.hu

Abstract

The concrete structures generate heat in the solidifying process. The influence of the heat can depend mainly on the composition of the cement, the quantity of the additives, and the heat properties of the insulation. In engineering practice, mass concrete structures can be characterized by model test temperature measurement.

In this study, the influence of the cement type on crack propagation is investigated and compared with finite element analysis.

Keywords: mass concrete, heat generation, finite-element modeling

1 Introduction

The concrete structures heat generation mainly depends on the volume of the mass concrete structure, the rate of the gravel, and the additives.

The risk of cracking propagation can be described with the minimum and maximum temperature differences. According to [1], the maximum temperature difference needs to be a maximum of 20 °C between the surface and the central zone.

According to the CIRIA C600 standard, the maximum temperature difference between the inner zone of the concrete mass and its external surface (T max) is defined by the 19.9 °C when calculated with a 13×10^{-6} thermal expansion coefficient 70×10^{-6} ultimate tensile strength.

The cement heat generation can be measured by adiabatic [2], semi-adiabatic [3], or isothermal [4] calorimeter. The measuring time and the time sample rate are depending on the Cement type and the type of the data collector. The more common solution is the usage of the semi-adiabatic environment with heat loss compensation, according to [5].

Yan Li, Lei Nie, and Bo Wang in [6] article represent the cracking propagation with the help of the finite element modeling. In this research, the temperature and the stress field has been predicted, and the basic of the crack propagation has been defined.

Ju-Hyung Ha et al. in [7] found some cases in which the general field curing method could not satisfy the cracking criteria and needed automated curing technology. The article draws attention to the importance of the difference between the mass concrete surface and center temperature difference.

Aneta Smolana et al. [8] used numerical methods and on-site measurement when describing the crack propagation and compared the two methods. With the help of the calculations and the

measurement determined, the finite element analysis described the temperature distortion, and the calculation time was shorter than the measuring.

2 Material and Method

As it is known, the composition of the cement belongs to the major contributors to heat hydration.

The examined material named CEM I and CEM III hydration heat were measured with a semi-adiabatic calorimeter are explained in [9].

According to the literature, CEM I (Portland cement) and CEM III (blast furnace cement) were used. The CEM I type cement structures are stronger than the CEM III structures, but the heat generation is almost double. The measured heat generation is summarised in Figure 1. as a function of time.

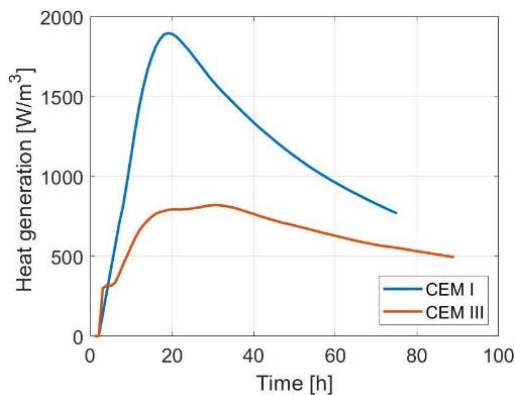


Figure 1. The CEM I (Portland cement) and CEM III (blast furnace cement) heat generation

The applied concrete physical properties are summarized in Table 1.

Table 1. Physical properties of the concrete

Property	Value
Specific heat	1228 J/(kgK)
Isotropic thermal conductivity	3.5 W/(mK)
Temperature of fresh concrete	20 °C

In the model, the heat transfer coefficient was considered to be constant: 5 W/(m²K). The simple specimen geometry and the symmetric heat transfer conditions (initial and boundary conditions) enable us to take into account only the one-eighth of the unit cube. Three neighboring surfaces had a nonzero heat transfer coefficient only for simplification. The transient thermal analysis was applied for the calculation, and Ansys Workbench 2021 R2 was used.

3 Results

The Finite element results have been calculated for the whole process (see Figure 2.), and the results have been figured in the maximum temperature difference in Figure 3.

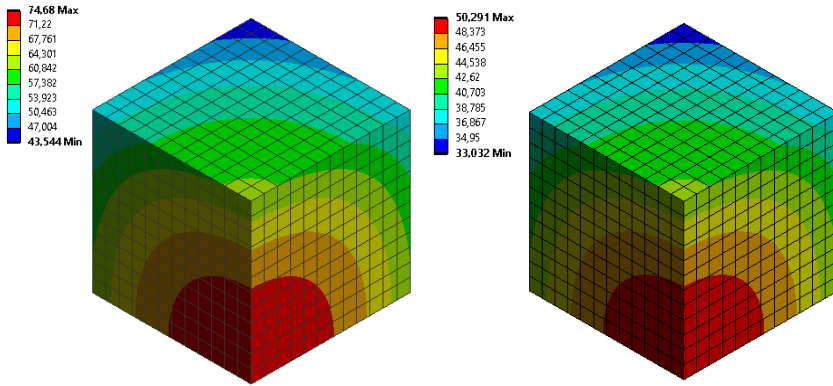


Figure 2. The maximum temperature difference in the case of CEM I (left) and CEM III (right) case

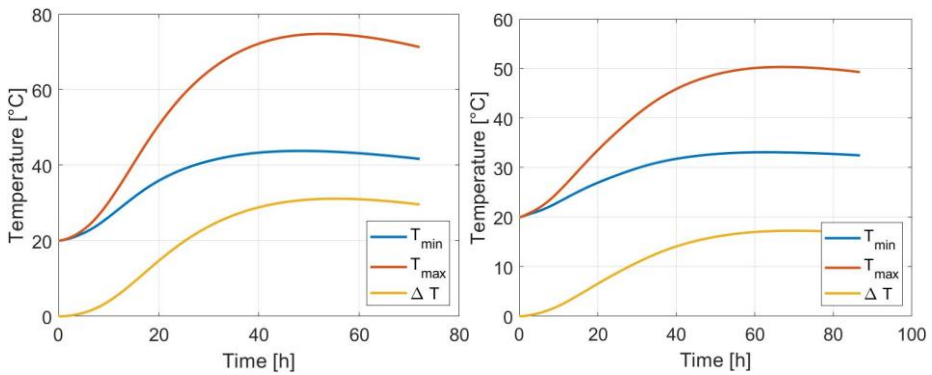


Figure 3. The maximum temperature, minimum temperature, and the temperature difference in the case of CEM I (left) and CEM III (right) case

As Figure 3. shows, the cement heat generation greatly affects the temperature difference. On the left side of the figure, the difference is lower than 20°C. The difference is more significant than the allowed value that the concrete structure will most likely crack on the right side.

Based on Figure 3., the isolation helps to maximize the surface minimum temperature (on the corner) at 33 °C, but the inner temperature strongly depends on the cement chemical reactions.

Based on the results, the CEM III type cement is better to build mass concrete structures than the CEM I type cement. As Table 2 summarizes, these two materials define different maximum temperature differences at different times.

Table 2. The temperature difference and its time to obtain its maximum value

	concrete for CEM I	concrete for CEM III
maximum temp. diff. [°C]	31.13	17.26
time [h]	55.22	69.7

4 Conclusions

The control and the reduction of hydration heat in concrete structures are of primary importance to the technological problems. Based on the application of a simplified finite-element-based model, from our preliminary results, it can be concluded that the cracking sensibility can be increased when using CEM I-based concrete instead of CEM III concrete. According to the results, the center of the concrete body can be overheating, and the outer surfaces need to be isolated.

Acknowledgment

The article is supported by the ÚNKP-20-3 New National Excellence Program of the Ministry for Innovation and Technology from the source of the National Research, Development, and Innovation Fund.

5 References

- [1] ACI 209.2R-08. Guide for modeling and calculating shrinkage and creep in hardened concrete. American Concrete Institute. 2008. 48p.
- [2] G. Gibbon, Y. Ballim, G. Grieve: A low-cost, computer-controlled adiabatic calorimeter for determining the heat of hydration of concrete. *J. Test. Eval.*, 25 (2) (1997), pp. 261-266
- [3] Chung C, Kim JH, Lee S. Mint: The use of semi-adiabatic calorimetry for hydration studies of cement paste. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*. 2016;16(2):185-192. DOI:10.5345/JKIBC.2016.16.2.185
- [4] T.-T. Nguyen, M.Weiler, D.Waldmann, Experimental and numerical analysis of early age behavior in non-reinforced concrete, *Construction and Building Materials* 210 (2019) 499–513.
- [5] O, John and Young, John: Coffee Cup Calorimeter Heat Loss Correction. *The Chemical Educator*. 2016; 21:53-62. DOI: 10.1333/s00897162683a
- [6] Yan Li, Lei Nie, Bo Wang: A numerical simulation of the temperature cracking propagation process when pouring mass concrete. *Automation in Construction*, Volume 37, 2014, pp. 203-210, ISSN 0926-5805, DOI: 10.1016/j.autcon.2013.08.005.
- [7] Ju-Hyung Ha, Youn Su Jung, Yun-gu Cho: Thermal crack control in mass concrete structure using an automated curing system. *Automation in Construction*, Volume 45, 2014, pp. 16-24. ISSN 0926-5805, DOI: 10.1016/j.autcon.2014.04.014.
- [8] Aneta Smolana, Barbara Klemczak, Miguel Azenha, Dirk Schlicke: Early age cracking risk in a massive concrete foundation slab: Comparison of analytical and numerical prediction models with on-site measurements. *Construction and Building Materials*. Volume 301, 2021, ISSN 0950-0618, DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2021.124135.
- [9] Domonyi Erzsébet, Dr. Barányi István, Dr. Réger Mihály Antal: EGYEDI FÉLADIABATIKUS KALORIMÉTER FEJLESZTÉSE. *GÉP* 72 : 3-4 pp. 13-16. , 4 p. (2021)



Healthy and safe workplace definition: a friendly boundary for a complex issue

¹Vanessa C. Erazo-Chamorro, ²Ricardo P. Arciniega-Rocha, ³Gyula Szabó

¹*Obuda University. Budapest, Hungary, erazo.vanessa@phd.uni-obuda.hu*

²*Obuda University. Budapest, Hungary, arciniega.ricardo@phd.uni-obuda.hu*

Abstract

This paper makes an exploration about the global term “healthy workplace or safety workplace” starting from WHO (World Health Organization) suggestions to overall models and frameworks that can be useful on the safety and Security Science. The purpose of the present work is to define a general concept for the expression used as “healthy workplace”, which can embrace all fields of work, helping to clarify the term and avoiding leaving itself definition held to possible mistaken interpretations.

Keywords: healthy workplace, workplace safety, safety environment, safety behavior.

1 Introduction

These days, even with all technological advances and well-being improving, the health and safety occupational abide an issue for national economies, the company members, and society to strongly take care [1], not only to avoid lost money but as a productivity strategy at the same time. Taking care of the employees is taking care of the work developed [2][3].

There are around 400,000,000 results in Google about “healthy workplace” (it can be more dependents on the moment this paper is reading), they are increasing every day. Nonetheless, the interpretations can be thousands of what the phrase means [4][5].

All these definitions for the term “safety or healthy workplace” can be discussed and selected from different papers and studies, analyzed, and understood from different flanks. Still, the research question is: Can a meaning be defined for a healthy workplace that can fix and cover all fields of work? [6]

The rest of the document is structured as follows. Section 2 Related works. Section 3 Term definitions about workplace given by WHO. Section 4 Defining workplace terms. Section 5 Results. Finally, Section 6 Conclusions.

2 Related works

The term “safety workplace” has been widely explored. Some research is mainly about technical and organizational aspects in the companies, industries, or any institution that can be a place to work [7]. Many of the related works have delved into analyzing or proposing methods to improve workplace working conditions and safety climate in the workplace [6][8].

In 2009, M. S. Christian et al. [6] focused on behaviorally oriented occupational safety, pointing out that even with all the effort to study workplace safety, an impressive quantity of information has

resulted plagued by lack of theory, weak methodology, and unclear conceptualization of constructs.

In its publication about Healthy Workplace Framework and Model: Background and Supporting Literature and Practices [4], the World Health Organization intends to give a document that can be followed as practical guidance. The same work has mentioned the purpose of being adapted for specific cultures and regions, which will collect the framework to provide practical assistance to industrial people for implementing the cure. [9].

3 Term definitions about health-safety workplace

Many descriptions have surfaced when making a deep literature evaluation on the Web about the given definitions of a workplace. As a method of assessment of the information, before making an effort to define the term, it is needed to have clear definitions established. Collecting the information using the Derived/Compiled Data collection method, a systematic review of the information related to a healthy workplace was made. Subsequently, the following eligibility criteria were defined: the main given definitions to take into account, which should be directly related to international institutions that manage official internationally occupational health to make sure the term can embrace all regions. In such a manner, three international organizations have been selected to analyze the views or mentions about the safe workplace. Based on the number of states, the most relevant ones are present: World Health Organization (WHO 197 members), International Labour Organization (ILO 187 member states), and European Agency for Safety and Health at Work (OSHA EU Agency 22 states plans).

3.1 Healthy workplace vs. healthy organization

So far, two keywords have been clearly identified: healthy workplace and healthy organization. A healthy organization does not necessarily mean a healthy workplace; both are connected but do not essentially point to the same as shown in Figure 1. Understanding both deeply makes the difference in defining what a healthy workplace in particular is.

As WHO references, the healthy workplace terms show “a great emphasis in the employee situation on the physical and mental well-being”. While a healthy organization “connects employee health and well-being into how operates and the work way to achieving its strategic goals [2].

It looks like a healthy organization compulsory promotes incorporating a healthy workplace and is related to how the organization achieves its goals and how plans to improve them from the perspective of the health and well-being of its employees.

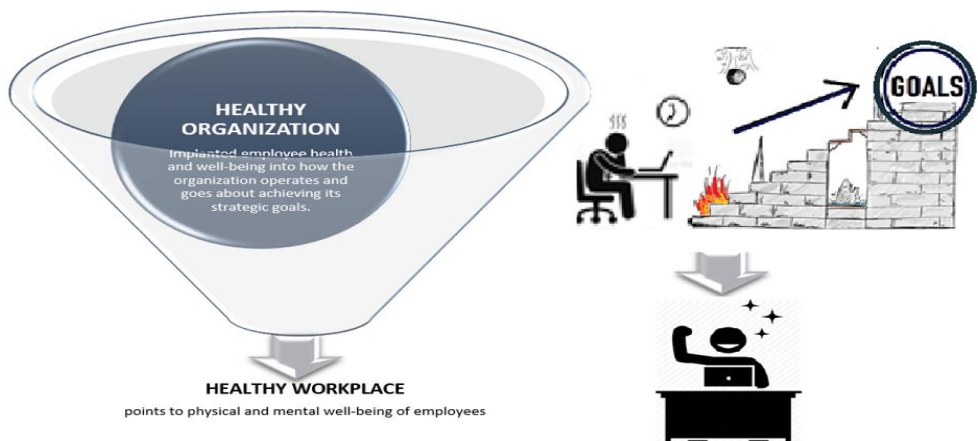


Figure 1. Healthy workplace vs. healthy organization

3.2 ILO perspective about workplace & decent work definition

If the WHO focuses on defining what is important for human health from a general job view, the International Labour Office is guiding the governments in national laws and regulations to be applied at the workplace, intending to improve and make them safer-healthier [10].

Promoting the fabulous idea of achieving a totally safe and healthy workplace has been the main issue in the ILO agenda since several years ago. ILO does not officially establish “what exactly means a safety workplace”, but the “decent work” meaning is clearly related to a healthy and safe workplace, as mentioned by ILO in its publications: *Improving health in the workplace: ILO’s framework for action* and *Safe and healthy workplaces Making decent work a reality* [11][10]. Consequently, ILO standards on OSH and ILO’s Policy do establish the following three core values about what shall have a workplace to be considered like safety-healthy: i) safe and healthy working environment; ii) work well-being and human dignity; iii) possibilities for personal achievement, self-fulfillment, and society service [12][10].

3.3 OSHA EU about health and safety in the workplace

OSH establishes The Strategic Framework on Health and Safety at Work 2014-2020 to address the MSD risk factors and ergonomics as main challenges to get a safe workplace. OSHA EU points mainly to prevent risks factors at the workplace that can cause MSD and ergonomic-related illness, such as physical and biomechanical factors, organizational and psychosocial factors, individual and personal factors [13][14][15][10]. Therefore, OSHA recognizes that a “safety workplace” will be one that: do not impair/prevent impair the health and well-being of workers, also taking into account the possible impact on the surrounding communities and the environment; ii) have psychological and social well-being and the ability to conduct a socially and economically productive life [10].

4 Defining workplace term

Before trying to define the term, the very first must be pointed to the certainties already determined around the term. According to the World Health Organization, healthy is defined as “A state of mental, social and complete physical well-being, and not just the absence of illness or disease” [16]. On the other hand, all definitions in published literature have some points clear in common about the term; these are shown in Figure 2.

The coincident affirmations about the term “safety or healthy workplace” in the overall literature review are: i) Nowadays is assumed that employees’ health is incorporated into the WHO definition of health. ii) The relation between a healthy workplace and a healthy organization is directly connected. How is the order and employees’ health connected to operates and the work way to achieving its strategic goals. iii) The need includes health protection and health promotion for a healthy workplace [4].

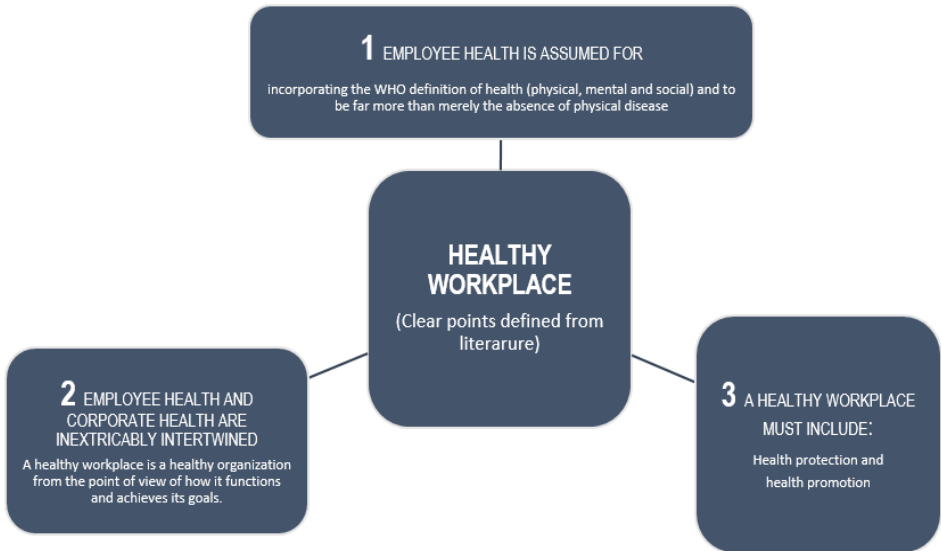


Figure 2. Clear points between overall meanings of a healthy workplace.



Figure 3. Identified needs concern to achieve a healthy workplace

5 Results

The exact meaning or definition of workplace safety became more and more complex of typecasting in only a general term. One single term is enough, which includes and works for covering the whole specter of fields. Still, mainly that cannot be subject to subjectivity or incorrect

interpretations, to define the term is necessary to understand that any organization has specific necessities concern to achieve a healthy workplace. In Figure 3, these needs are summarized on their common points as; **i) Physical work Environment:** in the physical work environment health and safety concerns.t. **ii) Psychosocial Work Environment:** in the psychosocial work environment health, safety and well-being concerns, including workplace culture and organization of work. **iii) Personal Health:** workplace personal health resources. **iv) Community relations:** different forms of participating in the community members to improve workers' health and the environment.

Considering this background, WHO suggests a possible definition of the term "healthy workplace", which intends to involve the identified needs in organizations, overall reviews (frameworks and models), and coincidences points of certainties. The definition is proposed as: *"The place where continuously improves the process to protect and promote the health, well-being, and safety by the workers and managers collaboration considering the identified needs"* [4].

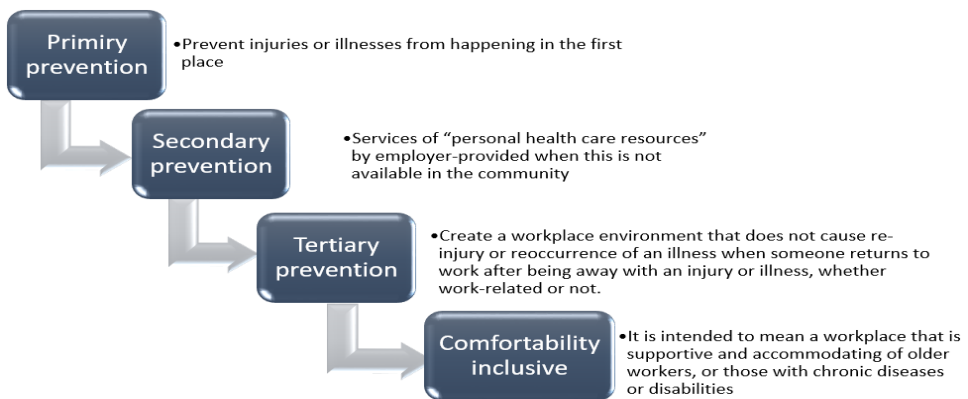


Figure 4. Mandatory points to be a safe workplace

6 Conclusions

As shown in the literature review about the definition, it is used "healthy workplace or safety workplace" term to refer to the same issue. Both terms can be considered synonyms since they approach the same point inside the Safety and Security Science.

The definition of safety or healthy workplace points directly to satisfy the identified needs about safe and occupational health shown in Figure 4 to include all interpretations of the term.

A "healthy workplace" concept is adjusted to the definition only if the workplace has the following four mandatory points shown in Figure 4: **i) Primary prevention.** Identify and prevent the sources of possible illness or injuries in the first instance. **ii) Secondary prevention.** Services of "personal health care resources" by employer-provided in the case if the community is not available. **iii) Tertiary prevention - Positive feedback.** Assure the work environment that does not cause re-injury or reoccurrence of an illness for workers who have recovered from the disease work-related or not. **iv) comfortability inclusive.** A workplace provides supportive and accommodating workers with chronic diseases or disabilities, including other groups like older workers.

As future work, a study of Regional Approaches To Healthy Workplaces should be developed that goes through the different ways of interpretation of the definition of "a healthy workplace" according to the six regions identified by WHO.

Acknowledgments

This work was developed under co-participation of Technological Higher Institute located in Yachay City of Knowledge in Ecuador and under supervision by Ph.D. Gyula Szabó.

7 References

- [1] S. Clarke, “The effect of challenge and hindrance stressors on safety behavior and safety outcomes: A meta-analysis,” *J. Occup. Health Psychol.*, vol. 17, no. 4, pp. 387–397, Oct. 2012, doi: 10.1037/A0029817.
- [2] “Usability of Machinery | SpringerLink.” https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-60525-8_17 (accessed Oct. 21, 2021).
- [3] P. Arezes, Ed., “Advances in Safety Management and Human Factors,” vol. 604, 2018, doi: 10.1007/978-3-319-60525-8.
- [4] Joan Burton, “Healthy Workplace Framework and Model: Background and Supporting Literature and Practices,” 2010. Accessed: Oct. 21, 2021. [Online]. Available: http://www.who.int/occupational_health/healthy_workplace_framework.pdf.
- [5] N. K. Makhtar, B. Parasuraman, M. N. Zakaria, and A. R. Ismail, “Safety Culture and Its Contributing Factor in Education Sector in Malaysia BT - Advances in Safety Management and Human Factors,” pp. 456–464, 2018.
- [6] K. X. Li, J. Yin, and L. Fan, “Ship safety index,” *Transp. Res. Part A Policy Pract.*, vol. 66, no. 1, pp. 75–87, Aug. 2014, doi: 10.1016/J.TRA.2014.04.016.
- [7] X. Liu, G. Huang, H. Huang, S. Wang, Y. Xiao, and W. Chen, “Safety climate, safety behavior, and worker injuries in the Chinese manufacturing industry,” *Saf. Sci.*, vol. 78, pp. 173–178, Oct. 2015, doi: 10.1016/J.SSCI.2015.04.023.
- [8] K. S. Hald, “Social influence and safe behavior in manufacturing,” *Saf. Sci.*, vol. 109, pp. 1–11, Nov. 2018, doi: 10.1016/J.SSCI.2018.05.008.
- [9] D. P. Fidler, “The globalization of public health: the first 100 years of international health diplomacy.”
- [10] V. Forastieri, “Improving health in the workplace: ILO’s framework for action,” *Oit*, pp. 1–4, 2001.
- [11] “Safe and healthy workplaces Making decent work a reality The ILO Report for World Day for Safety and Health at Work Geneva, 2007,” 2007.
- [12] ILO, “Safety and health in the use of machinery,” p. 154, 2013.
- [13] S. Niu, “Ergonomics and occupational safety and health: An ILO perspective,” *Appl. Ergon.*, vol. 41, no. 6, pp. 744–753, Oct. 2010, doi: 10.1016/J.APERGO.2010.03.004.
- [14] “Glossary Safety and health at work EU-OSHA.” <https://osha.europa.eu/en/themes/musculoskeletal-disorders/glossary> (accessed Nov. 29, 2021).
- [15] “EN REPORT on the EU Strategic Framework,” 2015.
- [16] A. Grenville-Cleave, B., & Brady, “The components of well-being. - PsycNET,” *The components of well-being.*, pp. 20–34, 2018,



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY



Engineering Symposium at Bánki
(ESB 2021)

<http://bkg.uni-obuda.hu/esb/2021/>



Safety and risk analysis from the behavioral economics paradigm, use of the possibilities of soft computing methods

¹Anett Forgács, ²Judit Lukács, ²Richárd Horváth

¹Óbuda University, Doctoral School on Safety and Security Sciences, e-mail: foragacs.anett@phd.uni-obuda

²Óbuda University, Bánki Donát Faculty of Mechanical and Safety Engineering, Népszínház u. 8., 1081. Budapest, Hungary, e-mail: lukacs.judit@uni-obuda.hu; horvath.richard@uni-obuda.hu

Abstract

According to the classical economic decision theory approach, human decision-making is focused on quantitative aspects. This means that it is taken into account when determining economic processes and making forecasts so that a decision can be pure yes or purely no. However, most situations in our everyday life and systems (from economic behavior to social sciences, project management models, etc.) cannot be described exactly by this logic. Soft computing methods such as fuzzy logic, neural networks, or genetic algorithms can solve this problem. In particular, there is great potential in the introduction of fuzzy logic. The paper provides insights into the development of decision theory, with a particular focus on the impact of behavioral science in decision theory, and demonstrates the applicability of fuzzy systems in economic decision making

Keywords: Fuzzy inference, economy forecast, computing methods, risk analysis, behavior economy

1 Chapter

As stated by to the classical approach of economic decision theory, human decision-making is focused on quantitative aspects. The starting point for this is that the products and services on the market can be counted, so it is worth studying the laws of supply and demand in this way. And this model sheds light on exactly what the seller and the buyer aim for, which is to maximize utility [1]. Taylor created the classical economic model based on the same principles [2]. In describing decision-making behavior, both Smith and Taylor [2] first examined the motivation and purpose for which producers and consumers participate in the interactions created by goods. The principle that was formulated as a result of this was the principle of utility, that is, the principle of utility. This was defined as the ability of a person to meet his needs. In their view, the goal of the individual is always to maximize his or her own benefit, that is, to achieve the full benefit.

As claimed by Smith [1], the process looks like the decision maker can usually choose from several alternatives. If these alternatives are implemented, they lead to some consequences or results, and each of them has a defined value and probability. Based on Taylor's model, the probability of all outcomes for choosing a particular alternative is: 1. The decision maker has information about

the alternatives and their consequences. The decision-maker's ability to discriminate between alternatives is extremely sensitive. In this case, the decision maker will prefer the alternative that provides the maximum benefit.

However, this view must be partially refuted by modern economic research, as it is still influenced by: the system of habits, the effect of competition, the effect of social institutions, the difference in market values. Furthermore, the fact that we are often unable to carry out a complicated procedure mentally and in time also hinders everything.

According to the rigorous reinforcement model [3] to explain decision-making behavior, we need to explore the rewards or positive outcomes that have led to the reinforcement of those decisions in the past. In this sense, they are the most effective reinforcements that are as directly related to the decision as possible. Confirmation is more effective if it happens with certain breaks, interruptions. It is important to note that positive reinforcement is more effective than negative reinforcement in all cases.

The theory of bounded rationality [4] takes into account that man's ability to process information is limited in decision making. This theory also allows and accepts the sequential enumeration of alternatives that provide a solution to the problem. However, it excludes alternatives that are considered inappropriate immediately and identifies new ones only after that. This requires the establishment of pre-defined criteria and criteria, thus excluding an alternative if it does not reach the specified thresholds. Due to the limited capacity of the human mind, we are unable to make decisions based on the principle of objective rationality, thereby striving for a satisfactory decision. The limitedly rational decision-maker thus uses heuristics to help steer the search for alternatives in a way in which we have a high chance of finding a satisfactory solution. As a result of overconfidence, one stops seeking information and thinking too soon, suppressing healthy doubt, and making a hasty decision. Too little confidence, on the other hand, leads to procrastination.

The phenomenon of priority effect was first studied in 1946 by social psychologist Solomon Asch [5]. It is a cognitive bias that makes it easier to recall and has a greater impact on information we have acquired earlier than we have learned later, regardless of its source or authenticity.

In our decisions, we strive to minimize risks. There are different approaches to risk perception, but what we have in common is that the undesirable consequences of decisions can be assumed, however, these adverse events can occur and the context of the decisions is based on assumptions about different realities.

- Based on the risk perception of economists, both the negative and positive effects of a decision must be considered. And risk is the expected (negative) usefulness of an undesirable consequence. The goal is to maximize social benefits while preserving benefits, reducing risks while using resources efficiently
- Psychological approaches further increase the relevance of subjective judgment compared to economic perceptions. They do this in three different ways [6]: on the one hand, they try to grasp why people do not make their risk decisions based on probabilities and expected values. On the other hand, research has shown that even if they make decisions based on quantified values, the probabilistic information, and thus the risks, are still incorrectly assessed. Last but not least, the perception of risk is greatly influenced by the given context. This often causes inconsistencies in decisions. It can be said that psychological approaches judge not only the effect but also its probability and the way they are aggregated. The result is a subjective expected value based on perceived probability instead of absolute probabilities.
- According to the anthropological approach, in addition to social influences, cultural background also plays a role in assessing uncertainty and thus in taking risks. According to

this approach, the definition of adverse events, the perception of uncertainty, but even reality is the result of social embedding. In their research, Douglas and Wildavsky [7] found that people's reactions are reflected in their social status, their ability to assert power, and based on this, they may belong to the center or periphery. While the former is more acceptable to individualist and hierarchical value systems, the latter are characterized by sectarian culture, pessimistic vision, vulnerability, and increased sensitivity to risk.

In the sense of the above, it is worth investigating the model ability of subjective decisions using classical fly computation methods, such as the Fuzzy [8][9] logic. For the subjective decisions presented in this case, there are not two states, and even multiple membership functions can be used to model the outcome of a system. Similarly, phenomenological models can be fitted to existing data using the so-called black box method. A function relation between input and output data can be searched for that describes the relationship between the two well. In these models, even qualitative attributes, in my case decision outcomes, can be interpreted, for example by using Dummy [10] variables.

It is also worth exploring other methods to model subjective decisions, such as biologically inspired soft computing methods. The main lines of these methods are the fuzzy inference systems, neural networks, and genetic algorithms already presented. Since the objective assessment and modeling of behavioral economics has many difficulties due to the need to take subjectivity into account, I would like to examine the adaptability of the above-mentioned methods; in particular, Fuzzy Logic [11][12]. Indeed, this technique can be used to describe mathematically the human way of thinking.

They can be used for decision and risk assessment in many areas of economic processes. In 1988, Ponsard [13] published a comprehensive study in which he examined whether the effects of weaker rationality and the consequences of decisions could be described in addition to the homeoeconomic model, instead of the two clear-cut positions. In his work, he presents three examples of the usefulness of fuzzy: a fuzzy model of economic choice, economic calculus, economic equilibrium.

In 1993, Domprere [14] presents a method in which social or even project costs can be distributed using fuzzy decision theory, allowing, for example, optimal tax allocation or optimal allocation of project costs.

Aliev [15] argued that many economic dynamical systems become inherently fuzzy due to uncertain initial conditions and parameters. In his study, he considered an economic system as a human-centered and imperfectly informed multiagent system with a realistic representation based on fuzzy logic, using fuzzy "if-then" language and fuzzy differential equations to model economic agents. To incorporate the motivational input variables of economic agents into his model, he created a behavioral model of the agents using the fuzzy and Bayes-Shortliffe approach.

The prioritization of research and development (R&D) projects as investments is a well-known problem, complicated by incomplete and imprecise information on the future profitability of projects. Fuzzy techniques can also be applied in this area, as demonstrated by Hassanzadeh et al [16]. Their research aims to develop a practical research and development (R&D) portfolio selection model that addresses the issue of efficient valuation of R&D projects while addressing R&D uncertainty in portfolio optimization. Fuzzy set theory was used to capture and model the uncertain project information. An example is also presented to compare these measures and illustrate the simplicity and applicability of the proposed approach.

2 Conclusion

In the course of the study, we have presented the current state of decision theory and the limitations of classical mathematics and economics for economic decisions. After the problem statement, we presented several studies in the literature, through which we explored the valuable opportunities offered by soft computing methods, in particular Fuzzy logic.

3 References

- [1] Smith, A. (1776). An inquiry into the nature and causes of the wealth of nations. Ed. RH Campbell, AS Skinner and WB Todd, 2 vol
- [2] Taylor, D. W. (1970). Decision Making and Problem Solving. In.: Management Decision Making. Ed.: New York: Cyert-Welsh Penquin Books
- [3] Skinner, B. F. (2002). *Beyond freedom and dignity*. Hackett Publishing.
- [4] Simon, H. A. (1972). Theories of bounded rationality. *Decision and organization*, 1(1), 161-176.
- [5] Asch, S. E. (1946). Forming impressions of personality. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*, 41, 258–290.
- [6] Renn, O. (1992). Concepts of risk: a classification.
- [7] Douglas, M., & Wildavsky, A. (1982). How can we know the risks we face? Why risk selection is a social process 1.
- [8] Zadeh, L. A. (1973). Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes. *IEEE Transactions on systems, Man, and Cybernetics*, (1), 28-44.
- [9] Pedrycz, W., Bonissone, P. P., & Ruspini, E. H. (1998). Handbook of fuzzy computation. *IOP*. 4d.
- [10] Myers, R. H., Montgomery, D. C., & Anderson-Cook, C. M. (2016). Response surface methodology: process and product optimization using designed experiments. John Wiley & Sons.
- [11] Mamdani, E. H. (1974, December). Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant. In *Proceedings of the institution of electrical engineers* (Vol. 121, No. 12, pp. 1585-1588). IET.
- [12] Sugeno, M., & Yasukawa, T. (1993). A fuzzy-logic-based approach to qualitative modeling. *IEEE Transactions on fuzzy systems*, 1(1), 7-31.
- [13] Ponsard, C. (1988). Fuzzy mathematical models in economics. *Fuzzy Sets and Systems*, 28(3), 273-283
- [14] Dompere, K. K. (1993). The theory of fuzzy decisions, cost distribution principle in social choice and optimal tax distribution. *Fuzzy sets and systems*, 53(3), 253-273
- [15] Aliev, R. (2009). DECISION ANALYSIS IN FUZZY ECONOMICS. *The Caucasus & Globalization*, 3(1), 51-68.
- [16] Hassanzadeh, F., Collan, M., & Modarres, M. (2011). A practical approach to R&D portfolio selection using the fuzzy pay-off method. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 20(4), 615-622



Quantum Cryptography: Quantum Key Distribution, A Non-Technical Approach

¹András Frigyik

¹Óbuda University, Budapest, Hungary, frigyik.andras@uni-obuda.hu

Abstract

With the rapid development of quantum computers, the currently secure cryptographic protocols may not stay that way. Quantum mechanics provides means to create an inherently secure communication channel that is protected by the laws of physics and not by the computational hardness of certain mathematical problems. This paper is a non-technical overview of quantum key distribution, one of the most well-known applications of quantum cryptography, a type of cryptography poised to exploit the laws of quantum mechanics.

Keywords: secure communication, quantum cryptography, quantum key distribution, BB84, entanglement

1 Introduction

Q-Day is coming! In a recently published Feature article in Nature [1], the author assesses the threat Quantum computers impose on the cryptographic systems currently in use. The aforementioned Q-Day refers to the day when quantum computers will have become powerful enough to break the security schemes of the day.

The safety of our communication systems today is based on mathematical problems that are hard: Even if we had access to a super computer, we wouldn't be able to do the required calculations in a reasonable time. The prime factorization (splitting a number into prime factors) or the problem of the discrete logarithm (a number theoretic version of the well-known problem of finding the logarithm of a number) is hard because there are no quick or efficient algorithms to solve them. On the other hand, if someone claims to know the result of such a computation, it is easy to check whether that person is correct.

If the proponents of quantum computing are right, the situation can change overnight. Quantum computers promise to be able to run algorithms that can solve current essentially unsolvable problems very efficiently. In order to keep our data secure, there are several strategies we can implement. One way to go is post-quantum cryptography. Another approach is to make the delivery of the key that is required for the decryption extremely secure: We could enroll quantum mechanics to make the communication channel secure against any kind of eaves-dropping. If the eavesdropper has nothing to decode, then it doesn't matter what kind of computer they have access to. The aim of this article is to give a non-technical survey of one of the contemporary methods: the quantum key distribution. I hope to shed some light on the role quantum mechanics is playing in the process.

The paper is organized as follows: Section 2 is about the very first system that utilized quantum mechanics to secure a communication channel. This system is based solely on the Heisenberg principle. Section 3 describes systems that use entanglement, another feature of quantum mechanics, to make channels secure. It is not easy to create and control the quantum systems necessary for successful operation. In general, complex systems are more vulnerable than simple ones. The device-

independent realizations of the protocols get rid of this disadvantage: Their successful deployment does not depend on the inner workings of a device, only on the fact that the device functions as prescribed. Some solutions can even handle the case when the hardware is produced by an adversarial party. Section 4 covers some of the latest developments in this area.

In this paper, I would like to concentrate on the quantum aspect of cryptography. For classical cryptographic terminology, please refer to any of the many textbooks available (e.g., [4]). There are a lot of technical surveys on quantum key distribution, e.g. [5] and [6], just to mention a few.

The idea of this paper came to me while I was reading Mordechai Rorvig’s article [22] in *Quanta* magazine and the paper [23] by Norbert Nyári published in *Safety and Security Sciences Review* (*Biztonságtudományi Szemle*).

2 Basic Idea: BB84

The goal of key distribution in cryptography is to share, in a very secure manner (no expense is spared), a small amount of information in order to use it as a one-time pad to code and decode much more information later, still securely. It is assumed that the communicating parties did not share any secret information beforehand: They have to rely on the presently shared key if they want to communicate securely.

In the case of quantum key distribution, the communicating parties recruit quantum mechanics to make sure their key is distributed safely. The first paper on quantum key distribution was published by Charles H. Bennett and Gilles Brassard in 1984 [2, 3], hence the designation BB84. As usual, we are going to call the communicating parties Alice and Bob, and the eavesdropping adversary will be called Eve. Alice would like to share a key with Bob only in order to communicate with him securely. To do this, she is going to use a quantum and a classical channel, but only when the protocol indicates it. There is no communication between them outside of the protocol. The quantum channel uses quantum bits, bits that behave observably according to quantum mechanics. The classical channel uses conventional classical bits. Those two kinds of bits behave very differently when we ask questions to them.

One way to picture a bit is to consider a dial with a pointer. There are a lot of different ways to represent the values 1 and 0 on such a dial. For example, the pointer could point north (up) or south (down), and these positions would correspond to the value 1. Or it could point to the east or to the west, corresponding to the value 0. Another way to express these values on the dial is to assign the value 1 to pointers pointing north-east or south-west and the value 0 to pointers aiming north-west or south-east.

Suppose Alice prepares a classical bit using this representation (the dial and the pointer) and sends it to Bob. Bob has two masks: One, called Rectilinear (R), with slits oriented north/south and east/west. The other one, called Diagonal (D), with slits oriented north-east/south-west and north-west/south-east. If Alice sends a dial with a pointer aimed north and Bob uses the Rectilinear mask, he can read out the value of the bit, which is 1. If he uses the Diagonal mask, he won’t get a value. All he learns is the fact that he used the wrong mask. At least he learns something, even in this case.

Now, suppose Alice prepares a quantum bit using the same kind of representation as before, only this time the dial and the pointer are quantum. She, again, sends the bit to Bob. The set of masks Bob possesses is the same as before. If Alice sends a dial with a pointer aimed north and Bob applies the Rectilinear mask, he will get the correct value of 1 every time. That is, if Alice keeps sending the same dial prepared in the same way again and again and Bob keeps applying the same mask, again and again, he is going to get the correct value every time. But if Bob chooses to use the Diagonal mask, he will get a value: It will be 1 approximately half of the time and 0 the other half of the time. This is the consequence of the quantum nature of the bit. If Alice sends only one quantum

bit to Bob and he can choose a mask freely, then there is no way for him to know, at this point, whether he got the right result or used the wrong mask and got a meaningless result.

How can this phenomenon help us to achieve our goal of creating an inherently secure way of communication? One answer is the BB84 protocol.

The process begins with Alice creating a sequence of n random bits. Part of this sequence will form the key at the end of the process. She creates another sequence of n bits and uses this second sequence to choose a representation for each of the bits in her first sequence. For example, each bit of value 1 in her second sequence means she is going to use the Rectilinear representation (i.e., a representation readable correctly using the Rectilinear mask) for the corresponding bit in her first sequence. Similarly, a bit of value 0 in her second sequence will correspond to a Diagonal representation readable correctly by the Diagonal mask.

Suppose Alice obtained twelve bits on her first run and another twelve on her second run. Figure 1 shows the first steps of the protocol. Alice decided to use the north/south pointer to represent the value 1 in the case of the Rectilinear representation and the northeast/southwest pointer to represent the same value in the case of the Diagonal representation.

Alice's random bits	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1
Random bits for rep.	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0
Type of rep.	R	R	D	R	R	D	D	D	R	R	D	D
Actual rep.	↑	↔	↗	↔	↔	↗	↘	↘	↔	↑	↗	↗

Figure 1. First steps in BB84 protocol.

Next, Alice sends her representations via a quantum channel, for example, via fiber-optic cable using photons, to Bob. Since Bob doesn't know what representation Alice used for the individual bits, he creates twelve (in general n) random bits and chooses masks accordingly. For example, if the bit he got is 1, he is going to use the Rectilinear mask and the Diagonal mask otherwise. Figure 2 shows the result of his decision.

Alice's random bits	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1
Random bits for rep.	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0
Type of rep.	R	R	D	R	R	D	D	D	R	R	D	D
Actual rep.	↑	↔	↗	↔	↔	↗	↘	↘	↔	↑	↗	↗
Bob's random bits	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0
Type of mask	R	R	D	R	R	R	D	D	R	D	D	D

Figure 2. Bob's measurements.

Where the actual representation and the mask type coincide, Bob gets the correct value every time. If there is a mismatch, the result will be random: about half the time, Bob sees a 1, and the other half the time a 0. Once Bob is done with the inspection, the communicating parties use a classical public channel that is susceptible to eavesdropping but not to any kind of modification of the communication. They compare the types of representation Alice used with the masks Bob used. They keep those bits where the mask matches the type (Figure 3).

Alice's random bits	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1
Random bits for rep.	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0
Type of rep.	R	R	D	R	R	D	D	D	R	R	D	D
Actual rep.	↕	↔	↗	↔	↔	↗	↘	↘	↔	↕	↗	↗
Bob's random bits	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0
Type of mask	R	R	D	R	R	R	D	D	R	D	D	D
Received bits	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Bits to keep	ok	ok	ok	ok	ok		ok	ok	ok		ok	ok

Figure 3. Bits to keep.

Finally, Alice and Bob have to make sure the quantum channel they used was not compromised. In order to do this, they could share with each other some portion of the kept bits and see how many of them actually match. If the amount of mismatched bits exceeds a certain number provided by models where Eve performs optimally (see [7]), then they should consider the channel to be compromised and throw away all the bits: Every bit which Eve interacted with has a chance to be corrupted and could contribute to the tally. If the number of mismatches is low, they can use the remaining bits as a random key.

Even though the protocol is unconditionally secure [8, 9], its physical implementation opens up possibilities for attacking the system [10]. In response to this observation, researchers started to work on device-independent realizations of these protocols. The last major section of this paper gives an overview of some very recent results.

3 More Quantum: BBM92, E91

The BB84 protocol is based on Heisenberg's uncertainty principle (observation affects the observed system) and the No-cloning theorem. There is another feature of quantum mechanics that can help to make a quantum channel secure beyond classical security.

Entanglement in quantum mechanics is the idea that parts of a quantum system can be related beyond any classical connection. One way to imagine this is to consider two coins that are connected in a non-classical way as follows: If we flip one of the coins and get heads, then flipping the other coins will result in getting a head, too. The same is true for the tails: If we flip one of the coins and get tails, then flipping the other coin will result in tails. The two coins either will show two heads, or they will show two tails, never one head and one tail. If we take two such coins, that means two coins that are connected in such a non-classical way, far away from each other, they will retain this property. This idea has bothered Albert Einstein and, along with two of his colleagues, Boris Podolsky and Nathan Rosen, suggested a thought experiment to point out that perhaps quantum mechanics is not complete. What was then a thought experiment is now a routine process in physics laboratories. A quantum bit pair that possesses this kind of non-classical property is often called an EPR pair.

In [11], Artur K. Ekert introduced a protocol, now referred to as E91, that was based on entanglement. The method used Bell's theorem, which quantifies the non-classical correlation resulting from entanglement and hence provides a way to measure it.

The protocol works like this. A trusted provider of EPR pairs sends one of the bits of this pair to Alice and the other bit of the same pair to Bob. All the pairs are prepared in one of the four

preferred states; for example, the bits are perfectly correlated. Using the dial analogy of the previous section, if we looked at one of them and found that it points north/south, then measuring the other will reveal that it also points north/south. Or, if measuring one of them showed that it is pointing east/west, then measuring the other one would show that it is pointing east/west, as well.

Both Alice and Bob have three-three masks. For the sake of simplicity, we will refer to masks using only one of the directions of any pair of directions. Alice has one pointing east, one pointing north-east, and one pointing north, while Bob has one pointing north-east, one pointing north, and one pointing north-west. They choose a mask for each observation independently from each other and from their previous choices. They perform the measurement on the bit that they have received and record the result along with the mask they used. Once they are done with all the planned measurements, they announce their mask choices on a public channel that is, again, susceptible to eavesdropping but resists all kinds of tampering. They divide their results according to their mask choices: One group will consist of those measurements where they used the same mask and the other where they used different masks.

Next, they revealed their measurement results for the second group, where they used different masks. Based on these results, they can compute the correlation between their measurements. If Eve tries to interfere with the process by manipulating the entangled pairs, the computed correlation will deviate from the number prescribed by quantum mechanics, hence revealing her presence.

In [12], Ch. H. Bennett, G. Brassard (of BB84 fame), and N. David Mermin showed that the protocol (termed BBM92) works even without invoking Bell's theorem: Eve cannot gain any information during the distribution of the EPR pairs to Alice and Bob because information does not exist prior measurement. Her interference would amount to a modification of one of the quantum bits of the pair. But that results in observable correlation loss and reveals her presence.

One way for Eve to eavesdrop on the communication is to pose as an EPR provider and secretly entangle the sent pairs with another quantum bit available only to her. In the paper, Bennett, Brassard, and Mermin show that even in this case, Eve cannot gain any information without detection: In order to avoid direct detection, her quantum bit necessarily has to be disentangled (in other words disconnected) from the pair sent out to Alice and Bob. Any extra entanglement would show up in the direct measurements.

Moreover, it turns out that the entanglement-based protocol BBM92 is equivalent to BB84 if the measurements are immediately performed, as the quantum bits arrive, by at least one of the communicating parties. In the case of an entanglement-based protocol, if the measurement is postponed until the key is actually needed, then any tampering with the received quantum bits can be revealed later. For example, if a burglar breaks into the office where the received bits are stored and changes them, their act will be revealed during the measurement. This is not true for BB84 because the information stored by Alice is classical.

4 Device Independent Realizations

As mentioned before, in [10], the authors point out that since the quantum protocols are implemented using physical devices, these devices are vulnerable to security threats. In the case of an entanglement based protocol, it is possible to achieve security even if the device was manufactured by an adversary as long as the device behaves as a true quantum mechanical device: As it was mentioned in the previous section, the laws of quantum mechanics prevent Eve, the adversary, from gaining information about the communication in a stealthy way, that is without revealing her presence.

If Alice and Bob would like to use such a device to communicate, they have to make sure that it behaves as a true quantum device. This can be achieved if the device allows two kinds of

behaviors: key-generating mode and testing mode [13]. The communication between Alice and Bob is divided into “rounds”. Each round could be a key-generating round or a testing round. In one of the implementations ([14]), Bob decides with a certain probability if the round is a key-generating round or testing round and conveys his choice to Alice. In the key-generating round, Alice and Bob use a protocol like E91 or a simplified version of it to create bits for the future key.

In the testing round, they play a game. It is called the CHSH or Clauser–Horne–Shimony–Holt game [15]. The game is played by two cooperating players, and there is a referee, usually called Charlie. The players, Alice and Bob, are not able to communicate during the game, but they can agree on a strategy in advance, and they can have a shared EPR pair since it is not possible to communicate directly via the pair. Charlie chooses two numbers: He chooses the first one to be 0 or 1 randomly with the same probability, and he does the same for the second number. Then he sends the first number to Alice and the second number to Bob. After receiving the number from Charlie, Alice responds with a 0 or a 1 according to the chosen strategy, and Bob does the same. Charlie performs the logical AND operation on the two numbers he sent to the parties and the addition modulo 2 operation on the received results. If the results are the same, Alice and Bob won.

In the classical local version of the game, when the players don’t use the EPR pair, they have 75% at best to win the game. If they use the EPR pair by measuring it, they can increase this percentage to about 85%. If the EPR pair is fake or compromised, then their winning chance will be less than 85%.

Eve might be eavesdropping on their communication, but that would be alright: In the case of the CHSH game, there is a way to deduce at most how much information is leaking to Eve based on the reduction in winning probability. If the amount is acceptable or they have ways to work around the problem (e.g., privacy amplification, see [14, 16, 17]), then they still can distill a key that is unknown to Eve.

It seems the researchers have finally overcome the challenge posed by the level of currently available technology: The papers [14, 16, 17] appeared at about the same time announcing the implementation of truly device-independent quantum key distribution.

5 Conclusion

There are a couple of interesting questions that we could ask. What if quantum mechanics is not always valid, or there is some kind of post-quantum physics that allows members of a more advanced civilization to eavesdrop on us. The good news is that, according to Jonathan Barrett, Lucien Hardy, and Adrian Kent [18], all we need is a physics that does not allow faster than light communication.

In this paper and throughout the literature (see, e.g. [19]), we use phrases like “Alice chooses a representation” or “Bob chooses a mask”. What if we cannot make free or independent choices? What if superdeterminism is true and all our current choices are dependent or correlated? Superdeterminism [20] is a loophole in Bell’s theorem, and of course, it is not a new issue. John Bell already acknowledged it and addressed the question in [21]. The debate on this issue is ongoing but seems to have little effect on the everyday physical models.

6 Summary

Quantum computers, when they arrive on the scene, will pose a real threat to the cryptographic protocols of today. It is good to know that the same technology can arm us with solutions that can retain the security of our communication networks which are so important in our lives.

7 References

- [1] Castelveccchi, D., “The race to save the Internet from quantum hackers”, *Nature*, vol. 602, no. 7896, 198–201, 2022.
- [2] Bennett, Ch. H. and Brassard, G., “Quantum cryptography: public key distribution and coin tossing”, *Conf. on Computers, Systems and Signal Processing (Bangalore, India)*, pp. 175–179, 1984.
- [3] Bennett, Ch. H. and Brassard, G., “Quantum cryptography: Public key distribution and coin tossing”, *Theoretical Computer Science* vol. 560, 7–11, 2014, DOI <https://doi.org/10.1016/j.tcs.2014.05.025>. *Theoretical Aspects of Quantum Cryptography – celebrating 30 years of BB84*.
- [4] Paar, Ch. and Pelzl, J., “Understanding cryptography: a textbook for students and practitioners”, Springer Science & Business Media, 2009.
- [5] Brass, D., Erdélyi, G., Meyer, T., Riege, T. and Rothe, J., “Quantum cryptography: A survey”, *ACM Computing Surveys (CSUR)* vol. 39, no. 2, 1–31, 2007.
- [6] Kumar, A. and Garhwal, S., “State-of-the-Art Survey of Quantum Cryptography”, *Archives of Computational Methods in Engineering*, vol. 28, no. 5, 3831–3868, 2021.
- [7] Fuchs, Ch. A., Gisin, N., Griffiths, R. B., Niu, Ch-Sh. and Peres, A., “Optimal eavesdropping in quantum cryptography. I. Information bound and optimal strategy”, *Physical Review A*, vol. 56, no. 2, 1163, 1997.
- [8] Shor, P. W. and Preskill, J., “Simple proof of security of the BB84 quantum key distribution protocol”, *Physical review letters*, vol. 85, no. 2, 441, 2000.
- [9] Lo, H-K., “A simple proof of the unconditional security of quantum key distribution”, *Journal of Physics A: Mathematical and General*, vol. 34, no. 35, 6957, 2001.
- [10] Scarani, V. and Kurtsiefer, Ch., “The black paper of quantum cryptography: real implementation problems”, *Theoretical Computer Science*, vol.560, 27–32, 2014.
- [11] Ekert, A. K., “Quantum cryptography based on Bell’s theorem”, *Phys. Rev. Lett.* vol. 67, 661–663, 1991.
- [12] Bennett, Ch. H., Brassard, G. and Mermin, N. D., “Quantum cryptography without Bell’s theorem”, *Physical review letters*, vol. 68, no. 5, 557, 1992.
- [13] Arnon-Friedman, R., Dupuis, F., Fawzi, O., Renner, R. and Vidick, Th., “Practical device-independent quantum cryptography via entropy accumulation”, *Nature communications*, vol. 9, no. 1, 1–11, 2018.
- [14] Nadlinger, D. P., Drmota, P. B., Nichol, C., Araneda, G., Main, D., Srinivas, R., Lucas, D. M., Ballance, C. J., Ivanov, K., Tan, E. Y-Z., Sekatski, P., Urbanke, R. L., Renner, R., Sangouard, N. and Bancal, J-D., “Device-independent quantum key distribution”, *arXiv preprint arXiv:2109.14600*, 2021.
- [15] Clauser, J. F., Horne, M. A., Shimony, A. and Holt, R. A., “Proposed experiment to test local hidden-variable theories”, *Physical review letters*, vol. 23, no. 15, 880, 1969.
- [16] Zhang, W., van Leent, T., Redeker, K., Garthoff, R., Schwonnek, R., Fertig, F., Eppelt, S., Scarani, V., Lim, Ch. C-W. and Weinfurter, H., “Experimental device-independent quantum key distribution between distant users”, *arXiv preprint arXiv:2110.00575*, 2021.

- [17] Liu, W-Zh., Zhang, Y-Z., Zhen, Y-Zh., Liu, M-H. Li, Y., Fan, J., Xu, F., Zhang, Q. and Pan, J-W., “High-speed device-independent quantum key distribution against collective attacks”, arXiv preprint arXiv:2110.01480, 2021.
- [18] Barrett, J., Hardy, L. and Kent, A., “No signaling and quantum key distribution”, Physical review letters, vol. 95, no. 1, 010503, 2005.
- [19] Ekert, A. and Renner, R., “The ultimate physical limits of privacy”, Nature, vol. 507, no. 7493, 443–447, 2014.
- [20] Larsson, J-A., “Loopholes in Bell inequality tests of local realism”, Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical, vol. 47, no. 42, 424003, 2014.
- [21] Bell, J. S., “Free variables and local causality”, Quantum mechanics, high energy physics and accelerators. Selected papers of John S. Bell (with commentary), 1995.
- [22] Rorvig, M., “Cryptographers Achieve Perfect Secrecy With Imperfect Devices“ (February 25, 2022), <https://www.quantamagazine.org/cryptographers-achieve-perfect-secrecy-with-imperfect-devices-20220225/>. Accessed March 13, 2022.
- [23] Nyári, N., “The Impact of Quantum Computing on IT Security”, Biztonságtudományi Szemle, vol. 3, no. 4, 25-37, 2021.



Ensuring quality of the heat-treatment process with the help of statistical methods

¹Milán Hugyi

*¹Doctoral School on Safety and Security Sciences, Óbuda University, Budapest, Hungary,
milan.hugyi@uni-obuda.hu*

Abstract

The principles of reliability and quality are even more critical in the automotive industry. Suppose the aim is to maintain this in a way that is also useful in mass production; a statistical method has to be chosen. In this case, in connection with heat treatment, the results of which can be stably maintained and validated under the given conditions.

In the introduction., the conditions of use are described. Then the chosen material is introduced. Finally, the input data are also important for the functionality of the resulting statistical method, the origin of which is also explained

Keywords: quality, heat-treatment, statistical methods

1 Introduction

The foundations of a well-functioning quality system are significantly determined by the processes that operate in the background in which quality management and quality assurance operate in a given organizational unit.

Depending on the company's operations, there may be different expectations, standards, and specified technical and statistical relationships and exclusions.

But to be specific already during the introduction - for example, the procedure examining the results and effectiveness of heat treatment cannot be repeated. It thus cannot be subjected to statistical process control. Nevertheless, there is a statistical method that has proven useful in the examination of correlation.

First of all, the role of the material and component is detailed, which will be tested, and the significance of their use. Then the circumstances of the analysis are described, its tools and methods, and finally, the significance and efficiency of the results are presented in the case of mass production.

2 Literature review: the determination and selection of the material of the component and the heat treatment process

Nikolaus August Otto (1832-1891) is associated with the invention known as the four-stroke engine, which is still extremely widespread, regardless of the various fields of application and functionality, taking into account the related mechatronic and vehicle technology principles. Only valves are used in internal combustion engines to draw air and discharge combustion products. The control unit consists of one or more camshafts. In two-stroke engines, the camshaft rotates at the same speed as the crankshaft, while at four strokes, the camshaft speed is half the speed of the crankshaft. It controls the movement of the valves using the cams on the shaft. That works by

pushing down the valve lifter when the cam of the rotating shaft touches it so that the valve opens. A spring will tense the valve back to its original position when the cam is turned. During one revolution of the crankshaft, the piston returns to the same extreme position in the cylinder, so two strokes per intake of the crankshaft are obtained, either intake and compression or combustion and exhaust. For the cam on the camshaft to open the valve only once in four strokes, the camshaft must rotate at exactly half the speed of the crankshaft. [2]

The material (1.3505) is a chromium alloy cold work tool steel with high hardness, wear resistance, and relatively easy mechanical handling. It is used for the production of bearings and other pressure and friction-resistant components that are subject to high stress and a long lifetime, which can be adjusted with the appropriate process to meet the requirements of their use. The structural properties of steel change when mixed with different alloying elements. At room temperature, steels generally have the following fabric structures for equilibrium cooling, depending on the carbon content: ferrite, perlite, secondary cementite, and austenite. The lower limit of the austenite field is suppressed by some alloys while other alloys try to lock it, thereby promoting the appearance of ferrite at room temperature without a perlite transformation. Thus, the alloys can be divided into the following two groups: ferrite-forming and austenite forming alloys. In the case of ferrite-forming alloys, some alloys reduce the transformation temperature (Cr; Zn). As for steels, the austenite former is C which reduces the ferrite-forming effect. As the C content increases, the pure ferrite fabric structure can be obtained by combining it with as many ferrite-forming alloys as possible. C also increases the yield strength of the steel and reduces the appearance of corrosion [8].

The experiment presented below was carried out with the induction hardening process. The composition in the structure of the material did not change during the heat treatment process, where the surface of the material was hardened.

3 Material and method: setting up the heat treatment process

In order to ensure the quality of this heat treatment process in mass production, the given machine manufacturer has developed a system that can meet the customer's needs, including the principle of durability, with the help of optimized cycle time and proper machine maintenance.

To examine the results with a statistical method, the input data received after tempering were necessary for statistical analysis. For the data to be objectively measurable, wet sanding is applied to the already tempered pieces. Sandpaper containing silicon carbide grains, attached to a disc, was supplied with a stream of water so that the vacuum created by the centrifugal force at the site of the precipitating water pushes the abrasant against the disc and smoothes it. This water stream was used to remove detached grains from both the workpiece and the grinding wheel [3].

In order to outline and make the tempering profile visually illustrated, it is needed to etch the polished surface. Etching is the treatment of polished surfaces with a solution with different effects. In this case, it is a solution that dissolves less precious crystal grains only, the precious ones only negligibly. After the etching process, the etched or non-corroded surfaces can be distinguished quite well, as the former can be visualized as a darker surface under a microscope. In comparison, the latter can be visualized as a lighter surface. If we speak of crystals with the same structure (homogeneous), then they are equally corroded so that only the boundary line of the crystals dissolves. Thus it becomes visible under a microscopic image. During the mentioned etching process, the Nital (98% ethyl alcohol + 2% HNO₃) is charged to a vessel; then, the grind is immersed and moved for the required etching time. In the present case, this means only a few seconds, but if the etching time is not known, it is necessary to observe the change with the naked eye. If the surface of the piece is clouded or darkened, the etching must be stopped. The etching time is also determined by the resolution of the microscope after the etching. By definition, if a lower quality microscope is

available, a stongeretching is required. Wash the etched surface with plenty of water and then with 99% ethanol and dry in a stream of warm air.

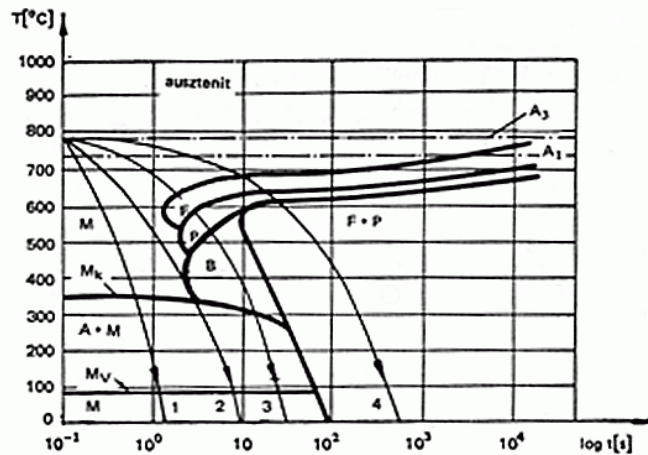


Figure 1. Phases of quenching and the forming fabric structure [4]

The specimen made of steel placed in an alternating current conductor, more precisely in its force field, heats up due to the magnetic (hysteresis) and electrical (eddy current) losses in the force field, an essential condition of which is that the coil that operates as a conductor encompasses the steel piece. Tempering is even determined by the frequency, as the higher the frequency, the less it is able to penetrate the cortex, so the thickness of the warming cortex is smaller (skin effect). The resulting heat build-up caused by the high heating rate and the skin effect needs to be cooled, which can be done with water or an aqueous solution. In practice, this coolant is most often the cooling water used to cool the inductor, as in our case. [5]

Firstly, the course of the curve denoted by the number 4 is studied. It shows well that it is outside the realm of martensite formation due to its slower course as a logarithmic function of time and even does not form benite – only ferrite and perlite. This ferrite-perlite fabric structure is illustrated by the highlighted area in Figure 2 (a), where it can be seen that no tempering has taken place in this highlighted area. As a result of this cooling flow, the intensity of cooling during the available time was not sufficient for the formation of the martensitic fabric structure. Considering the run-down curve no. 3, benite must be obtained in addition to the ferrite and perlite structural elements. With the occurrence of benite, we are well on our way to developing a fully martensitic fabric, but this cooling intensity, which is twice as high as before, is still low. [7]

The explanation for how we were able to get closer to the martensitic fabric structure, thus the formation of benite, is as follows: if austenite is cooled back more vigorously between 500-300 °C, the mechanism changes as needle-shaped crystallites appear. However, carbon still diffuses out of the supersaturated ferrite, and thus the ferrite needles are surrounded by tiny cementite discs. However, since the growth rate of ferrite is higher than that of diffused cementite, it encircles the cementite disks and forms benite, which is essentially formed from cementite disks, representing their disposition embedded in a ferrite base. [1]

If, without diffusion conversion, the austenite can be cooled below 250 °C as quickly as possible (upper critical cooling rate), a martensitic fabric structure is obtained as a result of the transformation. The result of this can be seen in part c) of the diagram, whereas a result of curve

number 1 of diagram 1, the martensitic fabric structure was formed, which was previously set as our goal. This result was achieved by tripling the initial cooling flow rate. [4]

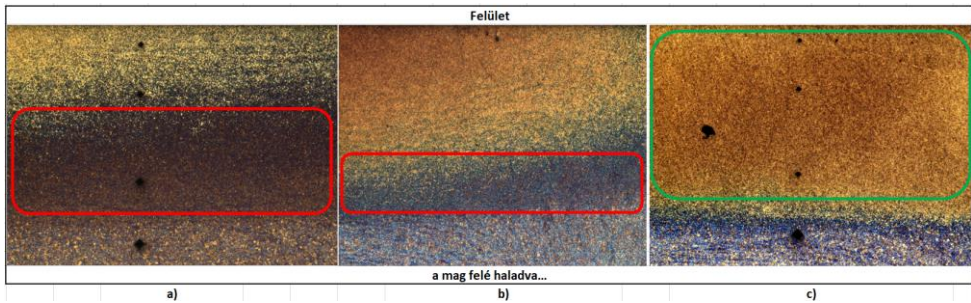


Figure 2. Transformation of fabric structure (50x amplification)

During the 1000x magnification, a decrease in the perlite fabric structure and a more remarkable appearance of benite were experienced, as well as the onset of the formation of the martensitic fabric structure. Many black particles were visible, which are essentially cementite, as they appear in the raw material, and then transformed into ferrite and perlite. Furthermore, a small amount of benite can be observed, but martensite is not present at all. This level of fabric structure analysis also shows well the formation of the martensitic fabric structure shown in the far right image. After all, the black spots within which the white carbides appeared, so it can be concluded that the details visualized as little black spots are not the same as those seen in the previous two images, as they may be more likely to result from etching activity. The obtained data (energy level, surface hardness (HRC), and depth of hardness (HV1) data) were used as inputs of the results described in the next section for analysis by ANOVA and regression analysis methods.

4 Results: Ensuring the quality of the heat treatment process using statistical methods

ANOVA (F-test) method was performed at a significance level of 5%. Minitab program was used: the null hypothesis is that the three groups are from the same population, and the counter-hypothesis is that one of the three groups is not a member of the same population as the others. The counter-hypothesis was confirmed. Thus, the null hypothesis is rejected because the value of P is less than the confidence level given above ($\alpha = 0.05$).

The measured data were also examined in connection with the depth of hardness using the statistical method of regression analysis with the Minitab program. Using R-sq, we can get an idea of the extent to which the formula describes reality. This can only be considered as an estimation or a guideline and is not in itself sufficient. Although its specific level of goodness is not defined, for the most part, it is still believed that an R-sq value above 70% is quite good. The value of R-sq indicates the rate of error in the total standard deviation. The smaller the error, the larger the R-sq is. The error is the average of the distances measured from the regression line at each point. The equation of the theoretical line can be considered satisfactory if we find 90% of the points within the confidence limits. In our case, the R-sq (adj) value is above 90%, precisely 92.9%, which means that the error is less than 10%. The value of P is less than the confidence level given above ($\alpha = 0.05$). Therefore, the null hypothesis is rejected here, too, as the change in the energy level has an effect on the hardness depth. [6]

The scatter diagram also shows the confidence interval (CI), which is the dashed line around the regression line in green. The regression line estimates the average of the data points from the sample,

from which it follows that the range of the mean of the population becomes known, but we do not know exactly where. However, the prediction interval (PI) indicates in which range each point in the population will fall around the regression line.

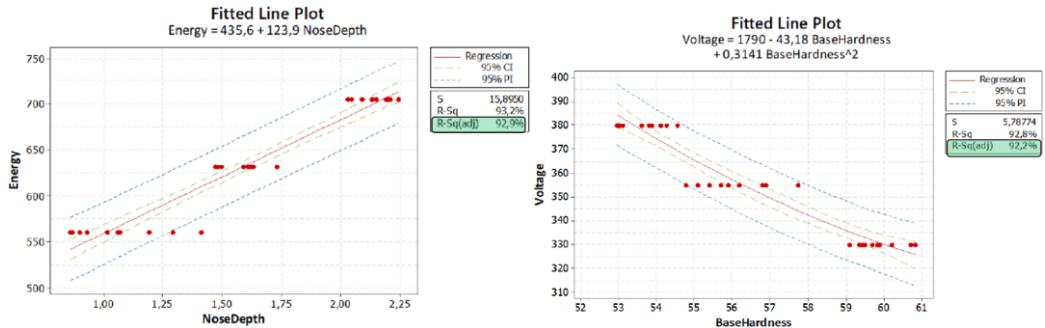


Figure 3. Regression analysis (with Minitab):
Depth of hardness, Nose (left) and Surface Hardness, Base (right)

The formula for calculating the depth of hardness - base side - is as follows to determine the desired energy level:

$$470,9 + 85,77x \text{ BD} \tag{1}$$

where BD is the depth of hardness of the base side.

Overall, the averages of the data series compared differed, and the resulting equations (located at the top of the Fitted Line Plot diagram) yielded a good result based on the regression analysis - except for the surface hardness nose side data, where further tests for yield stress are required. As it was mentioned, this could be a separate test topic, as it can be affected by many features of the device (some possible reasons are the state of the inductor, the interaction with electromagnetic resistance, which may explain the difference between base and nose, and the hysteresis principle cannot be disregarded either). Furthermore, it is important to emphasize that the material structural properties limit our room for maneuver, and the result will not change equally in different segments, as, for example, our material cannot be tempered indefinitely and, as I mentioned earlier, other factors, even mechanical ones, affect our efficiency. Thus, in general, data obtained as a result of more complex statistical studies may not be valid in all cases and should be treated with caution. There are ranges where the values change almost linearly. In other ranges, these data can even be homogenous.

5 Conclusions

The form and type of heat treatment are determined by the size, type, and quantity of the piece to be tempered (individual or series production) and - of course, the issue of economic efficiency and return, which is moving our globalized world as the cornerstone of the corporate culture.

The summary of the above practice and its implementation in production will be formalized within the framework of a well-known control plan to ensure quality, which should take into account the errors encountered during the experiment. The tests can be used to determine the following cornerstones, in line with the use of these quality tools, to ensure customer satisfaction and quality: by checking the inspection of the symmetry of the tempering profile, the surface hardness, the depth of hardness, and the fabric structure.

The aim was to define a result that would ensure the stability in mass production for each component type that could be provided later (in this paper, only one type is examined) in the light

of the quality requirements that were achieved with the help of the correlation chart. The conditions and production parameters can be ensured and maintained as a result of my examination. However, the basic structure and properties of the raw material may change, due to which it is necessary to examine the results of the heat treatment and the tempered component on a daily basis using the inspection plan method. If anything else (e.g., criteria, customer expectations, production machine) changes, it is necessary to repeat the correlation test presented. In this process, it is not enough to find a suitable value, but it is also necessary to pattern and analyze over-hardened and improperly hardened pieces to draw the correct conclusion. In addition to the Minitab software, the method was also implemented in an MS Excel spreadsheet with macros, in which, after entering the input data (energy levels, depth of hardness, and surface hardness), the required data can be obtained to set the production machine to maintain the desired quality of mass production.

6 References

- [1] Czizmazia Fné.: Hőkezelés. Széchenyi István Egyetem. Anyagismereti és Járműgyártási Tanszék. Győr. 2003.
- [2] Dezsényi Gy. – Emőd I. – Finichiu L.: Belsőégésű motorok tervezése és vizsgálata. Egyetemi Tankönyv, Második változatlan kiadás. 1990.
- [3] Gácsi Z. – Mertinger V.: Fémtan. Digitális Tankönyvtár
https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_531_femtan/ch08s03.html
Downloaded: 2019.10.03.
- [4] Hajtó N.: Acélok hőkezelése. Táncsics könyvkiadó, Budapest, 1964.
- [5] Német E.: Acélok és nemvasfémek hőkezelése a gyártástechnológiában. Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1981.
- [6] Szatmáry Z. – Mérések kiértékelése. BME, Budapest, 2010.
<https://mek.oszk.hu/00800/00862/> Downloaded: 2021. október 20.
- [7] Tuskó L. – Végvári F.: Anyagvizsgálat. Kecskeméti Főiskola, GAMF, Kecskemét, 1997.
- [8] Végvári F.: Fémes Anyagok. Kecskeméti Főiskola, GAMF, Kecskemét, 1998.



Monitoring vehicle drivers in critical traffic situations

¹Henrietta Lengyel

¹*Budapest University of Technology and Economics, Budapest, Hungary,*
lengyel.henrietta@kjk.bme.hu

Abstract

This article presents the systems and solutions already available in the industry; these systems enable the monitoring of drivers and vehicles. However, it is not just accident prevention and increasing efficiency that is the goal. The central element of the system is the person himself, in this case, the driver. An important aspect is monitoring the general state of health, indicating the short-term changes that can be observed. In addition, the analysis of the leadership style and the behavior during the activities play an essential role, which also includes the leadership dynamics and mental state. These are to relieve the driver and support him with sensory solutions. As a result of all this, the driver's workload is reduced. As a result, he is expected to handle situations requiring immediate intervention, quick decisions, and deliberations more effectively. That reduces the number of accidents and the health of drivers, and the condition of vehicles in circulation.

Keywords: accident, monitoring vehicle drivers, critical traffic situation, driver behavior

1 Introduction

People are spending more and more time in or on vehicles for transportation and commuting. That is especially true for road transport, which has increased recently [1]. Within the framework of the present paper, the systems and solutions already available in the industry will be explored, which will enable the monitoring of drivers and vehicles. However, it is not just accident prevention and increasing efficiency that is the goal. An important aspect is monitoring general health.

In addition, the analysis of the vehicle drivers' style and the behavior during the activities play an important role, which also includes the vehicle drivers' dynamics and mental state [2].

1.1 Systems for vehicle drivers monitoring

With the development of vehicle manufacturing, one's responsibility for driving a vehicle is increasingly being pushed out. With the help of various safety, driving assistance sensors/systems can support drivers in many ways [9].

1.2 Driver assistance solutions

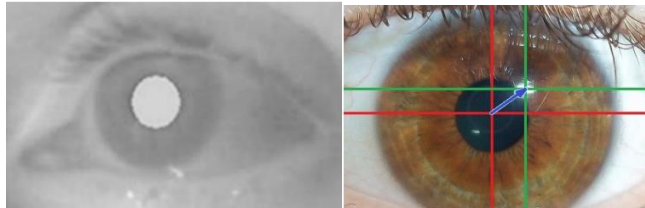
Driving aid systems and the vehicles equipped with them have been spread rapidly over the last decade. The ambitious goal is to significantly reduce the number of road accidents in the next 20-30 years, but there are still many challenges to be overcome.

Driving support systems fall into active safety, as they are designed to prevent accidents [3]. They implement these functions by intervening in critical situations (before human intervention), for which there are many different solutions [4].

1.3 Special solutions for monitoring

Eye-tracking

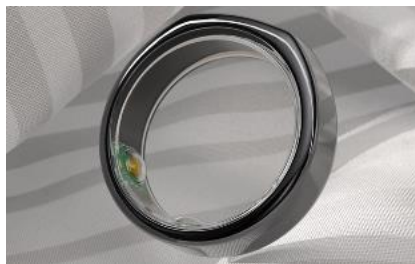
Eye-tracking is a procedure in which the subject measures where the head is turned or the eye's movement relative to the head is examined. There are many ways to capture these movements, but the most popular is to capture the movement with cameras and have a computer extract the eye position from the video.



1. Figure Contrasts the pupil and the rest of the eye [5]

Modern technology

It can be used modern technology, a Finnish health technology, best known for the Oura Ring (stylized *Ōura*), a smart ring used to track sleep and physical activities [6] or use any other smartwatch (Polar, Suunto, Sigma, Timex, Garmin, TomTom, AppleWatch).



2. Figure Oura Ring (stylized *Ōura*) [7]

AI-based vehicle drivers monitoring

The need for advanced safety systems in vehicles is more important than ever. The developers would like to design a system that helps drive safely. It determines the direction of the user's eyesight with the help of a single low-resolution camera or even an infrared camera. Analyzing the eye gaze makes it possible to predict the driver's next maneuver. This provides an opportunity to alert the driver before fatal collisions might occur [8].



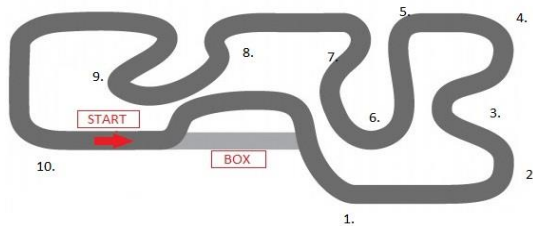
3. Figure AI-based vehicle drivers monitoring

2 Examining a driver's behavior under a critical condition

The essence of the measurement is to prove that the tools and possibilities presented above can be suitable for monitoring managers in everyday and critical situations.

The current article examined the critical condition while driving a go-kart under racing conditions. The location of the measurement is the Hungaroring Go-Kart Track. Measurement tools: Kalenji heart rate monitor and Garmin Fenix5s heart rate monitor with GPS tracker.

The direction of the race is shown in the attached picture. During the measurement, three 20-minute races were recorded, in which the first took place under wet conditions, the second under semi-dry conditions, and the third under dry conditions. The duration of the entire race is 2 hours, during which the asphalt dried due to improved weather conditions. The vehicle used for the measurement was a SODI GT4-R 270 cc, 10-horsepower Karting.

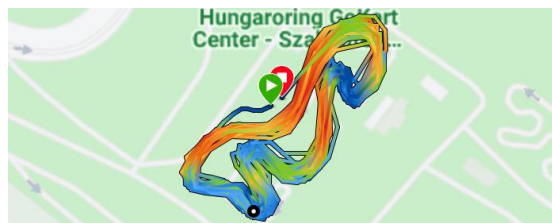


4. Figure Hungaroring Karting place

On the map, it can be seen the trajectory and the route. The red and orange colors are faster sessions, and the blue is slower. We measured the following factors: Heights, Velocity, Temperature, Distance, Time, Laps.

2.1 Measurement – Wet Condition

There is the first measurement that happened in **wet** conditions. We measured the velocity, temperature, heart rate, and height. The height didn't change during the test, so the diagram doesn't include it.



5. Figure First Measurement – Wet Condition

On the first lap, the heart rate is on the corners 1., 2., 3. and 6. jump suddenly higher; the maximum here was **128 bpm**. After the four heavier turns, the heart rate consistently rose the same for the others, with no outliers. In the middle session, the highest heart rate was **140 bpm**.



6. Figure First Measurement, heart rate detection – Wet Condition

The change in heart rate during the 20-minute race phase gives exciting results. Sudden psychological and physical exertion on the human body results in outstanding pulse values - a deviation of 20 bpm. However, getting used to the situation stabilizes the jump values - there is only a 5-10 bpm difference here - and then at the end of the race, both the heart rate value and the number of jumps decrease again.

2.2 Measurement – Half Dry Condition

There is the second measurement which happened in **half dry** condition. We measured the velocity, temperature, heart rate, and height. The height didn't change during the test, so the diagram doesn't include it.



7. Figure First Measurement – Half dry Condition

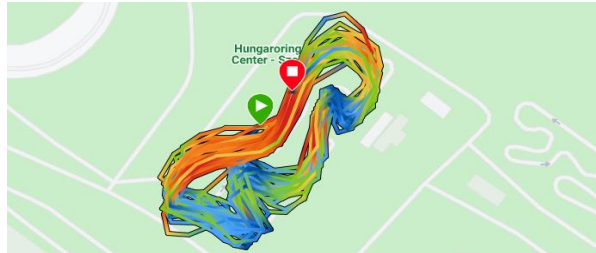
On the race, it can be told that on every lap, the heart rate is on the corners 3., 4., 5., 6., 8. and 9. jump suddenly higher, the maximum here was **124 bpm**. The first part of the race was more complicated than the 10 minutes session. Here the asphalt became drier, and brake distance changed every lap. Interestingly, the 4., and 8.-9. corners seem like the most challenging corner in half dry condition.



8. Figure First Measurement, heart rate detection – Half dry Condition

2.3 Measurement –Dry Condition

There is the first measurement that happened in **dry** conditions. We measured the velocity, temperature, heart rate, and height. The height didn't change during the test; that is why the diagram doesn't include it.



9. Figure First Measurement – Dry Condition

On the race, it can be told that on every lap, the heart rate is on the corners jump suddenly higher, but where the heart rate rises slightly in each corner; the maximum here was **150 bpm**. The second part of the race was more complex than the first session.



10. Figure First Measurement, heart rate detection – Dry Condition

Here the asphalt became dry, and brake distance changed. Interestingly, the heart rate was higher than the wet and half dry measurements in the second part of the race. But also, the average heart rate was higher than the others sessions; this is probably due to fatigue and the psychological and physical exertion on the human body.

	I.measurement	II.measurement	III.measurement
Time	20:28 min	17:38 min	19:56 min
Distance	10.29 km	9.08 km	11,02 km
Calories	94 C	63 C	94 C
Avg Heart Rate	112 bpm	100 bpm	112 bpm
Max Heart Rate	140 bpm	124 bpm	150 bpm
Avg speed	30,2 km/h	30,9 km/h	33,2 km/h
Max speed	46,7 km/h	47,0 km/h	50,9 km/h

3 Conclusion

The wet condition race, the speed, and the temperature were the lowest here, the heart rate values were variable, and the effect of heavier corners was well observed.

The half-dry condition race's temperature became warmer than the previous race session with no rain. The velocity increased slightly faster, 30,9 km/h, and the maximum speed 47,0 km/h. The heart rate values were variable, and the effect of heavier corners was well observed on it.

The dry condition race's temperature became warmer than the previous race session with no rain. The velocity increased a faster, here 33,2 km/h, and the maximum speed 50,9 km/h. The heart rate values were variable, and the effect of heavier corners was well observed on it.

In summary, a smartwatch and similarly smart devices are perfect for monitoring drivers under normal and critical conditions. These are comfortable to wear, and a lot of data can be collected from them, based on which the driver's condition (mental and physical) can be analyzed from many directions. Many manufacturers are also looking to connect smart devices (PolarTeam Pro), so even fleets can get information about their current driver. From the data extracted and after analyzing the condition of the drivers, everyone receives the normal workload.

4 References

- [1] Tonhauser, M., & Ristvej, J. (2021). Implementation of new technologies to improve safety of road transport. *Transportation research procedia*, 55, 1599-1604.
- [2] Arakawa, T., Hibi, R., & Fujishiro, T. A. (2019). Psychophysical assessment of a driver's mental state in autonomous vehicles. *Transportation research part A: policy and practice*, 124, 587-610.
- [3] Hancock, P. A., Kajaks, T., Caird, J. K., Chignell, M. H., Mizobuchi, S., Burns, P. C., ... & Vrkljan, B. H. (2020). Challenges to human drivers in increasingly automated vehicles. *Human factors*, 62(2), 310-328.
- [4] Bao, S., Wu, L., Yu, B., & Sayer, J. R. (2020). An examination of teen drivers' car-following behavior under naturalistic driving conditions: With and without an advanced driving assistance system. *Accident Analysis & Prevention*, 147, 105762.
- [5] Le, A. S., Suzuki, T., & Aoki, H. (2020). Evaluating driver cognitive distraction by eye tracking: From simulator to driving. *Transportation research interdisciplinary perspectives*, 4, 100087.
- [6] Vasconez, J. P., Carvajal, D., & Cheein, F. A. (2019). On the design of a human-robot interaction strategy for commercial vehicle driving based on human cognitive parameters. *Advances in Mechanical Engineering*, 11(7), 1687814019862715.
- [7] Honkanen, T. (2020). Measuring the effects of cognitive stress and relaxation using a wearable smart ring (Doctoral dissertation, Ph. D. dissertation, Dept. Inf. Technol. Elect. Eng., Degree Programme Biomed. Eng., Univ. Oulu, Oulu, Finland).
- [8] Costa, M., Oliveira, D., Pinto, S., & Tavares, A. (2019). Detecting driver's fatigue, distraction and activity using a non-intrusive ai-based monitoring system. *Journal of Artificial Intelligence and Soft Computing Research*, 9(4), 247-266.
- [9] Domina, Á., & Tihanyi, V. (2019, June). Modelling the dynamic behavior of the steering system for low speed autonomous path tracking. In *2019 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)* (pp. 535-540). IEEE.



Assessing the Impact of COVID-19 Crisis on Mobility Activities and Modes Choice

¹ Malak Shatnawi, ² Zoltán Rajnai

¹Doctoral School on Safety and Security Sciences, Obuda University. Budapest, Hungary, malak.shatnawi@uni-obuda.hu,

²Doctoral School on Safety and Security Sciences, Obuda University. Budapest, Hungary, rajnai.zoltan@bgk.uni-obuda.hu

Abstract

The COVID-19 pandemic is considered a turning point in many ways, and most countries adopted unusual methods to preserve people's lives. As a result of new waves, the best action was for the transportation sector was to continue using safety and prevention means at public transportation PT and stop stations. The study proposed measurements categories based on mobility usage before and during COVID-19 to assess the impact of the pandemic on passengers' use of different modes of transport and travel activities studied with many socio-economic and other personal characteristics.

Keywords: COVID-19; Applied restrictions; Transportation modes; Travel activities

1 Introduction

COVID-19 pandemic is a global disaster. The highly-contagious variant types and the new waves of COVID consider ambiguous; the fear of the future of the pandemic becomes like a nightmare for all countries. This paper will investigate the transportation and mobility sector in two categories; before COVID-19 and within the existence of COVID-19. It is our responsibility to assess the risks and impacts of the pandemic as the initial step in planning and making the necessary decisions for a sustainable future, to correct some of our mistakes as human beings against mother nature, natural wealth, and resources that we misused. The appropriate tools suggested here are the frequency of usages from the respondent perspective in each category. We will dig more into safety and security technology issues and reflect on research and development regardless of its field of domain.

The assessment includes the following:

- Investigate the used tools and mechanisms to reach a secure and safe transportation system with a certain degree of sustainability.
- Analyzing the different modes of transport before and during COVID-19.
- Analyzing the different outdoor activities before and during COVID-19.
- Risks and impact of COVID-19 crises on safety and security of the transportation sector.

2 Literature Review

Many studies show significant shifts when comparing post - pre of COVID-19. The preferences were for private vehicles upon public transport modes during the pandemic. The mobility pattern is strongly correlated with COVID-19, socio-economic characteristics, and applied restrictions[1]. Some studies investigate the non-motorized modes and how people started to prefer walking and cycling over other ways; this brought the authorities to pay massive attention to infrastructure suitable for such modes. Forecasting models for future prediction is not a regular and direct process during COVID-19 since safety and health are the primary concern regardless of other issues. One of the pioneer studies that investigated the COVID-19 with post- pre-studies in the transportation sector assessed the characteristics of the outdoor trips of commute and discretionary activities and their relation with transport modes [2]. A mathematical model had been created for before and during the pandemic: the relation with passenger frequency of use was examined. Another methodology used was Multiple Discrete Choice Extreme Value (MDCEV) models with specific paths [3]. It is a forecasting model related to traveling changes activities and modes. The importance of such a model is that it can be applied in other countries in the absence of forced COVID-19 restriction. Two regression models[4], [5], used to evaluate the transport mode selection for each outdoor activity, before and during COVID-19 for developing countries [6]. The dependent variable was related to the mode chosen and the frequency for each activity. A significant relationship was found between some demographical and other characteristics that have been measured; for example, during COVID-19, the distance and the purpose of the trip are significantly correlated with the importance of the trip, there is a significant shifting towards walking, riding a bike and private modes of transportation because it offers better performance. It is well known that public transport's sustainability will be in a critical situation, and the frequency of usage will continue to reduce, so applying reasonable restrictions with suitable levels of safety procedures and services that enable travelers to keep a safe distance from each other may gain the trust in Public Transportation (PT) again. A critical study that investigated the restrictive measures was implemented in ten countries around the world to make the necessary comparison through a survey that distributed during 2020, to assess the effect of COVID-19 on the transportation sector, from respondents' perspective, compared with before, as well as to evaluate the risks of catching the disease within each transport mode and the effectiveness of the applied measurements in each [7]. Do not forget that expert opinions are critical at this stage of the current pandemic. They can describe the whole picture of the situation; even with some uncertainty, they can also evaluate transport system performance compared to before [8]. Most countries have agreed that the world economy is a crucial and critical case during the pandemic, and immediate plans should be implemented to control the side effects as soon as possible, whether there is a "cure" in the near future or not [9].

Many studies showed that the ways of transportation are strongly connected with the region, the distinguishing features and mobility behavior as well mode choices for each journey vary from one country to another, i.e., economy, population density, culture, and many other factors have a significant influence on mode choice [10]. Walking behaviors [11] were investigated using tracking apps and online surveys during the COVID-19 pandemic as part of different modes. The study sample showed a slight increase in car owners, but an essential reduction in travel for all demographic groups, "The online survey classified the groups into the following samples:

- Motorized individual transport (car, motorbike, taxi, Uber)
- Public transport (bus, tram, ferry, metro, train)
- Non-motorized transport (walk, bike)

The results showed that the traveling using individual and non-motorized modes during the lockdown had increased compared with the previous period.

Cars during the pandemic were preferred over public transport; this was confirmed by a questionnaire survey [12] that contained information about the mode of travel used for different trip purposes, travel frequency, distance from home to reach transport mode or destination. Logistic regression models consisted of five variables: travel time, cost, safety, avoiding crowd, and hygiene. The studies showed that delay, safety, speed, comfort, convenience, and trip flexibility are essential factors for preferring a car over public transport [13], [14].

In the planning for sustainability, an initial step for decision making is to provide an analysis for the financial situation and the effect on the private and public sectors and how to maintain and keep services during the pandemic; the proposed study [14] looked for the variables that change the mobility and travel patterns during the COVID-19 pandemic and investigate their long term effects even after the end of the pandemic. On the other hand, to encourage people who have a work nature that can not be done remotely, they should go back to work to use another alternative mode of transport such as walking, cycling, or any other non-motorized modes for the benefit of the environment [15].

To compare, a study with a questionnaire containing travel frequency data with many demographic, economic, and social characteristics for the travel patterns was conducted twice the first study done one year before the COVID-19. The other study showed a significant difference in mobility activities and modes of usage in April 2020 to see the most variables that affected the change in activities and transport modes [16]. One of the exciting results showed that online working and deliveries, not easy to use by older people, especially if they live alone, that will put them in a sole available solution which getting out of the house, [17], [18], to solve this problem, the online services need to be more straightforward, more accessible and available all the time for older users.

Enhancing the trust and passenger levels of safety and comfort during and after the pandemic is significant to maintain sustainability because the decision for mode usage is influenced by many physical, psychological, and mental issues which cannot be ignored since it may affect transport behaviors and avoiding the use of Public Transportation PT [19].

One of the crucial studies that used regressions and hierarchy process to investigate the mode shifting behavior of passengers after the pandemic by studying multiple scenarios, the theory suggested that every passenger has some preference for choosing either the previous mode or switching to the new one. This decision is subjected to several factors, but the implementation of a system whose priority is to provide safety, health guarantee, and security will help restore the confidence by PT [12].

3 Methodology

The study used an online questionnaire, and the respondents were asked to choose from several alternatives, including demographical variables and other characteristics.

The study will address the following:

- The frequency of using the transportation modes for each activity before and during COVID-19.
- Questions about users' points of view about the future and digital transformation.
- The applied restrictions on the transportation modes to control the spread of COVID-19.

Figure 1. below shows all types of transportation, motorized and non-motorized modes, and different mobility activities. The study for before and during COVID-19 includes many independent and dependent variables such as gender, age, income, education, place of residence, distance, time of trips, type of mode and trips and outdoor activities, etc.

The hypotheses assessed the frequency of use or change in frequency associated with each mode and activity, as a causal relationship each time, including public, private, motorized, and non-motorized ways in addition to activities such as work/ studies, free time, social activities and for essential and non-essential shopping.

The proposed variables were analyzed mathematically using appropriate solutions and normal statistical operations.

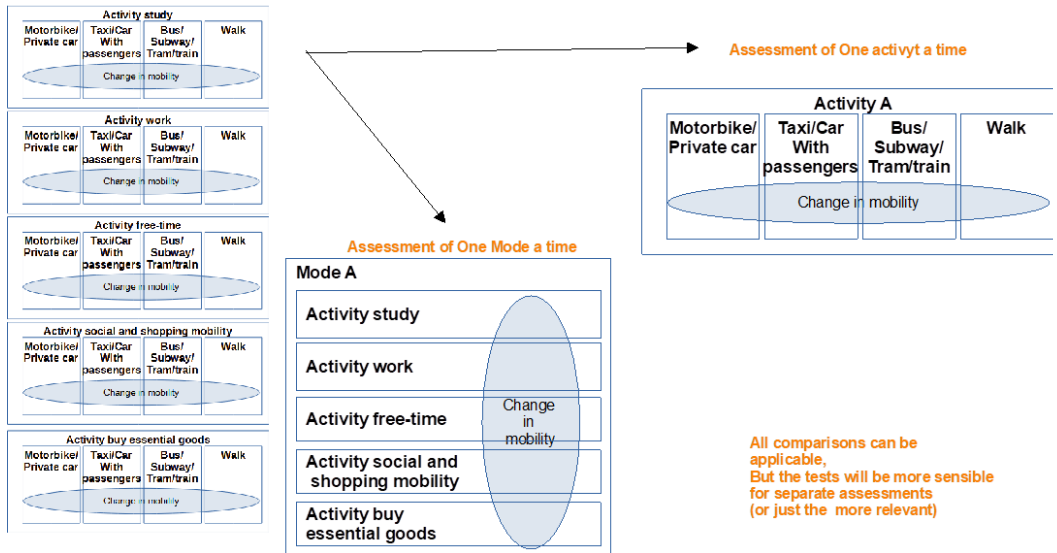


Figure 1. independent and dependent variables, source; done by the authors

4 Remarks and Recommendations

Many studies show significant changes when comparing before and during COVID-19 travel activities and transport modes. That was in the preference of private vehicles during the COVID-19 pandemic upon public modes mobility pattern, which is considered directly correlated with the spread of COVID-19.

A significant relationship between some demographical and other characteristics has been measured. For example, during COVID-19, the distance and the purpose of the trip were significantly correlated with the importance of the trip, whether it is an essential trip or not.

Previous studies before COVID-19 showed that income levels and transport mode chosen are firmly connected. At the same time, during the pandemic, there is a significant shift towards walking, riding a bike, and private modes of transportation regardless of income level because it offers better performance for safety.

5 References

- [1] C. Caballini, M. Agostino, and B. Dalla Chiara, “Physical mobility and virtual communication in Italy: Trends, analytical relationships and policies for the post COVID-19,” *Transp. Policy*, vol. 110, pp. 314–334, 2021, doi: 10.1016/j.tranpol.2021.06.007.
- [2] E. Bhaduri, B. S. Manoj, Z. Wadud, A. K. Goswami, and C. F. Choudhury, “Modelling the effects of COVID-19 on travel mode choice behaviour in India,” *Transp. Res. Interdiscip. Perspect.*, vol. 8, no. November, p. 100273, 2020, doi: 10.1016/j.trip.2020.100273.
- [3] C. Bhat, “The multiple discrete-continuous extreme value (MDCEV) model: role of utility function,” *Transp. Res. Part B*, 2008, [Online]. Available: http://www.caee.utexas.edu/prof/bhat/ABSTRACTS/MDCEV_Bhat_final_version_25Sept07.pdf%0Ahttp://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0191261507000677.
- [4] R. Bender and U. Grouven, “Using binary logistic regression models for ordinal data with non-proportional odds,” *J. Clin. Epidemiol.*, vol. 51, no. 10, pp. 809–816, 1998, doi: 10.1016/S0895-4356(98)00066-3.
- [5] X. Liu and H. Koirala, “Ordinal regression analysis: Using generalized ordinal logistic regression models to estimate educational data,” *J. Mod. Appl. Stat. Methods*, vol. 11, no. 1, pp. 242–254, 2012, doi: 10.22237/jmasm/1335846000.
- [6] N. Anwari, M. Tawkir Ahmed, M. Rakibul Islam, M. Hadiuzzaman, and S. Amin, “Exploring the travel behavior changes caused by the COVID-19 crisis: A case study for a developing country,” *Transp. Res. Interdiscip. Perspect.*, vol. 9, no. March, p. 100334, 2021, doi: 10.1016/j.trip.2021.100334.
- [7] D. M. Barbieri *et al.*, “A survey dataset to evaluate the changes in mobility and transportation due to COVID-19 travel restrictions in Australia, Brazil, China, Ghana, India, Iran, Italy, Norway, South Africa, United States,” *Data Br.*, vol. 33, p. 106459, 2020, doi: 10.1016/j.dib.2020.106459.
- [8] J. Zhang, Y. Hayashi, and L. D. Frank, “COVID-19 and transport: Findings from a world-wide expert survey,” *Transp. Policy*, vol. 103, no. December 2020, pp. 68–85, 2021, doi: 10.1016/j.tranpol.2021.01.011.
- [9] S. Luan, Q. Yang, Z. Jiang, and W. Wang, “Exploring the impact of COVID-19 on individual’s travel mode choice in China,” *Transp. Policy*, vol. 106, no. March, pp. 271–280, 2021, doi: 10.1016/j.tranpol.2021.04.011.
- [10] Y. Hatamzadeh and A. Hosseinzadeh, “Toward a deeper understanding of elderly walking for transport: An analysis across genders in a case study of Iran,” *J. Transp. Heal.*, vol. 19, no. March 2019, p. 100949, 2020, doi: 10.1016/j.jth.2020.100949.
- [11] J. Molloy, T. Schatzmann, B. Schoeman, C. Tchervenkov, B. Hintermann, and K. W. Axhausen, “Observed impacts of the Covid-19 first wave on travel behaviour in Switzerland based on a large GPS panel,” *Transp. Policy*, vol. 104, no. February, pp. 43–51, 2021, doi: 10.1016/j.tranpol.2021.01.009.
- [12] S. Das, A. Boruah, A. Banerjee, R. Raoniari, S. Nama, and A. K. Maurya, “Impact of COVID-19: A radical modal shift from public to private transport mode,” *Transp. Policy*, vol. 109, no. May, pp. 1–11, 2021, doi: 10.1016/j.tranpol.2021.05.005.
- [13] G. Corpuz, “Public transport or private vehicle: Factors that impact on mode choice,” *30th Australas. Transp. Res. Forum*, pp. 1–11, 2007.
- [14] A. Nurdden, R. A. O. K. Rahmat, and A. Ismail, “Effect of transportation policies on modal shift from private car to public transport in Malaysia,” *J. Appl. Sci.*, vol. 7, no. 7,

- pp. 1013–1018, 2007, doi: 10.3923/jas.2007.1013.1018.
- [15] R. Vickerman, “Will Covid-19 put the public back in public transport? A UK perspective,” *Transp. Policy*, vol. 103, pp. 95–102, 2021, doi: 10.1016/j.tranpol.2021.01.005.
- [16] I. Politis *et al.*, “COVID-19 lockdown measures and travel behavior: The case of Thessaloniki, Greece,” *Transp. Res. Interdiscip. Perspect.*, vol. 10, no. January, p. 100345, 2021, doi: 10.1016/j.trip.2021.100345.
- [17] C. Bulut and Y. Kato, “Epidemiology of covid-19,” *Turkish J. Med. Sci.*, vol. 50, no. SI-1, pp. 563–570, 2020, doi: 10.3906/sag-2004-172.
- [18] C. Monahan, J. Macdonald, A. Lytle, M. B. Apriceno, and S. R. Levy, “COVID-19 and Ageism: How positive and negative responses impact older adults and society,” *Am. Psychol.*, vol. 75, no. 7, pp. 887–896, 2020, doi: 10.1037/amp0000699.
- [19] A. Przybyłowski, S. Stelmak, and M. Suchanek, “Mobility behaviour in view of the impact of the COVID-19 pandemic-public transport users in gdansk case study,” *Sustain.*, vol. 13, no. 1, pp. 1–12, 2021, doi: 10.3390/su13010364.



Comparative Analysis of Different Solution Methods for the Inverse Kinematic Task of Redundant Manipulators

¹Bence Varga, ²József K. Tar, ³Richárd Horváth

¹Óbuda University, Doctoral School of Applied Informatics and Applied Mathematics & Donát Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering, Hungary, varga.bence@bgk.uni-obuda.hu

²Óbuda University, Doctoral School of Applied Informatics and Applied Mathematics & Antal Bejczy Center for Intelligent Robotics & John von Neumann Faculty of Informatics, Hungary, tar.jozsef@uni-obuda.hu

³Óbuda University, Donát Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering, Hungary, horvath.richard@bgk.uni-obuda.hu

Abstract

In general, the inverse kinematic task of redundant robot arms cannot be solved in a closed form equation. Although, for some special kinematic structures (e.g., PUMA-type or SCARA robot arms) there exists closed form solution, in many cases, especially for redundant robot arms a differential approximation is used and the solution is formulated by the introduction of a generalized inverse of the Jacobian of the robot arm. The solution of the inverse kinematic task is often related to optimization as for redundant structures, usually it has infinite number of solutions and an optimal one selected considering a set of constraints. Moore-Penrose pseudoinverse is commonly used to solve the inverse kinematic task through utilizing Lagrange multipliers for cost function minimalization. Another common method is the Singular Value Decomposition, which also provides solution without utilizing cost functions. These two methods are commonly used in all kinds of applications, so they provide a good basis for comparison. In this paper two further approaches are analysed which were recently introduced. One of them is utilizing the Gram-Schmidt algorithm to completely evade the cost function minimalization task, and the other one is utilizing a Fixed Point Iteration to avoid matrix inversion. This paper compares these four solution methods of the inverse kinematic task through simulations to reveal all their advantages and disadvantages specially concentrating on their behaviour near singularities.

Keywords: Redundant, Kinematics, SVD, Moore-Penrose, Gram-Schmidt, Fixed point

1 Introduction to Modelling of Robot Arms

In [1] three levels are distinguished in robot modelling. In hierarchical order the first level is the geometric model of our robot arm. The forward geometric model of our robot arm describes the position of the end effector as a function of the joint coordinates. To solve the direct geometric task many different solution types were elaborated over the years, some of them uses the Denavit-Hartenbeg convention [2],[3].

In this paper the direct geometric model of the investigated robot arm is formulated utilizing the group properties of homogeneous transformation matrices. As is known the homogeneous matrices are used for the description of rotation around the origin and a subsequent parallel shift. Equation (1) shows that the upper left 3×3 elements of the matrix is a rotation matrix which rotates around axis e_n with angle q_n (joint coordinates of n^{th} axis) and the right upper 3×1 elements form a

vector describing the direction and the magnitude of the applied shift based on the properties of the n^{th} segment (L_n).

$$\begin{aligned} H &= \begin{bmatrix} R(q_n, e_n)^{3 \times 3} & L_n^{3 \times 1} \\ 000 & 1 \end{bmatrix} \text{ for rotating joint} \\ H &= \begin{bmatrix} I^{3 \times 3} & (L_n + q_n \cdot e_n)^{3 \times 1} \\ 000 & 1 \end{bmatrix} \text{ for prismatic joint} \end{aligned} \quad (1)$$

Utilizing the homogeneous transformation matrix between each segment ($H^{(n)}$) the end effector's position can be calculated as it is shown in eq. (2) which is the solution of the forward geometric task.

$$\begin{bmatrix} r \\ 1 \end{bmatrix} = H^{(1)}(q_1, e_1, L_1) \cdot \dots \cdot H^{(n-1)}(q_{n-1}, e_{n-1}, L_{n-1}) \cdot H^{(n)}(q_n, e_n, L_n) \cdot \begin{bmatrix} \tilde{r} \\ 1 \end{bmatrix} = H(q_1, \dots, q_n) \cdot \begin{bmatrix} \tilde{r} \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

In the above equation r denotes to the position vector, pointing from the base of the manipulator to the Tool Centre Point (TCP) and \tilde{r} is the vector pointing from the last joint to the TCP (fig. 1).

The next level in robot modelling is the kinematic level, which describes the correlation between the velocity of the end effector and the joint speeds. By applying the chain rule of differentiation on eq. (2) and expressing and utilizing \tilde{r} from eq. (2), eq. (3) is obtained,

$$\begin{bmatrix} \dot{r}(t) \\ 0 \end{bmatrix} = \dot{q}_1 \frac{dH^{(1)}}{dq_1} H^{(1)-1} + \dot{q}_2 H^{(1)} \frac{dH^{(2)}}{dq_2} H^{(2)-1} H^{(1)-1} + \dots \\ \dots + \dot{q}_n H^{(1)} \dots H^{(n)} \frac{dH^{(n)}}{dq_n} H^{(n)-1} \dots H^{(1)-1} \cdot \begin{bmatrix} r(t) \\ 1 \end{bmatrix}, \quad (3)$$

from which the solution of the differential forward kinematic task can be expressed utilizing various group properties of homogeneous matrices. In eq. (3) $\frac{dH^{(n)}}{dq_n} H^{(n)-1} = G^{(n)}$ is a generator or a tangent of the Lie-group at the identity element and $H^{(1)} \frac{dH^{(2)}}{dq_2} H^{(2)-1} H^{(1)-1} = H^{(1)} G^{(2)} H^{(1)-1}$ is the transformed tangent. Both definitions come from the geometric interpretation of Lie-groups (\mathcal{G}). By definition $S^T M S = M$, for symmetric, invertible $M \in \mathbb{R}^{n \times n}$ matrix, S can be interpreted as a hypersurface in an n^2 dimensional embedding space. On this hypersurface simple lines can be drawn ($g(\xi) \in \mathcal{G}$) using a single parameter $\xi \in \mathbb{R}$, from the identity matrix $I \in \mathcal{G}$. Calculating the first derivative of $g(\xi)$, we get to $\dot{g}(\xi) = G(\xi)g(\xi)$, in which $G(\xi)$ is a tangent at the identity element, which also is called generator of group since each $G(\xi)$ can generate a single dimensional line within \mathcal{G} . By multiplying $g(\xi)$ with $h \in \mathcal{G}$ as $f(\xi) := hg(\xi)h^{-1}$ which also is element of the group ($f(\xi) \in \mathcal{G}$) due to group properties. If $g(0) = I$, we get $\dot{f}(\xi) := h\dot{g}(\xi)h^{-1}$ and the generator of $f(\xi)$ is $\dot{f}(0) \equiv F = hGh^{-1}$, in which G is the generator of the original $g(\xi)$ group element. In conclusion an arbitrary group element $h \in \mathcal{G}$ and an arbitrary tangent at I of the group, generate a new tangent $F = hGh^{-1}$ which is called the transformed tangent. In eq. (3) the $H^{(1)} \frac{dH^{(2)}}{dq_2} H^{(2)-1} H^{(1)-1} = H^{(1)} G^{(2)} H^{(1)-1} = G_t^{(i)}$ transformed tangent has a very important physical meaning as it describes a rotation of a rotational axis around a different axis.

Utilizing the transformed tangent eq. (3) can be rewritten as $\begin{bmatrix} \dot{r}(t) \\ 0 \end{bmatrix} = \sum_{i=1}^n \dot{q}_i G_t^{(i)}(t) \cdot \begin{bmatrix} r(t) \\ 1 \end{bmatrix}$ however, due to the symmetric properties of homogeneous transformation matrices, from each matrix 6 independent elements can be extracted as $J^{(i)} = [G_{t12}^{(i)} \ G_{t13}^{(i)} \ G_{t23}^{(i)} \ G_{t14}^{(i)} \ G_{t24}^{(i)} \ G_{t34}^{(i)}]^T \in \mathbb{R}^6$, which leads us to a simple set of linear equations as:

$$\dot{x}(t) = [J^{(1)} \mid \dots \mid J^{(n)}] \cdot \dot{q} \equiv J \cdot \dot{q} \quad (4)$$

Equation (4) provides the solution for the differential forward kinematic task as it describes the speed of the end effector ($\dot{x}(t)$) as a function of the joint velocities. Multiplying from the left both sides of eq. (4) with the inverse of the Jacobian (J^{-1}), we get to the solution of the inverse kinematic task.

$$\dot{q}(t) = J^{-1} \cdot \dot{x}(t) \quad (5)$$

Equation (5) shows that for non-redundant case, where the robot has maximum 6 joints ($n \leq 6$) the problem can be solved very easily by calculating the inverse of the Jacobian. However, for redundant manipulators, since the Jacobian matrix is non-quadratic ($J \in \mathbb{R}^{6 \times n}$ where n is the number of joints) this solution method is not applicable: we need the use of some kind of generalized inverse or an iterative solution. Furthermore, redundant manipulators can reach each point of their workspace with various joint configurations, so the inverse kinematic task might have ambiguous solutions and an appropriate one should be selected. In many cases this issue involves optimization.

2 The Solution of the inverse kinematic task

In this paper four different solution methods of the inverse kinematics is analysed through simulation programs. The simulations were made using Julia programming language [4]. In the simulation programs a 9 joints redundant manipulator was analysed, which had 3 prismatic (t) and 6 rotary (r) joints, in the following manner [t, t, t, r, r, r, r, r, r]. The last 6 joints had a PUMA robot-like structure and the first 3 joint can move the whole structure in x, y and z direction. This model was used as it can represent a conventional articulated industrial manipulator with 3 external axes. In eq. (6) in the matrix $[e_i]$ each column represents a unit vector showing the direction of each axis in home position ($q = 0$) of the analysed manipulator. The length of each segment is also collected in the matrix $[L_i]$ where, $l = 0.1m, L = 0.5m$ and $S = 0.3m$.

$$[e_i] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, [L_i] = \begin{bmatrix} l & 0 & 0 & 0 & 0 & L & S & S & S \\ 0 & l & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ l & l & l & l & L & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (6)$$

The kinematic structure of the robot is shown in figure (1).

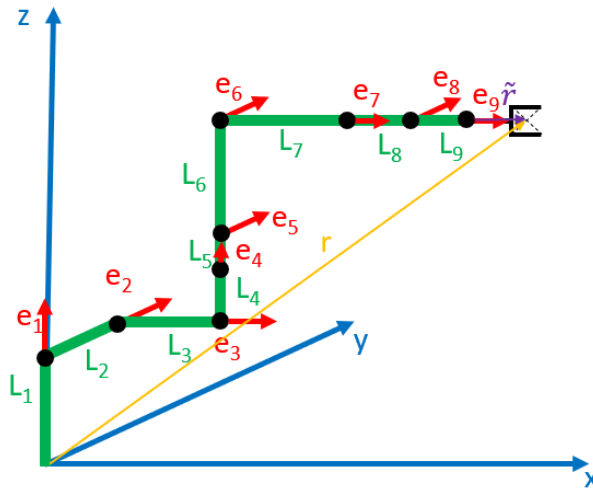


Figure 1. Kinematic structure of the robot arm

For simulation purposes a rather complex trajectory was generated using the forward kinematic equation of our manipulator and eq.(7), in which A_i and ω_i parameters could be freely set.

$$q_i^{Nom} = 3 \cdot A_i \cdot \sin(\omega_i \cdot t)(7)$$

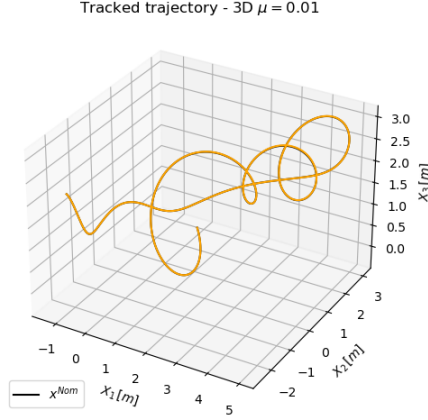


Figure 2. Tracked trajectory in 3D space

2.1 Moore-Penrose Pseudoinverse

As it was mentioned before redundant structures might have ambiguous solutions for the inverse kinematic task, from which an appropriate one should be selected. The internal redundancy of a manipulator can be used for various purposes e.g., avoiding singular configurations [5], obstacle avoidance in the workspace [6] or to minimize joint movements between two positions [7]. The latter requires to optimize the cost function $\sum \dot{q}_i(t)^2$ under constraint $J(q_n) \cdot \dot{q}_n - \dot{x}(t) = 0$ which is the solution of the inverse kinematic task. Such problem can be solved by utilizing Lagrange Reduced Gradient method. However, according to [8], the whole numeric procedure can be evaded by using the Auxiliary Function of the problem in eq. (8).

$$L(\dot{q}, \lambda) = \sum_i \dot{q}_i(t)^2 - \sum_k \lambda_k \cdot (\dot{x}_k(t) - \sum_l J_{kl}(q) \cdot \dot{q}_l) \quad (8)$$

By calculating the partial derivatives of this equation and rearranging it, we get to the following results:

$$0 = \frac{\partial L(\dot{q}, \lambda)}{\partial \dot{q}_u} = 2 \cdot \dot{q}_u - \sum_k \lambda_k \cdot \sum_l J_{ku}(q) \rightarrow \dot{q} = \frac{1}{2} \cdot J^T(q) \cdot \lambda \quad (9)$$

The obtained result can be substituted to eq. (4) and by calculating the inverse of $J^T J$ we can express λ and get to the solution of the inverse kinematic task using the Moore-Penrose Pseudoinverse [9] shown in equation (11).

$$\dot{x}(t) = \frac{1}{2} \cdot J(q) \cdot J^T(q) \cdot \lambda \rightarrow \lambda = 2 \cdot (J(q) \cdot J^T(q))^{-1} \cdot \dot{x}(t) \quad (10)$$

$$\dot{q}(t) = J^T(q) \cdot (J(q) \cdot J^T(q))^{-1} \cdot \dot{x}(t) = J^+(q) \cdot \dot{x}(t) \quad (11)$$

However, a problem arises when, $J^T J$ matrix is near to singularity ($\det(J^T J) \rightarrow 0$). In such case very high joint velocities are required to move the end effector on the desired path, in practice that means a sudden and unexpected movement of the manipulator. To avoid this problem Levenberg [10] and Marquardt [11] suggested to slightly deform the inverse kinematic task by introducing a small positive constant (μ) in a way that we get an always invertible positive definite matrix shown in equation (15).

$$\dot{q}(t) = J^T(q) \cdot (J(q) \cdot J^T(q) + \mu \cdot I)^{-1} \cdot \dot{x}(t) \quad (12)$$

By correctly choosing the μ constant we can avoid kinematic singularities however it causes a little error in non-singular positions, too. The simulation results shown below.

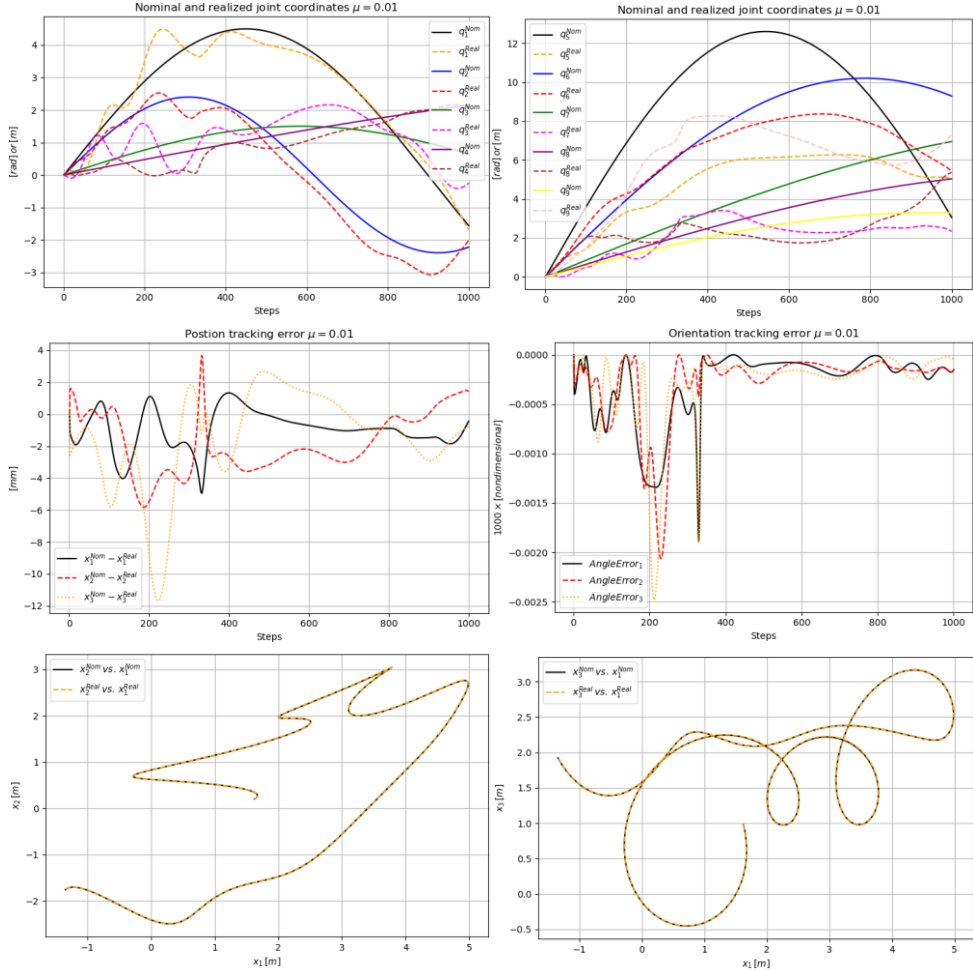


Figure 3. Solution of the inverse kinematic task using Moore- Penrose Pseudoinverse

Figure 3. shows that using Moore-Penrose Pseudoinverse for the solution of the inverse kinematic task, a precise trajectory tracking could be achieved. Higher tracking error can be observed around the 200th and 400th simulation step, which can be caused by near-singular robot configuration. However, this higher error is still within an acceptable range. In the simulation Levenberg-Marquardt constant (μ) was used to resolve issues concerning singularities, which deforms the task in the full region. Despite this deformation of the task, still precise trajectory tracking could be achieved, it is because the μ constant is selected, to be much lower than the smallest eigenvalue of J in the typically not singular points.

2.2 Singular Value Decomposition

Besides Moore-Penrose Pseudo inverse, another very popular tool for solving the inverse kinematic task is the Singular Value Decomposition (SVD) [12]. However due to its high computational need, at the beginning it was mainly used for offline computations, e.g., to analyse the dynamic properties of a robotic manipulators [13][14]. Later a new approach was presented, which takes advantage of the nature of robotics matrix calculations to obtain a computationally feasible algorithm for calculating the SVD of the Jacobian [15]. Nowadays all software, dealing with linear algebra, has an inbuilt function for the calculation of the SVD, including Julia programming language.

Singular Value Decomposition means that any matrix $J \in R^{n \times m}$ can be transformed to a diagonal matrix using two orthogonal matrices ($U \in R^{n \times n}, V \in R^{m \times m}$).

$$UJV^T = \begin{bmatrix} \sigma_1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sigma_2 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \dots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \sigma_n & 0 \end{bmatrix} = \sigma, UU^T = I, VV^T = I, J = U^T \sigma V \quad (13)$$

The diagonal matrix can be easily inverted ($\sigma^+ = \text{diag}(\frac{1}{\sigma_1}, \frac{1}{\sigma_2}, \dots, \frac{1}{\sigma_n})$) and from here the solution of the inverse kinematic task formulates as,

$$UJV^T \sigma^+ = I \xrightarrow{/U^T, / \cdot U} JV^T \sigma^+ U = I \rightarrow \dot{q} = V^T \sigma^+ U \cdot \dot{x}. \quad (14)$$

From equation (14) it can be seen, that the $V^T \sigma^+ U$ expression has the same properties as the J^{-1} . Multiplying eq. (14) with $J \equiv U^T \sigma V$, we can see that this method provides accurate solution for the inverse kinematic task far from singularities. However, near singular positions $\sigma_i \approx 0 \rightarrow \frac{1}{\sigma_i} \approx \infty$. To overcome this issue, a small μ constant is introduced and $\sigma_i < \mu \rightarrow \frac{1}{\sigma_i} = 0$. This solution only deforms near to singular points.

$$J \cdot \dot{q} = U^T \sigma V V^T \sigma^+ U \cdot \dot{x} = \begin{cases} I \cdot \dot{x} & (\text{not singular case}) \\ U^T \hat{I} U \cdot \dot{x} & (\text{singular case}) \end{cases} \quad (15)$$

According to eq. (15) far from singularity \dot{x} motion is realised. However, in singular case instead the desired but not realizable speed, a different motion will be realized, according $U^T \hat{I} U \cdot \dot{x}$, in which \hat{I} is a modified identity matrix (some of the main diagonal elements are 0 instead of 1). All in all, with this solution the inverse kinematic task deforms only near to singularity of the manipulator. The simulation results shown below.

Figure 4. shows that using Singular Value Decomposition for the solution of the inverse kinematic task, a precise trajectory tracking could be achieved. Similarly, to the previous solution, higher tracking error can be observed around the 200th and 400th simulation step due to singularities. Comparing fig. 3 and 4 it is obvious that the two method has similar solution, so the same trajectory was implemented in the joint space also. Both SVD and Moore-Penrose pseudoinverse provide a solution however, the cost function minimalization can be evaded using SVD. However, it is worth to mention that for the SVD-based solution slightly higher tracking error can be observed. The difference in trajectory tracking error is caused by the different singularity compensation method. Using Moore-Penrose Pseudoinverse-based solution method a deformed task is solved by introducing the Levenberg-Marquardt constant. On the other hand, in the SVD-based solution the task is only deformed in the near vicinity of singular configuration. So, the singularities are treated locally, not as a global problem. However, the errors are still in the acceptable range and a precise trajectory tracking is achieved using SVD-based solution.

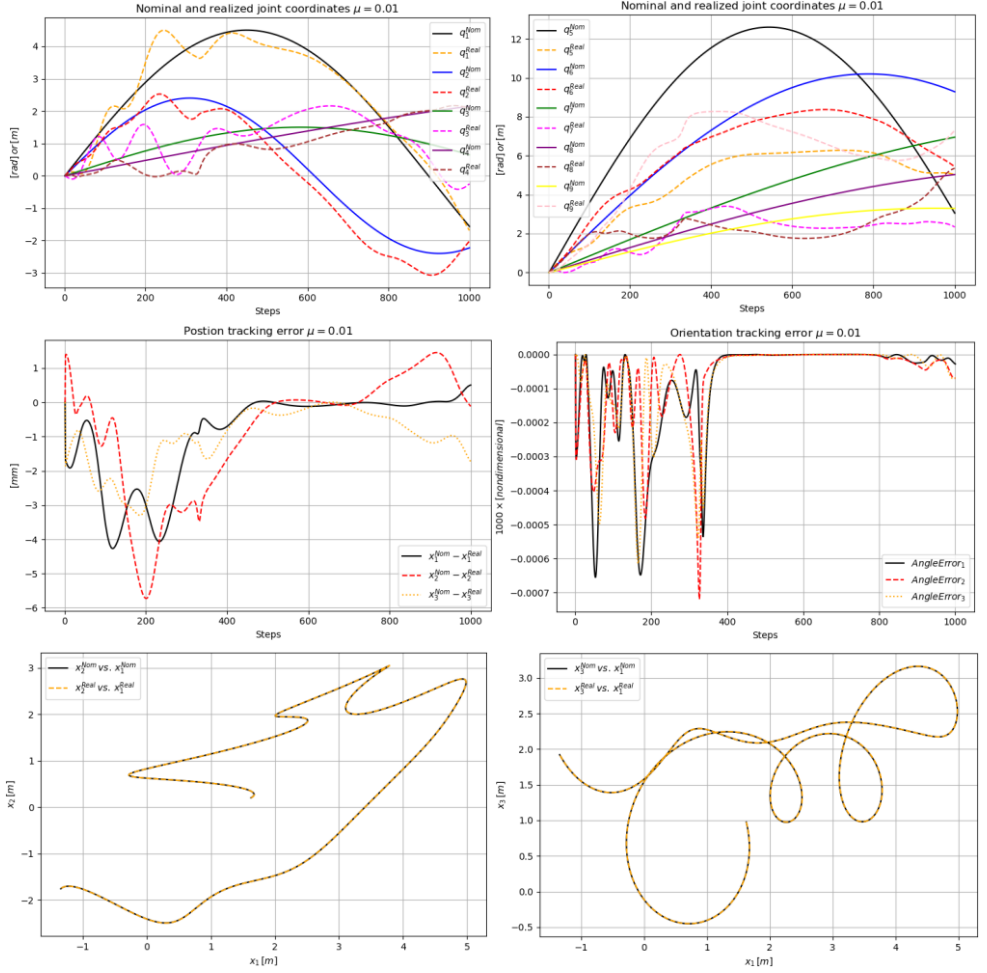


Figure 4. Solution of the inverse kinematic task using SVD

2.3 Gram-Schmidt Orthogonalization-based Solution

Compared to the previous methods the Gram-Schmidt orthogonalization-based solution offers matrix inversion free, recursive solution for the inverse kinematic task. The basic algorithm was independently developed by Gram [16] and Schmidt [17], and in 2015 [18] this method was applied to solve the inverse kinematic task. The basis of the idea is very simple. Let us suppose we have vectors $a, b \in R^n$ and we want to generate a new vector $\tilde{b} = b + \lambda a$, which is orthogonal to vector a . Orthogonality of two vectors can be expressed by zero scalar product, $\langle b + \lambda a | a \rangle = 0$. The lambda coefficients can be calculated as $\lambda = \frac{-\langle b|a \rangle}{\langle a|a \rangle}$. The same idea can be applied to an arbitrary $X = \{x^{(1)} \dots x^{(i)}\}$ as follows:

- Select an arbitrary vector from the vector set X , which will be the first element of our orthogonal vector set.
- Subtract the direction of this first vector from all vectors in the vector set X . This new set of vectors will span a linear space which is orthogonal to the first vector.

- Select a new vector from the remaining vectors, then its direction will be subtracted from all the remaining vectors of set X , that way we get a new linear space which is orthogonal to both the first and the second vector.
- We must carry on these steps until we are left with orthogonal vector set.

By the reduction of a 4×4 matrix the following result can be achieved:

$$\begin{pmatrix} z_1^{(1)} & z_1^{(2)} & z_1^{(3)} & z_1^{(4)} \\ z_2^{(1)} & z_2^{(2)} & z_2^{(3)} & z_2^{(4)} \\ z_3^{(1)} & z_3^{(2)} & z_3^{(3)} & z_3^{(4)} \\ z_4^{(1)} & z_4^{(2)} & z_4^{(3)} & z_4^{(4)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & \lambda_{12} & \lambda_{13} & \lambda_{14} \\ 0 & 1 & \lambda_{23} & \lambda_{24} \\ 0 & 0 & 1 & \lambda_{34} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1^{(1)} & x_1^{(2)} & x_1^{(3)} & x_1^{(4)} \\ x_2^{(1)} & x_2^{(2)} & x_2^{(3)} & x_2^{(4)} \\ x_3^{(1)} & x_3^{(2)} & x_3^{(3)} & x_3^{(4)} \\ x_4^{(1)} & x_4^{(2)} & x_4^{(3)} & x_4^{(4)} \end{pmatrix},$$

$$\lambda_{ij} = \frac{z^{(i)T} x^{(j)}}{z^{(i)T} z^{(i)}}, i < j. \quad (16)$$

If this reduction technique is applied for the Jacobian of the manipulator, also for \dot{x} , the latter will appear as a linear combination of the orthogonal vector set. Using the λ_{ij} stored in the memory the solution of linear equation (4) can be reclusively reconstructed. The solution can be somewhat optimized if in each step of the reduction the vector with the greatest norm is chosen, that way the rotational angle of the actual joint is minimized.

Near singularity $z^{(i)T} z^{(i)} = 0$ or it is close to 0, which means that $x^{(i)}$ vector linearly depends on $\{x^{(l)}, l < i\}$, and the $\lambda_{ij} = \frac{z^{(i)T} x^{(j)}}{z^{(i)T} z^{(i)}} \rightarrow \infty$. In such a scenario a similar solution can be applied as in the SVD-based solution. Near singularity the task will be deformed and instead of the exact solution a $z^{(i)} = 0$ and $\lambda_{ij} = 0, i < j$ approximation is applied. The simulation results shown below.

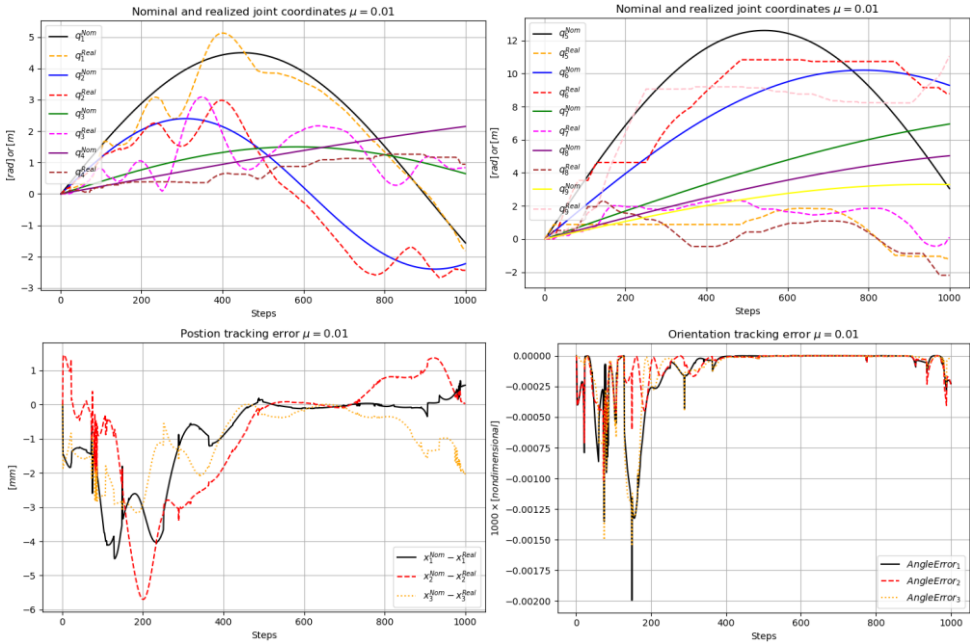


Figure 5. Solution of the inverse kinematic task using Gram-Schmidt orthogonalization

Figure 5. shows that using Gram-Schmidt orthogonalization for the solution of the inverse kinematic task, a precise trajectory tracking could be achieved. Although it is important to mention

this solution is not an optimal one. Some optimality was introduced using the vector with greatest norm at each step of the reduction. However, this made the joint trajectory dynamically untrackable as the graphs of the joint coordinates are not smooth, which means a sudden change in the first derivative, when the order of reduction changed. (Similar problems also arise in the case of the SVD-based solution when a small singular value is omitted in the matrix inversion.) This problem could be easily evaded using the same reduction order at each step. Also, relatively higher error can be observed especially in orientation tracking, compared to the previous methods, however these errors are still in the acceptable range.

2.4 Fixed Point Iteration-based Solution

Robust Fixed Point Transformation-based control was introduced in 2009 [19] as an alternative to Lyapunov-function based adaptive control design. In 2016 a Fixed Point Iteration-based solution was elaborated for the inverse kinematic task [20]. It was introduced as a matrix inversion free quasi differential solution. The basis of the idea is that if we have a non-linear, differentiable real function $f: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^n, f(q) = x$, and we need to find the independent q solution for a given x . The problem can be transformed to a fixed point iteration problem, using a differentiable $F: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^n$ function which has an attractive fixed point $F(\xi_*) = \xi_*$. The iterative sequence can be generated as [21]:

$$q_{i+1} = \left[F(A\|f(q_i) - x\| + \xi_*) - \xi_* \right] \frac{f(q_i) - x}{\|f(q_i) - x\|} + q_i \quad (17)$$

In eq. (17) A is called the adaptive parameter. From above equation it can be seen that, if $q_k = q_*$ and $f(q_*) = x$, $q_{i+1} = q_*$, that means that if q is the solution of our task, it is also the fixed point of the function. The convergence of iteration can be proven using a simple approximation of eq. (17) based on first order Taylor-polynomial [22].

$$F(A\|f(q_i) - x\| + \xi_*) \approx F(\xi_*) + \left. \frac{dF}{d\xi} \right|_{\xi_*} A\|f(q_i) - x\|, \quad (18)$$

$$f(q_i) = f(q_* + q_i - q_*) \approx f(q_*) + \left. \frac{\partial f}{\partial q} \right|_{q_*} (q_i - q_*). \quad (19)$$

The convergence of the iteration can be ensured by the right parameter setting of A , which also effect the speed of the convergence. If the selected value for A is too small then the convergence will be very slow.

However, if in eq. (19) the $\left. \frac{\partial f}{\partial q} \right|_{q_*}$ is substituted with the Jacobian of the manipulator, the equation

cannot be solved due to matrix dimension issues (the Jacobian for redundant manipulators is not quadratic). To resolve this issue in [20] a simple approximation was suggested, as $\hat{x} \triangleq J(q)^T x = J(q)^T f(q)$. Using the Taylor expansion shown in eq. (19), the following approximation can be made,

$$\begin{aligned} J(q)^T f(q) &\approx J(q)^T \left[f(q_*) + \left. \frac{\partial f}{\partial q} \right|_{q_*} (q - q_*) \right] = \\ &= J(q)^T f(q_*) + J(q)^T J(q_*) (q - q_*) = \hat{x} + J(q)^T J(q_*) (q - q_*) \end{aligned} \quad (20)$$

Since in the inverse kinematic task the “home position” of the robot is always known, in the first point we are just in the fixed point, and if we apply only small steps to calculate the next point, in eq. (20) we can apply the approximation $J(q)^T J(q_*) \approx J(q)^T J(q)$, that is exactly positive semidefinite, since we always are in the close vicinity of the fixed point.

Such a solution method has a very promising aspect, that using fixed point iteration the matrix inversion can be completely evaded, which is very useful property near singularity. The simulation results shown below.

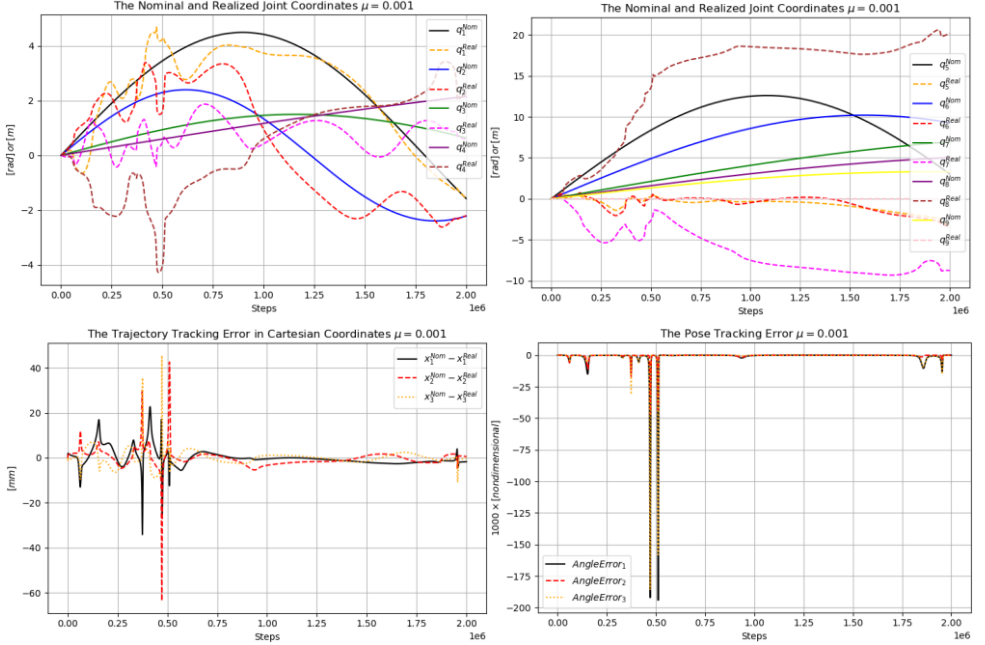


Figure 6. Solution of the inverse kinematic task using Fixed Point Iteration

Figure 6. shows, that for the Fixed Point Iteration-based solution higher tracking errors occurred (especially near singular configurations) as the convergence depends on the eigenvalues of the Jacobian. Although the singularities were automatically handled, the single adaptive parameter (A), which affects the convergence globally does not make this solution flexible enough for many applications. Furthermore, this method has very high computational demands. For all the other simulation methods in this paper 1000 steps (with 5ms time resolution) were used to solve the inverse kinematic task, for the Fixed Point Iteration-based method $2 \cdot 10^6$ steps were required to achieve fine enough time resolution ($0,25 \cdot 10^{-6}s$) for the proper convergence. This high time resolution could not be achieved any hardware, which makes it impossible to use this method in a real time application. So due to its high computational needs this method could be used mainly for offline applications.

3 Conclusion

In this paper different solution methods of the inverse kinematic task of redundant robot manipulators were investigated through simulation programs written in Julia language. The Moore-Penrose pseudoinverse-based solution showed nice tracking properties with low tracking errors. To deal with kinematic singularities the Levenberg-Marquardt constant was used, and the task was deformed in the full range. However, still very low tracking error could be achieved as the μ constant was selected, to be much lower than the smallest eigenvalue of J in the normal, not singular region. Nice tracking could be achieved using Singular Values Decomposition also. In this case the singularities were treated locally, the task was deformed just near singular configurations. Only slight increase in the tracking error could be observed. Using SVD method the cost function minimization could be avoided. Compared to the previous methods the Gram-Schmidt orthogonalization based solution offers matrix inversion free, recursive solution for the inverse

kinematic task. However, this solution is not an optimal one. The solution could be somewhat optimized if in each step of the reduction, during orthogonalization, the vector with the greatest norm was chosen, but this made the joint trajectory dynamically untrackable as the graphs of the joint coordinates were not smooth, which means a sudden change in the first derivative, when the order of reduction changed. This problem could be easily evaded using the same reduction order at each step. The kinematic singularities were treated like in the SVD-based solution, as near singular configurations, instead of the exact solution an approximate one was implemented. Using Gram-Schmidt orthogonalization-based solution, higher tracking error could be observed, however it was still acceptable. The Fixed Point Iteration-based solution of the inverse kinematic task offers a matrix inversion free, quasi differential solution, which handles the kinematic singularities automatically. However, using this solution method higher tracking errors occurred (especially near singular configurations) as the convergence depends on the eigenvalues of the Jacobian, the single adaptive parameter does not make this solution flexible enough for many applications. Furthermore, the Fixed Point Iteration-based method was characterized by high computational needs, so it could be used mainly for offline applications. To be able to widely use this method further investigation should be done to reduce the computational needs. In summary traditional methods (Moore-Penrose Pseudoinverse and SVD) showed better tracking properties. Finally it can be noted that by the involvement of standard noise filtering techniques the abrupt changes in joint velocities can be considerably reduced that makes it actual to investigate the applicability of the solutions based on SVD and the Gram-Schmidt algorithm.

4 References

- [1] Khalil, W., & Dombre, E. (2004). Modeling, Identification and Control of Robots (Kogan Page Science Paper Edition). Butterworth-Heinemann.
- [2] Denavit, J., & Hartenberg, R. S. (1955). A Kinematic Notation for Lower-Pair Mechanisms Based on Matrices. *Journal of Applied Mechanics*, 22(2), 215–221. <https://doi.org/10.1115/1.4011045>
- [3] Khalil, W., & Kleinfinger, J. (1986). A new geometric notation for open and closed-loop robots. *Proceedings. 1986 IEEE International Conference on Robotics and Automation*. <https://doi.org/10.1109/robot.1986.1087552>
- [4] Bezanson, A. Edelman, S. Karpinski, and V.B. Shah. Julia. <https://julialang.org>. Last time visited: 5 May 2019.
- [5] Yoshikawa, T. (1984). Analysis and Control of Robot Manipulators with Redundancy. In M. Brady & R. Paul (eds.), *Robotics Research The First International Symposium* (p/pp. 735--747), : MIT Press.
- [6] Maciejewski, A. A., & Klein, C. A. (1985). Obstacle Avoidance for Kinematically Redundant Manipulators in Dynamically Varying Environments. *The International Journal of Robotics Research*, 4(3), 109–117. <https://doi.org/10.1177/027836498500400308>
- [7] Whitney, D. (1969). Resolved Motion Rate Control of Manipulators and Human Prostheses. *IEEE Transactions on Man Machine Systems*, 10(2), 47–53. <https://doi.org/10.1109/tmms.1969.299896>
- [8] Lagrange, J. (2009). *Mécanique Analytique* (Cambridge Library Collection) (French Edition) (1st ed.). Cambridge University Press.
- [9] Ben-Israel, A., & Greville, T. N. E. (2006). *Generalized Inverses*. Springer Publishing.

- [10] Levenberg, K. (1944). A method for the solution of certain non-linear problems in least squares. *Quarterly of Applied Mathematics*, 2(2), 164–168. <https://doi.org/10.1090/qam/10666>
- [11] Marquardt, D. W. (1963). An Algorithm for Least-Squares Estimation of Nonlinear Parameters. *Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics*, 11(2), 431–441. <https://doi.org/10.1137/0111030>
- [12] Golub, G., & Kahan, W. (1965). Calculating the Singular Values and Pseudo-Inverse of a Matrix. *Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics Series B Numerical Analysis*, 2(2), 205–224. <https://doi.org/10.1137/0702016>
- [13] Yoshikawa, T. (1985). Manipulability of Robotic Mechanisms. *The International Journal of Robotics Research*, 4(2), 3–9. <https://doi.org/10.1177/027836498500400201>
- [14] Yoshikawa, T. (1985). Dynamic Manipulability of Robot Manipulators. *Transactions of the Society of Instrument and Control Engineers*, 21(9), 970–975. <https://doi.org/10.9746/sicetr1965.21.970>
- [15] Maciejewski, A. A., & Klein, C. A. (1989). The Singular Value Decomposition: Computation and Applications to Robotics. *The International Journal of Robotics Research*, 8(6), 63–79. <https://doi.org/10.1177/027836498900800605>
- [16] Gram, J.P. (1883). Ueber die Entwicklung reeller Functionen in Reihen mittelst der Methode der kleinsten Quadrate. *Journal Für Die Reine Und Angewandte Mathematik (Crelle's Journal)*, 1883(94). <https://doi.org/10.1515/crll.1883.94.41>
- [17] Schmidt, E. (1989). Zur Theorie der linearen und nichtlinearen Integralgleichungen. *Teubner-Archiv Zur Mathematik*, 190–233. https://doi.org/10.1007/978-3-322-84410-1_3
- [18] Tar, J. K., Nádai, L., Felde, I., & Rudas, I. J. (2015). Cost Function-Free Optimization in Inverse Kinematics of Open Kinematic Chains. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 137–145. https://doi.org/10.1007/978-3-319-21290-6_14
- [19] Tar, J.K., Bitó, J.F., Nádai, L., & Machado, J.A. (2009). Robust fixed point transformations in adaptive control using local basin of attraction. *Acta Polytechnica Hungarica*, 6, 21-38.
- [20] Csanadi, B., Tar, J. K., & Bito, J. F. (2016). Matrix inversion-free quasi-differential approach in solving the inverse kinematic task. *2016 IEEE 17th International Symposium on Computational Intelligence and Informatics (CINTI)*. <https://doi.org/10.1109/cinti.2016.7846380>
- [21] Dineva, A., Tar, J. K., Varkonyi-Koczy, A., & Piuri, V. (2016). Adaptive control of underactuated mechanical systems using improved “Sigmoid Generated Fixed Point Transformation” and scheduling strategy. *2016 IEEE 14th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMi)*. <https://doi.org/10.1109/sami.2016.7423006>
- [22] Dineva, A., Tar, J. K., Varkonyi-Koczy, A., & Piurix, V. (2015). Generalization of a sigmoid generated Fixed Point Transformation from SISO to MIMO systems. *2015 IEEE 19th International Conference on Intelligent Engineering Systems (INES)*. <https://doi.org/10.1109/ines.2015.7329694>

Magyar szekció / Hungarian section



Projektmenedzsment szerepe a kiberhadviselésben, a mesterséges intelligencia támogatásával

The role of project management in cyber warfare with the support of artificial intelligence

¹Dobos Oszkár, ²Dr. habil. Csiszárík-Kocsir Ágnes

¹*Express Innovation Agency, Budapest, Magyarország, dobos.oszkar@xiagency.hu*

²*Óbudai Egyetem, Keleti Károly Gazdasági Kar, Budapest, Magyarország, kocsir.agnes@uni-obuda.hu*

Összefoglalás

A kibertérben nagyszámú szereplő és technológia létezik, ami a civil társadalomhoz tartozik. Az infokommunikációs szektor szakemberei, alkalmazott és K+F+I projektek eredményeként létrejövő technológiai szerves és megkerülhetetlen részét képezik a kibertérnek. Az aszimmetrikus vagy hibrid hadviselés egyértelműen kiterjed a civil szektorra, ezért érdekes kérdéseket vet fel, ennek a kapcsolatnak a fordítottja. Milyen szerepe van a civil szakembereknek és technológiáknak a kiberhadviselésben? A kérdés szűkítve a cikk témája, milyen szerepe van a projektmenedzsereknek és módszertanoknak a kiberhadviselésben és a mesterséges intelligencia ezt hogyan tudja támogatni?

Kulcsszavak: projektmenedzsment, kiberhadviselés, mesterséges intelligencia

Abstract

In cyberspace, there are a large number of actors and technologies that belong to civil society. The ICT sector's professionals, applied and R&D&I project technologies are an integral and inescapable part of cyberspace. The asymmetric or hybrid warfare clearly extends to the civil sector and therefore raises interesting questions about the reverse of this relationship. What is the role of civilian professionals and technologies in cyber warfare? Narrowing the question to the topic of this study, what is the role of project managers and methodologies in cyber warfare and how can AI support this?

Keywords: project management, cyber warfare, artificial intelligence

1 Bevezetés

A jelen írás célja megállapítani, projektmenedzsmentnek van-e szerepe a kiberhadviselésben. Amennyiben van, a projektmenedzsmentet milyen mértékben támogatja a mesterséges intelligencia a hatékony működésben a kiberhadviselés területén?

Azt gondolom, az infokommunikációs szektor megelőzte a védelmi ipart, de legalábbis utolérte a K+F+I projektek területén. Ez természetszerű, ugyanis a globális szakember hiány, és a tőkeigényes fejlesztések is oda koncentrálnak a magas hozzáadott értékű K+F+I tevékenységet, ahol nagyszámú magasan képzett szakember és megfelelő finanszírozási lehetőség áll rendelkezésre. Ezek természetesen a globális technológiai cégeknél találhatóak meg együtt, ugyanis ezeknek a szervezeteknek elemi érdeke a folyamatos fejlesztés, minél nagyobb verseny előny megszerzése és egyre magasabb piaci penetráció elérése. Ennek eredménye a technológiai fejlődés mára szinte

felfoghatatlan üteme és a globális termékek szolgáltatások széleskörű elterjedése. Ezek lehetővé teszik civil lakosság belépését és aktív szereplővé válását kibertérbe. A digitalizáció hatására, a globális szolgáltatások az egyéb gazdasági, politikai szereplőket is becsatornázzák a kibertérbe, így civilek által birtokolt és üzemeltetett kritikus infrastruktúra és kritikus információs infrastruktúra is része lesz a hálózatnak.

Jelen munkánkban először azt fogom bizonyítani, hogy a kiberhadviselés jelentős része a civilszektorban zajlik, nem csak a civil célpontokon, hanem a szakembereken keresztül, akik aktív szerepet vállalnak ebben a tevékenységben. Az IKT szektor struktúráján bemutatom a projektmenedzsment szerepét a szektor működésében, ezáltal a kiberhadviselés érintett területein. Bemutatom az IKT technológiákat és a mesterséges intelligenciához való kötődésüket. Megvizsgálom a jelenleg leggyakrabban használt projekt módszertanokat a mesterséges intelligencia jelenlegi és lehetséges alkalmazása szempontjából.

2 Kiberhadviselés értelmezése elhelyezése

A kiberhadviselés bemutatásához és a projektmenedzsmenttel való összekapcsolásához, először a kibertér definiálását, valamint jellemzését tartom szükségesnek.

Számos definíció és történeti áttekintés elérhető a kibertér leírására, ezek közül néhányat említünk csak meg, amelyeket magam is meghatározónak tartok, valamint a jelenlegi tudásunk és ismereteink alapján gyakorlatban és tudományosan is alkalmazhatónak gondolok. Ezért jelen cikkben azokat a modern megközelítéseket mutatom be, amelyeken keresztül szemléltetem a kiberhadviselés kapcsolatát a civilszektorral, valamint a projektmenedzsmenttel.

Haig Zsolt részletes, összegzett definíciója jó kiindulása jelen munkának, miszerint „a kibertér az ember által mesterségesen létrehozott, dinamikusan változó tartomány, amelyben az információ gyűjtését, tárolását, feldolgozását, továbbítását és felhasználását végző, egymással hálózatba kapcsolt és az elektromágneses spektrumot is felhasználó infokommunikációs eszközök és rendszerek működnek, lehetővé téve ezzel az emberek és a különféle eszközök közötti folyamatos és globális kapcsolatot. A fenti meghatározás eleget tesz:

- *az emberek közötti új típusú kapcsolati igényeknek*
- *az IoT-eknek megfelelően akár a fizikai eszközök összekapcsolhatóságának, valamint*
- *az elektromágneses spektrum használatára vonatkozó elvárásoknak is.*”

Nagy hangsúlyt fektet az információra, mint kibertér elemi hajtóerejére. Jól leírja a technológiai és logikai kapcsolatot gép-gép, ember-ember és ember-gép között, valamint az információ áramlást ezeken kapcsolatokon keresztül, vagyis a virtuális dimenziót. A leírás rámutat a hálózatosodásra, mely a mai tudás és technológia alapú világ feltétele [1].

Ezt a gondolatot továbbfűzve és erősítve Kovács László féle megközelítésre érdemes még kitérni, ami szintén a modern IKT kornak megfelelő nézőpontot sugall. Kovács szerint a kibertér egy gyűjtőfogalom melybe minden beletartozik, ami az információval érintkezik, vagyis a folyamatok, azok szereplői, technikai és szoftver eszközei, az érintett rendszerek és mindezek direkt módon vagy indirekt kapcsolattal, de számítógép-hálózatra vannak kötve [2].

A két meghatározást összegezve kibertér alatt minden olyan elemet, eszközt, folyamatot, rendszert, tevékenységet, szereplőt értek melyek hálózatba vannak kötve és direkt vagy indirekt módon kapcsolódnak az adatok és/vagy az információ előállításához, feldolgozásához, átalakításához, szállításához, tárolásához vagy éppen a felhasználásához.

A definíció szerinti hadviselésre e cikk keretein belül nem térek ki, mert a kibertérnek és virtuális világnak, az egyik ismérve, hogy teljesen elmossa a határokat azokon a területeken, melyek e tevékenység meghatározó paraméterei. Így az idő, tér és szereplők dimenzióiban nem határozható

meg pontosan a háború és a béke.

Szereplőket tekintve a kibertérben történő hadviselésben, legyen szó védelemről vagy ellentevékenységről a végrehajtók és az elszenvedők, vagyis célpontok sem szükségszerűen katonai vagy hadászati szereplők. Határozottan kijelenthetjük, a kibertérben lévő potenciális célpontok nagyobb része civil, gazdasági vagy politikai területen azonosítható. A kritikus infrastruktúra, illetve kritikus információs infrastruktúra elemei, a közösségi média rendszerek vagy a nagy tömegeket érintő események: választások, sportrendezvények mind olyan magas kockázatnak kitett részei a kibertérnek, amelyek nem tartoznak egy ország haderejébe. Ezért a NATO értelmezésében is fontos szerepe van a civileknek és a civil katonai együttműködésnek, a kibertéri műveletekben. A közös tevékenységet többek közt közös kompetencia építéssel és képességfejlesztéssel is kiegészíti [3].

Az idő horizonton is elmosódik a határ és nem lehet különválasztani a háborút vagy hadiállapotot a békétől, ugyanis a kibertér jellemzője, hogy akár a kártékony szoftver robotok miatt, akár a humán műveletek miatt bármikor sor kerülhet kiberincidensre, így támadásra és védekezésre egyaránt. A kognitív műveletekkel, internetes technikákkal elérhető civil lakosság minden percben potenciális célpont.

A helyszín az előzőek analógiájára szintén nem elkülöníthető vagy körülhatárolható a háború övezet, vagy a konkrét műveleti terület. Ami a kibertérben van, vagyis hálózatra van kapcsolva a hálózat minden pontjáról elérhető földrajzi helyszíntől vagy távolságtól függetlenül.

A fent leírtakat összegezve, a kiberhadviselés értelmezése, a kibertér sajátosságait figyelembe véve, egy időben és térben állandó tevékenység, melynek mindenki a szereplőjévé válik, aki direkt vagy indirekt módon csatlakozik az információs hálózathoz. A tevékenység alatt Kovács Lászlóhoz csatlakozva, a kibertéri védelem mellett katonai, politikai, gazdasági célzattal végrehajtott tudatos cselekedetet értek.

Értelmezésem szerint azért indokolt a hadviselés szó használata, mert ezen tevékenység nemzeti érdekek mentén és adott esetben nemzetek érdekeit, biztonságát veszélyeztetve történik. E gondolatmenetet kiegészíti, teljessé teszi az a tény is, miszerint a NATO a 2016-os Varsói csúcson a kibertert az ötödik hadszíntérként azonosítja [4].

A hadviselés magában foglalja a támadó és védelmi eszközök használatát, ez esetben a kiberfegyverek és kibervédekezéshez szükséges eszközöket. Tehát nem a fizikai dimenzióban működő, a valódi eszközök hatásmechanizmusához hasonló tárgyakra kell gondolnunk, hanem olyan szoftver- és hardvereszközökre, valamint ezek kibertéri alkalmazására, amelyekkel a kijelölt célpontok számára valamilyen mértékű kár okozható [5]. Közvetve ez a kár természetesen lehet fizikai, anyagi, kognitív, de összességében először mindig valamilyen információ és azzal való művelet a cél. Tekintve, hogy e publikáció célja a civil fejlesztésekben szereplő projektmenedzserek szerepe a kiberhadviselésben, ezért esetünkben célszerűbb a kiberhadviselés információval kapcsolatos területeire fókuszálni, ezért vizsgálom az IKT szektor kapcsolódását a kiberhadviseléssel.

3 IKT és a kiberhadviselés

A kibertér definíciója jól mutatja a kapcsolatot az infokommunikációs iparral, gondoljunk csak a hálózatokra, kiemelve az internetet, az információval való műveletekre, a szereplőkre, az IoT elvre, vezeték nélküli kommunikációra. Tekintve, a kiberhadviselés környezete a kibertér, a közvetett kapcsolat már így is bizonyítható a kiberhadviselés és az IKT között. A kiberhadviselés értelmezésével közvetlen kapcsolatok is bizonyítást nyernek, ezért tartom szükségesnek röviden erre is kitérni. Az infokommunikációs szektorra és a civil felhasználásra koncentrálva a kiberhadviselés bizonyos kiberműveleti képességeit vizsgáljuk csak.

- Számítógép-hálózati műveletek

- Megtévesztés
- Pszichológiai műveletek
- Civil-katonai együttműködés
- Tömegtájékoztató [1]

A számítógép-hálózati műveletek alatt a hálózat fizikai és logikai rétegével való műveleteket értjük. Célpontjai a hálózat elemei, szoftverek, hardverek, adatbázisok. A hálózaton végzett felderítés, támadás, védekezés és az adatmanipulálások tartoznak ide.

A megtévesztés alá tartozik bármilyen nem valós információ közlése, ezek lehetnek fizikai megtévesztés, elektronikai vagy szoftveres, de akár pszichológiai pl social engineering is. A megtévesztés a kibertér minden rétegében lehetséges.

Pszichológiai műveletek kifejezetten az emberekre hatnak, valamilyen befolyásolás, együttműködés vagy kapcsolattartás. Ez jelenthet bármilyen kommunikációs csatornát, ami a kibertérben található.

A civil katonai együttműködés a pszichológiai műveletekhez közel álló képesség. Eszközöket technikákat alkalmaz, a civil lakosság és az igazgatási szervek közti kommunikációra.

Tömegtájékoztató kifejezetten az információ tömegekhez való eljuttatását célozza. Tájékoztató interneten, közösségi médián, hírportálokon keresztül.

A felsorolt kiberművelési információk képességek természetesen a kibertérben valósulnak meg, de belátható, hogy az IKT szervezetek termékein, szolgáltatásain keresztül fejtik ki hatásukat, sőt sok esetben azok maguk a célpontok is.

4 Kibertér technológiai, fejlődése

Az összes jelenlegi és előre jelezhető technológia bemutatása fizikai keretek miatt és a dinamikus IKT szektor miatt sem lehetséges, ezért azokra a területekre fókuszálunk, amelyek legjobban mutatják az IKT és a civilek szerepét a kiberhadviselésben, valamint természetesen a mesterséges intelligenciához kapcsolódóakra.

A teljes digitalizáció és adatgyűjtés alapja világháló, vagy internet. Ez teszi gyakorlatilag lehetővé a kibertér ilyen mértékű kiterjedtségét, valamint az információ gyors és hatékony megosztását. Bár az internet, nem polgári célra készült mára már az infokommunikációs piac megkerülhetetlen eszköze. Fő céljai és tulajdonságai:

- nincs egy központi irányító, felügyelő szervezet sem,
- nincs egy központi vezérlő számítógép sem,
- számítógépek milliárdjai kapcsolódnak egymáshoz,
- nem egy fizikailag jól definiálható helyszínen található,
- nem egy fizikailag megfogható dolog [6].

Fontos az internet szerepe a hálózatosodásban, valamint az arra épülő technológiákban. Az adatfeldolgozásban és továbbításban ezért azon területeken is, amelyek erre építenek például a gépi tanulás vagy a mesterséges intelligencia.

Az internetre épülő technológiák közül a hálózatosodás egy következő szintjét a felhő technológia adja. A sávszélesség növekedésével lehetőség nyílt egy új megközelítésre. Nem a hálózatra kapcsolt eszközökön kell az adatokat tárolni és feldolgozni, hanem egy központi helyen a hálózaton. Ez egy fontos szemléletváltás, mert alapjaiban változtatja meg a digitális működést, lehetővé teszi a komplex adatfeldolgozást, egymástól független rendszerek összekapcsolását. További előnye a felhasználók számára a skalázhatóság. Mindig annyi erőforrást használ, amennyire szüksége van, így a használt eszközöknek nem szükséges szélsőségesen magas kapacitás a ritkán

esedékes teljesítmény csúcsok kielégítésére. Az információk és szolgáltatások több eszköztől is elérhetőek, nem szükséges eszközönként többszörösíteni.

A tech cégek az IKT szektorban folyamatosan K+F+I projektekkel fejlesztik a meglévőkre épülő új technológiákat. A felhő alapú számítástechnika és az egyre fejlődő mobilkommunikáció szemben az eddigi okos eszközök hálózatával, lehetővé teszi szinte minden elektronikai eszköz hálózatba kapcsolását, majd távolról való felügyeletét vagy akár irányítását. Eszerint megfordul a feltétel iránya és a hálózatra kapcsolás alakít át okos eszközzé bármit. Ezt hívjuk Internet of Things-nek (IoT). Az IoT-nél sok esetben tényleg minden a felhőben történik az információval. A hálózatra kapcsolt eszközben mindössze egy szenzor és egy hálózati kapcsolatot lehetővé tevő mikrocsip található. Ez a kibertér vonatkozásában fontos mérföldkövet jelent, a valós fizikai világ nagy része a szenzorokon keresztül adatokká alakítható, így a kibertérbe kerül. Az IoT technológia képezi az alapját a teljes okos ökoszisztémának, például az okosvárosoknak, okosotthonoknak, okosautóknak és azok tovább fejlesztésének az összekapcsolt járműveknek (connected vehicle) valamint az így létrejövő önvezető jármű technológiának.

Ez hatalmas mennyiségű adatot jelent, amely az infokommunikációs technológiák térhódításával exponenciálisan növekszik. A Cisco 2018-2023-as előrejelzése szerint az internet felhasználók száma 3,9 milliárdról 5,3 milliárdra fog növekedni és ennél is több hálózatra kapcsolt eszköz lesz elérhető 18,4 milliárdról 29,3 milliárdra fog növekedni a számuk [7]. Ez természetesen magával vonja az adatmennyiség növekedését is az egy évvel korábbi előrejelzés alapján, 2017-től 2021-ig a személyes adatforgalom 13 Gbyte-ról 35 Gbyte-ra fog emelkedni [8]. Az alkalmazott klasszikus adatfeldolgozási módszerek, strukturált adatbázisok nem alkalmasak ilyen mennyiségű és, ami még fontosabb ilyen komplexitású adathalmazok feldolgozására, ezért egy újabb technológiai fejlődés van folyamatban, melyet bigdata-nak nevezünk. A bigdata az eddigi adatműveletektől eltérően működik, a hálózatra kapcsolt eszközön, szenzoron nincs adatfeldolgozás, ez a felhőben történik, ahol hatalmas mennyiségű adat gyűjtése és összekapcsolása megy végbe. Majd az ugyancsak hatalmas erőforrású szervereknek van megfelelő kapacitása a végpontokon kiadott műveletek végrehajtására. Ez a felhő alapú számítástechnika előnyei mellett lehetőséget ad egymástól teljesen független adatok összekapcsolására, ezáltal az információ eddig nem használt vagy nem is ismert módon való felhasználására, vizualizációjára.

Az eddig bemutatott technológiák lehetővé teszik az adatok gyűjtését, átalakítását, és feldolgozását. A digitalizációnak, IoT és szélessávú kommunikációs technológiának köszönhetően, olyan mennyiségű adat halmozódik fel, melyet korábbi módszerekkel nem lehet, vagy csak nagy hatékonyságvesztéssel feldolgozni. Ennek a megoldására irányuló trend a big data. Ezzel karöltve egy másik nagyon fontos technológia a mesterséges intelligencia (MI) is előtérbe kerül. Az MI arra hivatott, hogy automatikusan emberi beavatkozás nélkül tudjon a feladatokat elvégezni. Az első hullámban emberi tudást és képességeket tanítanak meg a szoftvereknek, paraméterezik azokat, és bizonyos információk visszajelzések alapján adott környezetben összetett feladatokat, kvázi döntéseket is el tudnak végezni a gépek. Az elmúlt néhány év adatintenzív működése a kutatásokat egy az elsőnél dinamikusabb, adaptívabb irányba terelte. Ez azt jelenti, hogy a historikus adatokból készített döntések és előrejelzések mellett, valós idejű a környezetből kapott információk alapján is tudnak működni ezek az algoritmusok. A legújabb kutatások eredményei ezen túlmutatva, az MI-t felruházzák a tanulás képességével. A gépi tanulás (machine learning), lehetővé teszi a bejövő adatok elemzése során értékelt eredmények beépítését a további működésbe, vagyis a működés fejlesztését más szóval a tanulást. Ez jelenleg egy komplex és bonyolult művelet, nagyon nagy mennyiségű adat szükséges hozzá, ami sok esetben nem is áll rendelkezésre ezért szintetikus adatokat állítanak elő, ami igazán drágítja és növeli a tanulás időtartamát [9].

A bemutatott, jelenleg is használt és széles körben elfogadott technológiák mellett, természetesen a jövő is az ezek és ehhez hasonló műszaki megoldások fejlesztéséről szól. Bár

Raymond Kurzweil által definiált technológiai szingularitás szerint, a jövő technológiáit nem tudjuk megmondani, mert eljutunk egy olyan pontra a fejlődésben, ahol a gyors ütem következtében nem tudjuk felfogni a holnap működését [10]. Mégis azért vannak becslések, a különböző kutatóintézetek próbálnak trendeket meghatározni, amik mutatják a jövőt néhány éves távlatban. A Gartner kutatóintézet folyamatosan elemzi, és egy hype görbe segítségével határozza meg a trendeket. A legfrissebb elérhető 2019-es hype görbéje öt területet azonosít, melyek közül csak az MI-vel kapcsolatosokra térünk ki részletesebben:

- Szenzorok és mobilitás: ez a trend olyan technológiákat tömörít, amelyek egyre inkább lehetővé teszik a mobilitást és a hozzátartozó eszközök kezelését, beleértve a 3D érzékelő kamerákat és a fejlettebb autonóm vezetést. A szenzorok és az AI fejlődésével az autonóm robotok tudatosabban működnek az őket körülvevő környezetben. Például az olyan új technológiák, mint a könnyű szállító drónok (mind repülő, mind guruló) fejlettebben fognak navigálni és figyelembe venni a tárgyakat. Ezt a technológiát jelenleg akadályozza a jogi környezet, de a műszaki fejlesztés tovább folytatódik. Az ide tartozó technológiák: felhő alapú kiterjesztett valóság (AR), önzetetés negyedik és ötödik szintje valamint a repülő önzetető járművek.
- Emberi robottechnológiák a trend az ember fizikai és pszichológiai képességeit hivatott fejleszteni biochippel és érzelmi mesterséges intelligenciával.
- Poszt klasszikus számítás és kommunikáció: klasszikus vagy bináris számítástechnika, amely bináris biteket használ, a meglévő, hagyományos architektúrák megváltoztatásával fejlődik.
- Digitális ökoszisztémák, melyek a kibertér szereplőit összekötő megosztó platformok.
- Magas szintű mesterséges intelligencia (angolul: AI, magyarul: MI) és elemzések. A következő generációs elemzés az adatok vagy a tartalom autonóm vagy félig autonóm vizsgálata, kifinomult eszközök használatával, a hagyományos üzleti szempontokon túl. A gépi tanulási modellekre épülő technológiák lehetővé teszik az AI és azon keresztül az adatelemzések továbbfejlesztését. Ebbe a trendbe tartoznak az adaptív gépi tanulás, az AI, a grafikon elemzések [11].

Az előzőekben ismertetett új technológiák, fejlesztések az előnyök mellett fokozott kockázatot jelentenek, ugyanis biztosítják a teljes társadalom, és gazdaság bekapcsolását a kibertérbe.

5 Kiberhadviselés kiterjedése a civil szférára

A kiberhadviselés tevékenységei közé tartozik a felderítés és az ellentevékenység is természetesen, viszont a IKT szervezetek és polgári szakemberek oldaláról megközelítve indokolt a védelemre való szűkítése a vizsgálatnak, ugyanis, békeidőben jogellenes bármiféle felderítés vagy ellentevékenység.

A kibervédelem civil kötődésének bemutatásához a kritikus infrastruktúrát és kritikus információs infrastruktúrát is szükséges értelmezni, mint az ország szempontjából fontos ám civil üzemeltetésben levő szervezetek. Például a telekommunikációs cégek, bank szektor, média, közlekedés különös tekintettel a logisztikai ágra.

A nemzet biztonsága szempontjából kritikus infrastruktúra elemek. A 2012. évi CLXVI. tv. 1. §, f. pont a következőképpen határozza meg a kritikus infrastruktúrát:

„Meghatározott ágazatok valamelyikébe tartozó eszköz, létesítmény vagy rendszer olyan rendszereleme, amely elengedhetetlen a létfontosságú társadalmi feladatok ellátásához – így különösen az egészségügyhöz, a lakosság személy- és vagyónbiztonságához, a gazdasági és szociális közszolgáltatások biztosításához –, és amelynek kiesése e feladatok folyamatos ellátásának hiánya miatt jelentős következményekkel járna, de a digitalizáció, valamint az adatalapú társadalom

következményeképpen, kialakult a kritikus információs infrastruktúra is” [12].

A teljes felsorolás közlésére e publikációban nincs lehetőség, viszont az egyik főágazat és alágazatai fontos része a témának és nagy része ugyancsak civil területen működik:

1. táblázat

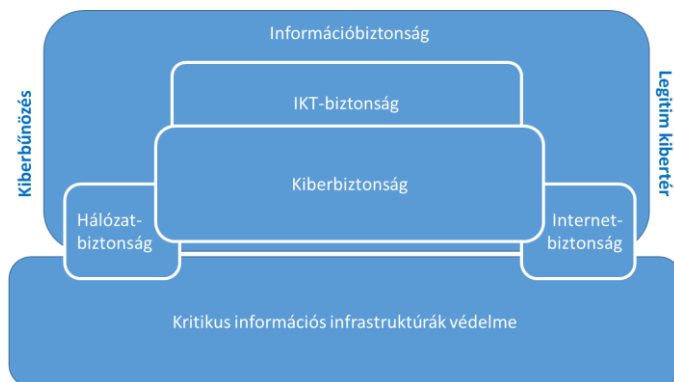
Infokommunikációs technológiák	internet-infrastruktúra és internethozzáférés-szolgáltatás
	vezetékes és vezeték nélküli elektronikus hírközlési szolgáltatások, vezetékes és vezeték nélküli hírközlő hálózatok
	rádiós távközlés
	űrtávközlés
	műsorszórás
	postai szolgáltatások
	kormányzati informatikai, elektronikus hálózatok

Forrás: 2012. évi CLXVI. tv. 1. §, f. pont – a szerző szerkesztése

A kritikus információs infrastruktúra egy következő évi kormányrendeletben került meghatározásra, a kritikus infrastruktúra-védelmi törvény végrehajtásáról szóló rendeletben.

„A társadalom olyan hálózatszerű, fizikai vagy virtuális rendszerei, eszközei és módszerei, amelyek az információ folyamatos biztosítása és az informatikai feltételek üzemfolytonosságának szükségességéből adódóan önmagukban létfontosságú rendszerelemek, vagy más azonosított létfontosságú rendszerelemek működéséhez nélkülözhetetlenek” [13].

Az említett rendszereken túl kiberbiztonság fontos, az IKT cégek termékeinél és szolgáltatásainál egyaránt, ugyanis magas internet penetráció miatt a polgárok mindenre kiterjedő adatai, és azon keresztül pl: vagyona így biztonsága is veszélyben van. Ezt tovább gondolva, a kibertér nélkülözhetetlen szereplői az IKT szervezetek és szakemberek, ezért fontos részét kell képeznie a kibervédelemnek. Alexander Klimburg véleménye szerint is az IKT szereplők szerves részét képezik az információ biztonságnak. A IKT cégek elfogadott és globálisan elterjedt termékei és szolgáltatásai egyúttal sérülékenységet is jelentenek. A világszerte használt termékek és szolgáltatások miatt egyetlen ország sem képes saját erőből, számára megbízható és kontrollálható forrásokból biztosítani a teljes IKT ellátási láncot. Azok a területek alapvetően kiemelt kockázatot jelentenek, ahol több beszállító termékét kell összeintegrálni, ezt még tovább növelik azok az esetek, ahol a szervezetek, vagy akár az adott ország számára megbízhatatlan vagy kontrollálhatatlan termékek is beépülnek. A lenti ábra jól mutatja az IKT biztonság szerepét az információbiztonságban [14].



1. ábra [14] – szerző szerkesztése

Tehát a legfőbb kapcsolata a kiberhadviselésnek és az IKT szektornak a kibervédelemben, a kiberbiztonság megteremtésében van. A kibervédelem fontos szerepet játszik, maguknál az infokommunikációs szervezeteknél, rendszereknél, mint

Az eddigiek összefoglalva bizonyítják, a kiberhadviselés számottevő része az IKT szektor civil részében zajlik. A civil szereplők az összes állampolgárra vetítve többségben célpontjai az kiberhadviselésnek, de a terület szakemberei fontos védelmi szerepben tűnnek fel. A védelemhez használatos modellek, hardver és szoftver eszközök fejlesztéséhez, ezek implementációjához, egymással való integrációjához, szervezetre történő testreszabásához, valamint adott incidensre való reakcióhoz és helyreállításhoz szükséges csapat:

- műszaki szakember, jellemzően több területről
- projektvezető
- üzleti elemző
- műszaki elemző/felelős
- egyéb szakember (egy-egy kérdésben szükséges lehet: jogi, gazdasági, politikai, kommunikációs kompetencia is)

Műszaki szakember és projektvezető a felsoroltak közül minden projektben szerepel, üzleti elemző, műszaki felelős és egyéb szakember pedig függ a projekt típusától, méretétől és a szervezet folyamataitól.

6 Projektmenedzsment és az MI az IKT szektorban

A mai szervezetek szervezeti struktúrája az IKT szektorban, általában kétféle. Az egyik a projekt szervezet, ami kifejezetten projekt alapon működik, ezért a projektek köré épül a szervezet is, azok vannak a működés középpontjában. A vezetés jellemzően management by project iskolát követi, ezért stratégiai szintre emeli projektmenedzsmentet, a teljes szervezet projektszemléletben dolgozik és teljes összhang van a projekt célok és vállalati célok (stratégiai célok közt). A projekten kívül a kollégák csak tréningeken, oktatásokon, illetve belső hatékonyságjavítási projekten vesznek részt. Jellemzően itt projekt után a munkavállalók bekerülnek egy úgynevezett erőforrás medencébe, ahonnan szabadon be lehet őket vonni egy induló vagy futó projektbe. Az informatikában ezt a modellt jellemzően, egyedi fejlesztésekkel, rendszerintegrációval, magas hozzáadott értékű K+F+I-vel, tanácsadással és bevezetésekkel foglalkozó szervezetek, valamint kutató laborok alkalmazzák.

A másik szervezeti forma a mátrix szervezet, ahol, ha egy mátrixot képzelünk el, az oszlopok a funkcionális egységek, a sorok pedig a projektek. Mind a funkcionális egységnek, mind pedig a projektnek van egy vezetője. A mátrix szervezetenél a funkcionális szervezeti egységben vannak

alappfeladatok, amelyeket el kell látni. A projektek pedig az egész szervezeten keresztül menve több funkcionális egységből épülnek fel. A projektek alkotják a sorokat a mátrixban. Ebben a szervezetben is fontos a projektszemlélet és a projekt működés ezért is kerülnek nevesítésre az ideiglenes szervezetek és a projektvezetők a struktúrában. A projektek közt a kollégák a saját szervezeti egységükben végzik az egység magtevékenységét. Ezt a modellt olyan nagy szervezetek alkalmazzák, amelyeknek a projekttevékenységen kívül van más folyamatos alaptevékenységük, szolgáltatásuk, termékük. Jellemzően ilyenek a multinacionális vállalatok, centralizált nemzetközi cégcsoportok, illetve a nagy állami szervezetek [15].

Az agilis módszertan elterjedésével, előtérbe kerül egy harmadik szervezeti struktúra, ami a projekt szervezetre hasonlít, viszont itt nem esik szét a projekt csapat egy feladat elvégzése után, hanem egyben marad és csapatként dedikálják a következő feladatra. Ez kifejezetten agilis, rugalmas környezetben lehetséges csak, ezért még kevesebb szervezet választja, ezek jellemzően kis-közepes fejlesztő cégek, vagy egy-egy saját termékkel rendelkező a vevői igényekre gyorsan reagálni kívánó szervezetek, pl start-up cégek, új technológiákkal foglalkozó innovatív fejlesztő vállalkozások

Mindkét fő szervezeti struktúra fókuszában a hatékony projektmenedzsment áll, működésük, munkájuk túlnyomó többsége projekt alapon zajlik. A szervezeti felépítés mellett ezen szervezetek professzionális, szervezeti szintű projektmenedzsmenttel erősítik a működésüket. Ahhoz, hogy ezt mérni és fejleszteni lehessen, meglévő módszertanokat használnak és mérik a szervezet érettségét, hol tart a fejlődésben.

A Project Management Institute (PMI) 2018-as felmérése szerint, a vállalatok 93%-a használ valamilyen standard projektmenedzsmentet [16]. A Price Waterhouse Coopers korábbi 2007-es felmérése is hasonlóan magas arányt mutatott ki, 77%-ban használnak a cégek, valamilyen dokumentált, egész vállalatra kiterjedő projektmenedzsment módszert [17].

Az érettségi modellek a projektmenedzsment különböző aspektusait nézik a szervezet működésének, különböző módszerekkel, melyek a továbbiakban kerülnek részletesebben bemutatásra a modellek leírásánál.

Paulk, a CMM(R) modell egyik kutatója így definiálja a PM fejlettséget: "egy specifikus folyamatot mennyire világosan definiálunk, menedzselünk, mérünk, ellenőrzünk, és az mennyire hatásos" [18]. SKUMOLSKI szerint a projektmenedzsment fejlettséget egyrészt, a szervezet projektmenedzsment felé irányuló fogékonysága, nyitottsága mutatja, másrészt azt is jellemzi, a szervezet mennyire képes teljesen támogatni és engedélyezni a projektmenedzsereinek, hogy megtegyék azokat a lépéseket, amik szükségesek a projekt sikerhez [19].

A következőkben, csupán a legelterjedtebb projektmenedzsment érettség modellek kerülnek bemutatásra, ugyanis Pennypacker a 2000-es évek elején, több mint 30 létező modellt gyűjtött össze, melyek száma azóta csak növekedett [20].

A három legismertebb és leghasználtabb projektmenedzsment modell jelenleg a PMI - OPM3, a PRINCE2 és az International Project Management Association (IPMA) modellje. Bemutatásra, azonban a PMI, Prince2 és CMMI modell kerül e publikáció során, ugyanis a CMMI kifejezetten IKT-beli fejlesztésekre jött létre ezért nagyobb relevanciája van megítélésem szerint, mint az IPMA modellnek és a kifejezetten IT területet vizsgálva a penetrációja sem kisebb megítélésom szerint.

A modellek bemutatása teljesség igénye nélkül történik, fókuszálva azokra a területekre, ahol tudnak vagy tudnának kapcsolódni a mesterséges intelligenciával.

6.1 PRINCE2

Létrehozásának fő oka az informatikai szervezetek projektjeinek irányítása volt, mára már egy jóval szélesebb körben elterjedt, szinte általános projektmenedzsment módszertanként tartják számon. Ez, a „de facto” szabványra épülő projektirányítási technika már nemcsak az Egyesült

Királyságban, hanem Európában is elterjedt és a gyakran használt módszertanok egyikévé vált [21].

A Prince2 a projektmenedzsment egy folyamat alapú megközelítése. Leírja, egy projektet hogyan lehet különböző, külön-külön irányítható folyamatokra osztani, amelyek mindegyikének jól meghatározott bemenete (ráfordítás), kimenete (eredmény) és célja van. A módszer alapja a minőségmenedzsment, ami lehetővé teszi a szervezet számára a folyamatos ellenőrzést a projekt kezdetétől egészen a lezárásig.

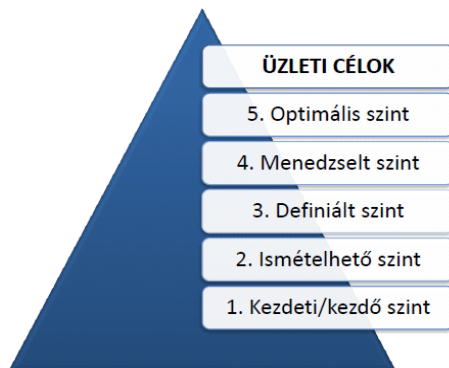
A Prince2 módszertan négy kulcsfontosságú része:

- 8 meghatározott folyamat, ami a projektmenedzsment keretét adja
- 8 alapelv és irányelv, amit a különböző folyamatok alatt használunk
- 3 módszer, ami a folyamatokat támogatja
- Az alkotóelemek pontos meghatározása a projekt ellenőrzése céljából

2. táblázat. A PRINCE2 kulcs elemei (Forrás: [21] saját szerkesztés)

<p>ALAPELVEK</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Business Case: a projekt létrehozásának oka 2. Szervezet: a projektszervezet és a felelősségi körök 3. Tervek: termékek, tevékenységek, források, költségek 4. Ellenőrzés: szakmai, minőség és a szintek menedzsmentje 5. Kockázat menedzsment: a kockázatok értékelése és kezelése 6. Minőség a projekt környezetben: a követelményeknek való megfelelés 7. Konfiguráció menedzsment: adminisztráció és termékkövetés 8. Változások kezelése: észlelés és reagálás a változásra 	<p>FOLYAMATOK</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Projektirányítás 2. Előkészítés 3. Projektindítás 4. Projektkezdet 5. Szakasz feltigyelet 6. Szakasz határok menedzselése 7. Projekt-termék menedzselése 8. Projektzárás
<p>TERMÉK- ÉS FELADATKÖR-LEÍRÁS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Termék leírása 2. Munkakörök leírása 3. Projekt ellenőrzési feladatok 	<p>MÓDSZEREK</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Termék központú tervezés: termék ismertetése, termék lebontás elkészítése, folyamatába 2. Minőség ellenőrzés: előkészítés, ellenőrzés, után követés 3. Változás-ellenőrzés: észrevétel, iktatás, vizsgálat, döntés

Amennyiben a szervezet ezt a módszertant választja, lehetővé teszi a vezetőinek és a projektmenedzsereinek a különböző projektek egyedi megközelítését. A Prince2 módszertan feltételezi, a szervezet már rendelkezik jól bevált projektmenedzsment technikával, így inkább azoknak a további felhasználására és fejlesztésére ösztönzi a résztvevőket. Maga a modell 5 érettségi szintet különböztet meg, melyek a következők:



2. ábra. A PRINCE2 érettségi modell szintjei (Forrás: [21]) (saját szerkesztés)

Az első két szinten vagy egyáltalán nem, vagy pedig nem határozottan jelennek meg a folyamatszabályozások, eljárásrendek, de az ad hoc feladatok végrehajtásánál nem veszik figyelembe azokat [21].

A definiált szinten elfogadott irányelvek léteznek a folyamatokra, eljárásokra, amelyek érvényesek az összes projektre. Szervezettől függően, akár mesterséges intelligencia használatáról vagy ahhoz kapcsolódó eszközökről szóló irányelvek is lehetnek.

A menedzselt és optimális szinten a legtöbb folyamat szabályozott keretek között működik, minden esetre vannak eljárásrendek. A szervezet itt már professzionális szinten végzi a projektmenedzsment feladatokat.

A PRINCE2 módszertan, egy hatékony operatív projektvezetést lehetővé tevő eszköz, elsődleges hangsúlyt nem fektet jelenleg a mesterséges intelligencia alkalmazására, vagy ahhoz kapcsolódóan bármilyen IT eszközre. Általános folyamatai szerint a projektmenedzser erős felhatalmazásával egyedi/egyéni fókuszot lehetővé tesz az MI alapú technikák vagy eszközök használatára, A módszertan keretei közt, ajánlások, jó gyakorlatok nincsenek külön dedikálva. A felépítéséből adódóan, a modell lényege sok és pontos adat a projektvezető rendelkezésére bocsátása. A digitalizációnak köszönhetően és az erős felhatalmazás miatt a módszertant használó szervezetek és projektvezetők gyorsan tudnak adaptálni AI logikát és támogatást akár futó projektekhez is.

6.2 CAPABILITY MATURITY MODEL INTEGRATION

A CMMI modellt alapvetően egy „hibrid” modellként lehet leírni, amely több érettségi modell erősségeinek beépítésével jött létre. A cél egy modell kidolgozása volt, amely segíti a folyamatok és termékek fejlesztését.

Két részből tevődik össze, tartalmaz egy szervezeti érettség vizsgálati részt, illetve egy folyamat érettségi részt. A szervezetre vonatkozó – úgynevezett lépcsőzetes rész - olyan szervezeti főfolyamatok csoportjait vizsgálja, amelyek tökéletesítése ahhoz szükséges, hogy a szervezet magasabb érettségi szintre léphessen. Az utóbbi terület a folytonos megközelítés, amely az egyes folyamatokra vonatkozóan képességi szinteket azonosít [22].

A CMMI modell esetén is 5 érettségi szintről beszélhetünk, minden szinten meghatározásra kerültek a kulcsfolyamatok. A megalkotói továbbá összegyűjtötték az alacsonyabb szinten lévő szervezetek számára azokat az eszközöket, amelyek segítik a magasabb szintre lépést.

szervezeti szabályzatok kialakítása

folyamattervezés

szabad erőforrások azonosítása és rendelkezésre bocsátása

felelősségi körök kialakítása

munkavállalók képzése

teljesítménymenedzsment alkalmazása a folyamatokon

a fontos stakeholder-k azonosítása és bevonása

a folyamatok megfigyelése és kontrollálása

fejlesztéshez szükséges információ összegyűjtése

A CMMI modell erősen folyamatorientált mivolta és integratív jellege előtérbe helyezi a szervezeti folyamatok, előírások szoros összefonódását a projektmenedzsmenttel, ezáltal elősegítve a szervezet által alkalmazott mesterséges intelligencia eszközök, jó gyakorlatok kiterjesztését a projektekre. Kevésbé fektet hangsúlyt ezek azonosítására, elemzésére ezáltal a szervezeti használaton túli lehetőségek rejtve maradnak a projektek előtt. A projektvezetőnek kisebb a felhatalmazása, kiforrott és tervezett folyamatok okán, ezért kevesebb lehetőségük van önállóan új a szervezet számára ismeretlen MI alkalmazások implementálására. A módszertan, a projektmenedzsment műszaki részére, a fejlesztési feladatokra fókuszál, a további területeket, folyamatokat pedig a szervezetből adoptálja.

6.3 ORGANIZATION PROJECT MANAGEMENT MATURITY MODEL – OPM3

A Project Management Institute célja egy „jó gyakorlat” forrás létrehozása volt, a projekt/program/portfólió menedzsment területén, mely szintén alkalmas a szervezet ezen képességeinek standardizálására és értékelésére. Az OPM3 is egy általános modell, ami bevezethető különböző iparágakban, méretekben és földrajzi helyeken.

A modell segítségével a felhasználók képesek lesznek megállapítani, melyik jó gyakorlat melyik területhez tartozik, ezáltal az elméletet egyből gyakorlattal is össze tudják párosítani, növelve a bevezetés hatékonyságát. Több száz esettanulmány áll rendelkezésre a szervezeti projektmenedzsment területén, mely megmutatja melyik speciális képességet szükséges és hogyan fejleszteni a kitűzött érettségi szint eléréséhez. Továbbá az OPM3 támogatja a szervezetet az önértékelésben. Ezekre az eredményekre, a szervezet stratégiai prioritizálására és erőforrásaira alapozva segít egy fejlesztési tervet készíteni. Ez a terv lehetővé teszi a szükséges projektmenedzsment képességek fejlesztését ezáltal előidézve egy magasabb érettségi fok elérését.

Az OPM3 alap összetevői [23]:

Jó gyakorlatok gyűjteménye

Képességek gyűjteménye

A megfigyelhető kimenetek

Kulcs teljesítménymutatók

Fejlesztési terv.

Az OPM3 felépítése [23]:

Standardizálás: ismételhető folyamatokat, tevékenységeket használ a szervezet.

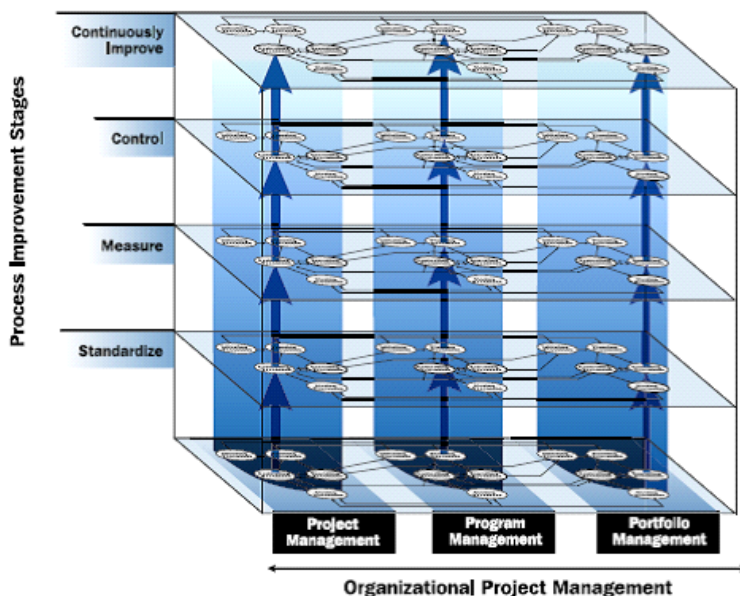
Mérés: a folyamatait, tevékenységeit és azok hatékonyságát tudja mérni.

Irányítás: a méréseket tudja elemezni, értékelni. Ezekre reagálni, ezáltal tudja szabályozni a kimenetet, vagyis a hatékonyságot.

Folyamatos fejlesztés: kialakult az igény a fejlődésre. Áttevődik a hangsúly a reaktív viselkedésről a proaktívra, a tapasztalt problémákat, teljesítményingadozást nem megoldani akarják, hanem megelőzni, kiiktatni.

Az érettségi szintek mellett definiált három irányítási szintet, amelyekből felépül a szervezeti szintű projektmenedzsment: projekt, program és portfólió. Ezen területeket felosztjuk a projekt öt életciklusára: azonosítás, tervezés, kivitelezés, monitoring és irányítás, zárás. Ebből tudjuk felrajzolni a szerkezetét az OPM3-nak.

Az említett jó gyakorlatok (nyilak) vezetnek végig az érettségi szinteken, melyeket a projekt életciklusára (karikák) bontottunk szét. A karikák tartalmazzák az adott szinthez szükséges képességeket (karikákon belüli pontok).



3. ábra. OPM3 struktúra (Forrás: [23])

6.4 OPM3 modell értékelése

A PMI modellje, gyakran hivatkozza meg a szervezeti szabályzókat és folyamatokat általánosságban, de nem nevesíti külön területként a mesterséges intelligenciát, mint érettségi vagy projektmenedzsment területet. Fontos azonban megemlíteni, hogy PMI a legújabb kutatásaiban nevesíti az MI-t, mint fontos és nélkülözhetetlen szervezeti képességet. [24] A működéshez, erős mátrix, vagy projektorientált szervezetet vesz alapul, ez nagyon erős felhatalmazást jelent a projektmenedzsment számára. Lehetőséget ad azonosítani olyan fejleszthető területeket vagy akár

projekt kockázatokat, amelyeknél megoldást jelenthet az MI alkalmazása. Ez azért lényeges, mert van jogosítványa a projekten belül erőforrást allokálni erre. Ez jelenthet szakembert, plusz időt bizonyos feladatokra, de akár anyagi erőforrást eszközökre vagy tréningre a kollégák számára. Tehát bizonyos fokú szabadsága van a projektmenedzsmentnek ebben a modellben, természetesen a megrendelői igényt és kockázat arányos ráfordítást figyelembe kell venni. Mindezek ellenére ez természetesen nem fenntartható módszer, ha minden projektben egyénileg szükséges bevezetni az MI-t, de a modell felépítéséből adódóan könnyen bekerülhet a jó gyakorlatok közé, utána már legitim a használata és a folyamatos fejlesztés jegyében pedig az egész szervezeti projektmenedzsment át tudja venni ezeket.

Bár a jelenlegi módszertanok nem nevesítenek és dedikálnak folyamatokat vagy eszközöket a mesterséges intelligencia használatára, látszik a fejlődési irányokból, mint minden terület, a digitalizáció hatására a projektmenedzsment is adatvezérelt lesz és ez egyben az MI használatát is jelenti. Az adatfeldolgozásra, döntés előkészítésre, az adatminták alapján előrejelzésre, fontos riport készítési és adminisztrációs feladatokra, kockázatok bekövetkezésére és értékelésére és természetesen azonnali státusz kimutatásra jelenleg ismert MI alkalmazásokat is lehetne használni. A PMI 2019-es kutatása szerint a szervezetek vezetőinek 85%-a prognosztizálja az üzleti világ megváltozását az MI-attól öt éven belül. A szervezetek definiálta a PMTQ –t, project management technology quotient, magyarul projektmenedzsment technológia hányadost, mint képességet a jövő projektmenedzsmentjében. Ez olyan technológiák ismereteit összegzi, mint az MI, vagy a kiberbiztonság [24].

7 Összegzés

A publikáció során megerősítést nyert bennem a feltételezésem, miszerint az IKT szektor érintettsége nagyon magas a kibertérben ezáltal a kiberhadviselésben. Ennek köszönhetően az infokommunikációs szakemberek ideértve a projektmenedzsmentek aktív résztvevői lehetnek a kiberhadviselésnek. Jelen dokumentumban csak a kibervédelemre nyert ez igazolást, de projekt tulajdonságokat ismerve tekinthetünk projektként egy felderítés vagy ellentévekenység típusú feladatra. Mivel az is a kibertér civil részén kerül megvalósításra, ugyanazok a szereplők, a környezet és az eszközök, akkor a módszertan is lehet ugyanaz. Eljátszva a gondolattal: a projektmenedzsment szerepét elemezve egy Cambridge Analytica projektben bizonyítja, hogy érdemes ezen a területen tovább kutatni.

Az alkalmazott projektmenedzsment módszerek egyöntetűen nem használják standardizált módon jelenleg az MI-t. Ezért nem jelenthető ki, hogy formálisan az MI hatékonyabbá teszi, vagy bármilyen módon segíti a professzionális projektmenedzsmenteket a kiberhadviselésben. A projektmenedzsment módszertanok fejlesztői láthatóan nagy hangsúlyt fektetnek az MI irányába történő elmozdulásra, illetve különböző projektmenedzsment eszközöket és szoftvereket gyártó cégek jelenleg is alkalmaznak bizonyos feladatokra mesterséges intelligenciát. Bár ezen tények árnyalják valamelyest a képet, összességében a standardizált MI alkalmazása és beillesztése a formális módszertanokba még gyerekcipőben jár.

8 Források:

- [1] Zsolt, H. (2018). Információs műveletek a kibertérben. *Dialóg Campus Kiadó, Budapest*, 344.
- [2] László, K. (2018). A kibertér védelme. *Dialóg Campus Kiadó, Budapest*.
- [3] NATO AJP-3.10 (2009): Allied Joint Doctrine for Information Operations. LINK: <https://info.publicintelligence.net/NATO-IO.pdf> Megnyitva:2020.06.22.

- [4] https://www.nato.int/cps/en/natohq/official_texts_133169.htm Megnyitva: 2020.06.20.
- [5] Kovács, L. (2018). *Kiberbiztonság és-stratégia*. Dialóg Campus Kiadó.
- [6] O'Regan, G., & O'Regan. (2008). *A brief history of computing* (pp. I-XIX). London: Springer.
- [7] <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html> Megnyitva: 2020.06.20.
- [8] <https://cyrekdigital.com/pl/blog/content-marketing-trendy-na-rok-2019/white-paper-c11-741490.pdf> Megnyitva: 2020.06.20.
- [9] Négyesi, I. (2019). A mesterséges intelligencia és a hadseregek. *Hadtudomány*, 29 (3): 71–79.
- [10] Kurzweil, R. (2013). *A szingularitás küszöbén*. Content 2 Connect Kft.
- [11] <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-appear-on-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2019/> Megnyitva: 2020.06.20.
- [12] 2012. évi CLXVI. tv. 1. §. f. pont LINK: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1200166.tv> Megnyitva: 2020.06.20
- [13] 65/2013. (III. 8.) Korm.rendelet 1. § 3. pont LINK: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1300065.kor> Megnyitva: 2020.06.20
- [14] Alexander, K. (2012). National cyber security framework manual, NATO CCD COE Publication. Tallin, ISBN 978-9949-9211-1-9
- [15] Gaál, Z., Szabó, L. (2003). Segédlet a projektmenedzsmenethez II. Megoldások, módszerek, technikák, Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém
- [16] <https://www.pmi.org/-/media/pmi/documents/public/pdf/learning/thought-leadership/pulse/pulse-of-the-profession-2018.pdf> Megnyitva: 2020.06.20.
- [17] <https://www.pwc.com/cl/es/publicaciones/assets/insighttrends.pdf> Megnyitva: 2020.06.20.
- [18] Paulk, M. C., Curtis, B., Chrissis, M. B., & Weber, C. V. (1993). Capability maturity model, version 1.1. *IEEE software*, 10(4), 18-27.
- [19] Skumolski, G. Cost Engineering; Morgantown Published, 43(6), pp. 11-18.
- [20] Pennypacker, J. S., & Grant, K. P. (2003). Project management maturity: An industry benchmark. *Project Management Journal*, 34(1), 4-11.
- [21] Office of Government Commerce. (2009). *Managing successful projects with PRINCE2*. The Stationery Office.
- [22] <http://info.cmmi.hu/cmmi-rovid-leiras> Megnyitva: 2020.06.20
- [23] PMI [2003] - Organizational Project Management Maturity Model, OPM3 Knowledge Foundation
- [24] https://www.pmi.org/-/media/pmi/documents/public/pdf/learning/thought-leadership/pulse/pulse-of-the-profession-2019.pdf?v=ff445571-0b23-4a2b-a989-44eb20df55bd&sc_lang_temp=en Megnyitva: 2020.06.20



Alumíniumlemezek lézersugaras vágása

Laserbeam cutting of aluminium sheets

¹Fábián Enikő Réka

¹Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtudományi Egyetem. Budapest, Magyarország, fabian.reka@bgk.uni-obuda.hu

Összefoglalás

Erősen reflektáló alumínium lemezek lézersugaras vágása jelentős kihívás az anyag erőteljes reflexiója miatt. CO₂ gázlézereknél az eloxált felületű alumínium lemezek vágása 2500W-on, kivitelezhető volt különböző frekvenciákon, különböző vágási sebességekkel. A vizsgálatok azt mutatták hogy a vágási felületen nem maradt ömledék, 500 Hz frekvencia alkalmazása mellett, ha a vágási sebesség 0,8 m/perc volt illetve, ha 1m/perc vágási sebességhez 10 kHz frekvencia tartozott. Legszebb vágási felületet 10 kHz frekvencia alkalmazásával és 1 m/perc sebességgel értük el.

Kulcs szavak: CO₂ lézer, vágási rés, felületi minőség

Abstract

Laser cutting of aluminium alloys is very difficult, due to the high reflection of this material. Cutting of aluminium alloy sheet with oxidized surface was fulfilled with CO₂ laser at 2500W with different frequency, and different speed values. No remanent melt material was observed at 3 mm thickness sheet after cutting with 0.8 m/min speed at 0.5 kHz frequency and 1 m/min speed at 10 kHz frequencies. Best cutting surface was obtained after cutting with 10 kHz frequency and $v=1\text{m/min}$ speed.

Keywords: CO₂ laser, kerf, surface quality

1 Bevezetés

Napjainkban a lézer, mint technológia már szinte nélkülözhetetlen részévé vált az életünknek. Az anyagmegmunkálás területén alkalmazott lézerek nagy előnye a többi eljárással szemben, hogy nagyon pontos, gyors megmunkálást és csekély hőbevitelt biztosít, azonban minden egyes megmunkálás egyedi paraméterek beállítását igényli. A lézersugár alkalmazása leginkább a fémek anyagok vágásánál terjedt el. Minden esetben fém vágáshoz fókuszált sugarat használnak, hogy annak intenzitása kellően nagy legyen.

A vágást mindig lyukasztással kezdjük, melynek lépései: a lézersugár elnyelése (abszorpció), hővezetés, megolvasztás, elgőzölgötetés, gőz és olvadék visszaáramlása. Ezek a lépések kis lemeztávolság esetén (< 2mm) a másodperc töredéke alatt zajlanak le, nagyobb vastagságnál arányosan tovább tart. Miután a lemez átlukadt, indul a vágás melynél a következő paraméterekre kell odafigyelni: lézer teljesítménye és teljesítménysűrűsége, fókusz távolság, a fókusz helyzete a lemez síkjához képest, Rayleigh-távolság, intenzitáseloszlás, impulzus vagy folyamatos üzemmód, vágógáz, fúvóka átmérője, fúvóka és a lemez távolsága, sugár polarizáltsága és a beesési szöge a lemezfelületre [1-2]. Az anyag minőség rendkívüli módon befolyásolja a lézerfény elnyelődését, a

lemezvastagság pedig a vágási sebességet [3]. A lézervágó cégek a gyakorlatban gyakran találkoznak erősen tükröződő fémekkel, például alumíniummal. Ezeknek a fémeknek a vágása különös odafigyelést és a lézervágó előkészítést igényel. Ugyanis az ilyen fémek reflexiós tulajdonságai miatt a gondatlan vágás vagy a felület nem megfelelő előkészítése a lézer lencséjének sérülését okozhatja. Alumínium alkatrészek vágásánál a polírozott alumínium reflexiója a CO₂ gázlézerek 10,6 μm es hullámhosszán nagyon erős (~90%), de eloxált mintáknál nagyon jó [4]. Nem eloxált alumíniumnál viszont az egy nagyságrenddel kisebb hullámhosszon ($\lambda=0,808\text{-}0,980 \mu\text{m}$) működő diódalézerek jöhetnek számításba, mivel ott az alumínium abszorpciója közel 30%-ra nő

Alumíniumhoz hasonlóan rossz abszorpciójú ötvözeteknél kimutatták, hogy a vágási felület minőségét befolyásolja a fókuszfolt helyzete, illetve a vágási sebesség [5].

Szintén irodalmi adatokból ismert, hogy a vágott felület minőségét, a vágott lemez gyökoldalán megjelenő szakállasságot befolyásolja a vágási sebesség és a gáznomás kölcsönhatása, hiszen, ha a vágási sebességet csökkentjük és a nyomást növeljük, akkor a vágási rések károsodhatnak és a vágandó alkatrész geometriai tőrése nem lesz megfelelő. Ez a jelenség főként a gyökoldalon figyelhető meg, hiszen a vágási résből kifűjt salak itt szilárdul meg [6].

2 Vágási paraméterek

A 3 mm vastagságú alumínium lemez vágási kísérleteit Trump TLF 5000 turbo típusú anyagmegmunkáló gépen végeztük. A gép besorolása szerint gáz-átáramoltatásos CO₂ gázlézer. Irodalmi adatok alapján [7] duralumínium ötvözet CO₂ gázlézerrel való vágásakor a vágási rés és a szakállasság argon gáz alkalmazása mellett a legkisebb, de megfelelő eredményt mutat a nitrogén is. A két gáz árban jelentős különbség van a nitrogén javára [8], ezért kísérleteinket nirtogén gáz alkalmazásával végeztük, mivel az ipari hasznosíthatóságot a gazdaságosság jelentősen befolyásolja. A lézerteljesítmény megválasztásakor további irodalomban fellelhető adatokra támaszkodtunk. Riverio és társai [9] úgy találták, hogy 2024 minőségű alumínium ötvözetből készült, 3 mm vastagságú lemez CO₂ lézer-es berendezéssel való vágásakor a vágási élek felületi érdességében a legkisebb értékek, 2500W-os teljesítményen való vágással érhetőek el, ezért a vágásokat 2500W teljesítményre állítottuk. Az alkalmazott lencse 125 mm, fókusz távolság a lemezfelület alatt 2,3 mm-re volt állítva. Ez a fókusz távolság adta irodalmi adatok alapján [10] az elérhető maximális vágási sebességet T3 hőkezeltségű, 2024 jelű alumínium ötvözetben. A fókuszfolt átmérője 0,1-0,2 mm és a munkagáz nyomása 15 bar volt. Vizsgálataink során változtattuk a frekvenciát és a vágási sebességet (1. táblázat).

1. táblázat Vágási paraméterek CO₂ gázlézerrel

Vágási sorszám	Nyomás (bar)	F (Hz)	Fókusz helyzete (mm)	v (m/perc)
33	15	10000	-2,3	1
32	15	5000	-2,3	1
31	15	3000	-2,3	1
30	15	2000	-2,3	1
29	15	1000	-2,3	1

28	15	500	-2,3	1
27	15	500	-2,3	1,1
34	15	500	-2,3	0,8

3 Vizsgálati technika és módszer

A minták értékelésének érdekében azokat metallográfiai vizsgálatoknak vetettük alá. Ezért a mintákat a vágási végektől 25 mm-re keresztirányban, merőlegesen a vágási résekre (2. ábra bejelölése szerint) illetve a vágási rések közti középvonalon 0,4 mm vastagságú gyémánt vágótárcsával vágtuk el, majd kétkomponensű hidegbeágyazás után készítettük elő metallográfiai vizsgálatra.



a) A vágási rések bemeneti oldala



b) a vágott rések kimeneti része

1. ábra A minták metallográfiai vizsgálati helyének kijelölése

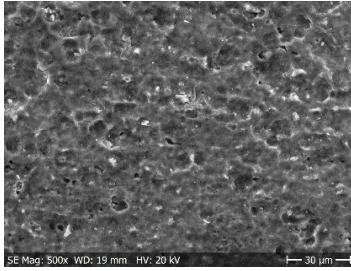
Vizes csiszológép segítségével elsőnek durva (P80, P120, P240, P600) majd finom szemcseméretű (P1200, P2500) papírral síkba csiszoltuk a minták felületét, majd lépésként gyémánt szuszpenzióval (3 μ m és 1 μ m) políroztuk. A felületet ultrahangos mosóval és desztillált vízzel tisztítottuk meg a rajta maradó abrúziós anyagoktól. Előbb a vágott éleket polírozott állapotú mintán, majd Keller reagenssel maratva vizsgáltuk, amikor jól elkülönült a vágáskor megolvadt, vagy hőkezelt anyagmennyiség az alapanyagtól. A vizsgálatokat Neophot 2 típusú fémmikroszkóppal és JEOL gyártmányú, JSM 5310 típusú pásztázó elektronmikroszkóppal végeztük

4 Vizsgálati eredmények

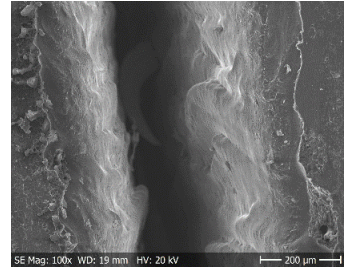
4.1 Felületi vizsgálatok

Amint azt az 1. ábrán is láthatjuk, az esetek többségében 2500W-os teljesítményen végzett vágások, a lemez felület alatt 2,3 mm-es fókuszolt távolságban nem mindegyik vágás volt teljes mértékig sikeres. 500Hz frekvencia mellett az 1,1 m/perces vágási sebesség alkalmazásakor csak részlegesen történt meg a vágás, helyenként a megolvadt fém a bemeneti oldalon visszaáramlott. 1 m/perc sebesség alkalmazásakor áthatolt a vágás még 500 Hz frekvencia mellett, de a kimeneti oldalnál a felület szakállas, míg 0,8 m/perces sebesség mellett szép a felületeken tapasztalt vágás. A frekvencia emelésével 1 m/perces sebesség mellett a vágások átmenők voltak. A lemez minőségét pásztázó elektronmikroszkóppal vizsgálva látható, hogy a vágott lemez gyengén ötvözött Al-Mg ötvözet, viszont a lemez felülete érdes, és vegyi kezelésen esett át, ennek következtében a felület vegyi összetétele eltér az alapanyagától (2. ábra). Ez az érdes, oxidos felület lehet az oka, hogy a

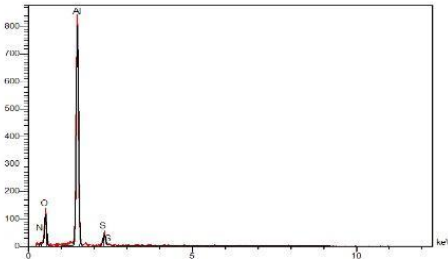
lemez felületén jól abszorbeálódott a lézergusár [4].



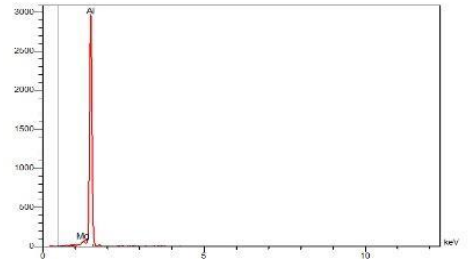
a) eloxált felület



b) vágási rés



c) eloxált felület EDS spektruma



d) vágott élnél felvett pontszerű elemzés

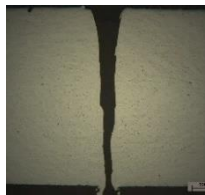
2. ábra Pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatok eredményei

A vágások sikeres/vagy sikertelen voltát a keresztirányú csiszolatok fémmikroszkópos vizsgálati eredményei sokkal jobban tudják szemléltetni, mint a felületi vizsgálatok.

4.2 Fémmikroszkópos vizsgálati eredmények



a)



b)



c)



d)



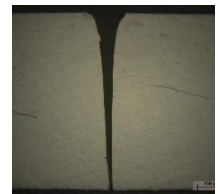
e)



f)



g)



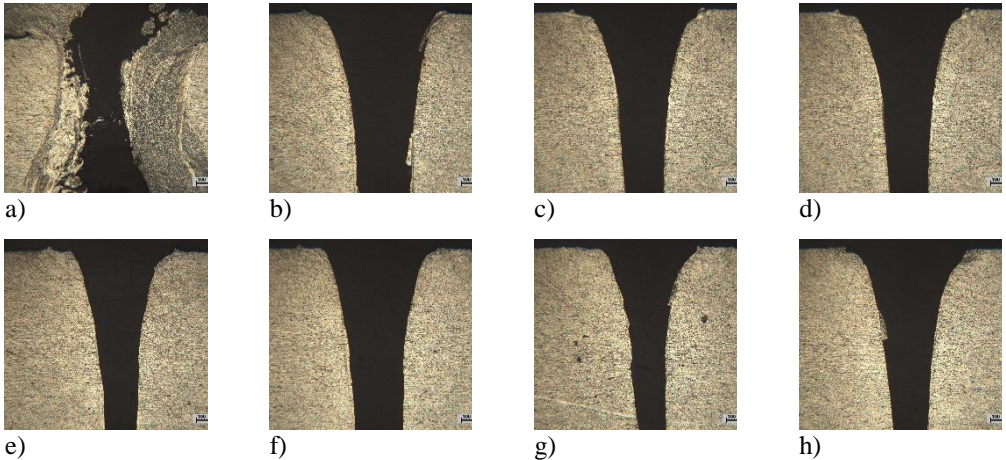
h)

3. ábra A vágási rések megjelenése a lemez keresztmetszetében. $N_{eredeti}=32x$ polírozott állapot
 a) $f=0,5$ kHz, $v=1,1$ m/perc b) $f=0,5$ kHz, $v=1$ m/perc c) $f=0,5$ kHz, $v=0,8$ m/perc d) $f=1$ kHz, $v=1$ m/perc e) $f=2$ kHz, $v=1$ m/perc f) $f=3$ kHz, $v=1$ m/perc g) $f=5$ kHz, $v=1$ m/perc h) $f=10$ kHz, $v=1$ m/perc

A polírozott állapotú keresztirányú csiszolatokon láthatjuk a kialakult rés méreteket (3. ábra).

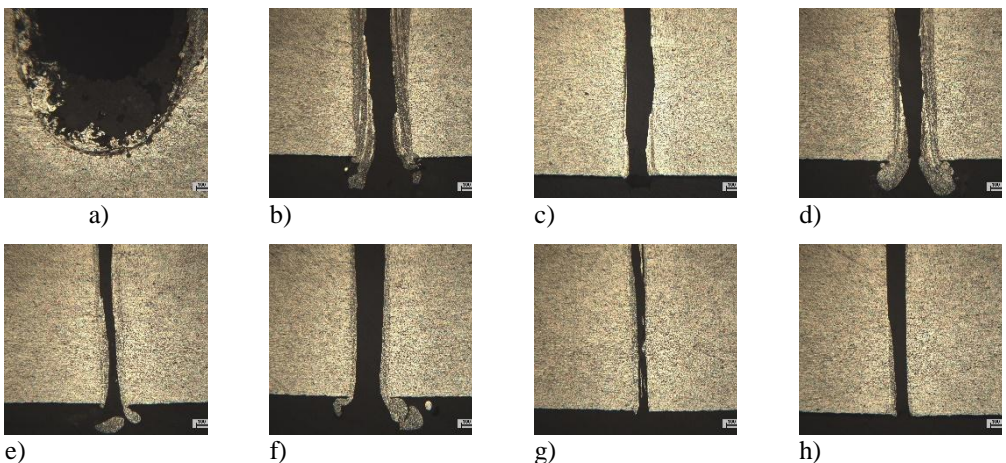
Míg a lézersugár bemeneti oldalán a felületi réskinyílás a sikeres vágásoknál jelentősen nem tér el egymástól, az 1 m/perc vágási sebesség alkalmazásakor a frekvencia módosítása az átlagos résméretben maximumos jelleget mutat. Ahogy azt a 3. ábrán láthatjuk, legnagyobb rés a teljes keresztmetszetben 3 kHz és 1 m/perces vágási sebességnél, illetve 0,5 kHz frekvencia és 0,8 m/perces vágási sebességnél tapasztalható.

Annak megállapítása érdekében, hogy a vágott felületen mennyi a megolvadt és felületen maradt fém a mintákat maratott állapotban is vizsgáltuk. A bemeneti oldal részleteit a 4. ábra, míg a vágási rés kimeneti oldalát az 5. ábra szemlélteti



4. ábra A vágási rések megjelenése a bemeneti oldalon. $N_{eredeti}=100x$ Maratott állapot, marószer: Keller reagens

a) $f=0,5$ kHz, $v=1,1$ m/perc b) $f=0,5$ kHz, $v=1$ m/perc c) $f=0,5$ kHz, $v=0,8$ m/perc d) $f=1$ kHz, $v=1$ m/perc e) $f=2$ kHz, $v=1$ m/perc f) $f=3$ kHz, $v=1$ m/perc g) $f=5$ kHz, $v=1$ m/perc h) $f=10$ kHz, $v=1$ m/perc



5. ábra A vágási rések megjelenése a kimeneti oldalon maratott állapotban.

Marószer: Keller reagens. $N_{eredeti}=100x$

a) $f=0,5$ kHz, $v=1,1$ m/perc b) $f=0,5$ kHz, $v=1$ m/perc c) $f=0,5$ kHz, $v=0,8$ m/perc d) $f=1$ kHz, $v=1$ m/perc e) $f=2$ kHz, $v=1$ m/perc f) $f=3$ kHz, $v=1$ m/perc g) $f=5$ kHz, $v=1$ m/perc h) $f=10$ kHz, $v=1$ m/perc

Ahogy azt a 3.- 5. ábrákon is láthatjuk az alkalmazott 2500 W-os teljesítménynél a 3 mm-es

lemeznél csak 1 m/perces és ennél kisebb haladási sebességeknél sikerült teljesen átmenő vágási réseket kialakítani. A 4. ábra tanúsága szerint a teljesen átmenő vágási réseknél, a lézersugár és munkagáz behatolása felőli, un. bemeneti oldalnál a lézersugár által megolvasztott ömledéket a 15 bar nyomású munkagáz tovább vitte, nem maradt a felületen. Viszont a kilépő oldalon (5. ábra) csak néhány esetben nem tapasztalható megdermedt ömledék a vágási felületen. 0,5 kHz-en való vágáskor csak 0,8 m/perces előtolási sebesség mellett nem képződött olvadék cseppek alkotta szakállasság. 1 m/perces előtolási sebesség alkalmazásakor csak 5kHz és 10kHz alkalmazása mellett nem alakult ki szakállasság, de 5 kHz-es frekvencia mellett a vágott felületen több maradék ömledéket tapasztaltunk, mint 10 kHz alkalmazásakor.

5 Következtetés

3 mm vastagságú, eloxált felületű, alumínium lemezek lézersugaras vágása kivitelezhető volt 1 m/perces, illetve ennél kisebb vágási sebességekkel különböző frekvenciákon. A vizsgálatok azt mutatták, hogy a vágási felületen nem maradt ömledék, ha az alkalmazott vágási sebesség 0,8 m/perc és 0,5 kHz volt, illetve, ha 1 m/perc vágási sebességhez 10kHz frekvencia tartozott. Legszebb vágási felületet 10kHz frekvencia alkalmazásával és 1m/perc sebességgel lehet elérni.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet kívánnak mondani a Magyar Államnak, a Nemzeti Kutatási, Feklesztési és Innovációs Hivatalnak, valamint az Európai Uniónak a No. 2020-1.1.2-PIACI-KFI-2020-00081 számú projekt támogatásáért.

6 Hivatkozások

- [1] Buchfink, G. (2007). The laser as a tool. *Vogel Buchverlag, Würzburg*, 206-219.
- [2] Buza Gábor: *Lézersugaras technológiák I.*, Edutus Főiskola. 2012. p.1-8. <https://docplayer.hu/7588378-Lezersugaras-technologiak-i-buza-gabor.html>
- [3] Buza Gábor: *Lézersugaras technológiák I.*, Edutus Főiskola. 2012. p 37-39
- [4] <https://lasersystems.ipgphotonics.com/resources/blog/how-to-laser-cut-copper-and-other-reflective-metal>
- [5] Cekic, A., Begic-Hajdarevic, D., Kulenovic, M., & Omerspahic, A. (2014). CO2 laser cutting of alloy steels using N2 assist gas. *Procedia Engineering*, 69, 310-315.
- [6] Yilbas, B. S. (2008). Laser cutting of thick sheet metals: Effects of cutting parameters on kerf size variations. *Journal of materials processing technology*, 201(1-3), 285-290.
- [7] Riveiro, A., Quintero, F., Lusquiños, F., Comesaña, R., Del Val, J., & Pou, J. (2011). The role of the assist gas nature in laser cutting of aluminum alloys. *Physics Procedia*, 12, 548-554.
- [8] <https://www.lindegas.hu/shop/hu/hu-ig/gaz>
- [9] Riveiro, A., Quintero, F., Del Val, J., Boutinguiza, M., Wallerstein, D., Comesaña, R., ... & Pou, J. (2017). Laser cutting of aluminum alloy Al-2024-T3. *Procedia Manufacturing*, 13, 396-401.
- [10] Riveiro, A., Quintero, F., Lusquiños, F., Comesaña, R., & Pou, J. (2010). Parametric investigation of CO2 laser cutting of 2024-T3 alloy. *Journal of Materials Processing Technology*, 210(9), 1138-1152.



Az üregek képződés vizsgálata és a szivárgási utak lezárása nyomásos alumínium öntvényben

Investigation of cavity formation and sealing of leakage paths in die-cast aluminum castings

¹Gáti József, ¹Gazda Péter

¹Óbudai Egyetem, Budapest, Magyarország, gati@uni-obuda.hu

Összefoglalás

Nyomásos öntéssel készült alumínium alkatrészek gáztömörsege nagymértékben függ az alkalmazott technológiától, berendezéstől, a szerszámfüggő paramétereiktől, befolyásolja az alumínium ötvözet összetétele, az olvadáskínőség, a gyártmány geometriai kialakítása, a kristályosodási körülmények, és további számos tényező. A gáztömörség elérése érdekében alkalmazott speciális nyomásos öntési technológiák (pl. HPDC, vacuum assisted HPDC) alkalmazása mellett is a gyártmány 0,5-3 %-os mértékben üreghálókat tartalmazhat.

A gáztömörség elérhető utólagos vákuum impregnálással, melynek során az öntvények felületi, illetve felületre kifutó porozitásai lezárhatóvá válnak. Az eljárás elsősorban a megfelelően kicsi pórusmérettel bíró üregek esetében hatásos technológia.

Kulcsszavak: nyomásos alumínium öntvény, gáztömörség, impregnálás

Abstract

The gas tightness of die-cast aluminum parts is highly dependent on the technology, equipment, tool-dependent parameters used, the composition of the aluminum alloy, the melt quality, the geometry of the product, the solidification conditions, and many other factors. Even with the use of special pressure casting technologies (e.g. HPDC, vacuum assisted HPDC) to achieve gas tightness, in extent of 0.5-3% of volume the product may contain cavities. Gas tightness can be achieved by post-vacuum impregnation, during which the surface porosities of the castings can be sealed. The process is an effective technology, especially for cavities with a sufficiently small pore size.

Keywords: die-cast aluminum castings, gas tightness, impregnation

1 Bevezetés

A nagyszámú szakirodalmi adatok azt igazolják, hogy az öntési folyamat szinte elkerülhetetlen velejárója a szivódási üregek, pórusok (bezárt levegő vagy öntési gázok eredményeként), a leválasztó anyag hőre történő bomlásából származó maradványok, oxidbezárodások, repedések, egyéb folytonossági hiányok és inhomogenitások jelenléte. Az öntvények minőségének egyik fontos jellemzője porozitás, a gáztömörség mértéke.

A nyomásos öntéssel készült alumínium ötvözeteket széles körben alkalmazzák nyomás alatt működő berendezésekben, a kompresszortechnikában, kis sűrűsége, valamint kedvező öntészeti

tulajdonságai miatt. A nyomásos öntvényt a méretek nagy pontossága, tiszta felületek jellemzik, vékony falvastagság, előnyös mechanikai jellemzők, és gáztömörség mellett. Alkalmazása során az öntvény külső, gyorsan dermedő felülete többségében porozításmentes, de a belsejében többféle okból és változatos eloszlásban porózus részek alakulhatnak ki.

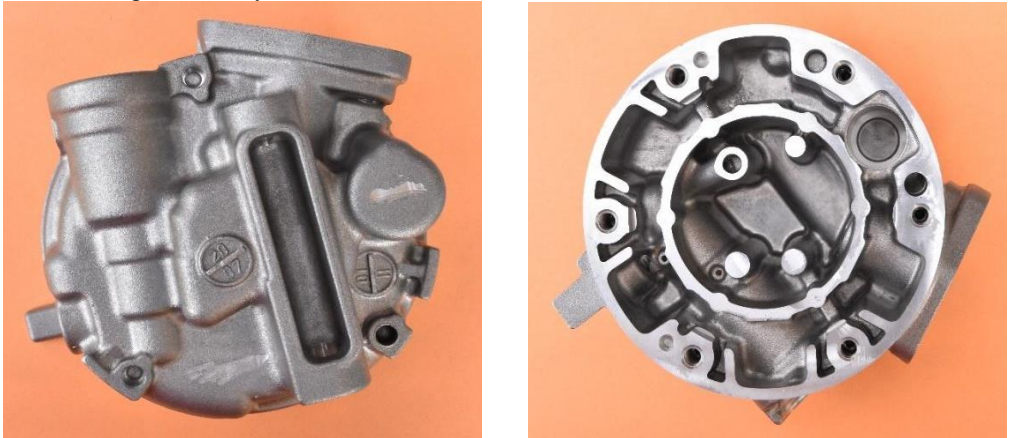
Jelen tanulmány keretein belül áttekintésre kerül egy nyomásos öntéssel készült alumínium gépjármű kompresszorház gáztömörségét befolyásoló üregek és pórusok kialakulása, illetve a gáztömörség elérése érdekében a megmunkálást követően alkalmazott vákuum impregnálás.

2 Jellemző öntvényhibák a nyomásos alumínium öntvényekben

Az előadás egy nyomásos öntéssel, gáztömörségi elvárással készült alumínium gépjármű kompresszorház vizsgálata során feltárt folytonossági hibák kialakulását, és jellegét mutatja be és kitér a felületre kifutó eltérések vákuum impregnálással történő kezelésére.

A gépjárművekben alkalmazott kompresszorok nagy nyomás alatt működő alumínium öntvényháza szivárgás, és nyomásvesztés nélkül kell, hogy működjön. A fokozott gáztömörség elérése ezen ötvözeteknél nehézséget jelenthet, mivel a dermedést jelentős térfogatcsökkenés kíséri az olvadék- és a szilárd fázis közötti sűrűségkülönbség miatt, közel 7 %-os zsugorodás alakul ki, illetve az olvadékfelület oxidációja az öntési művelet során részlegesen megtörténhet, és az így bekerülő alumínium-oxid is okozhat folytonossági hibákat. A szivárgásmentességet akadályozza az a jelenség is, miszerint az olvadékból dermedés közben oldott gázok – elsősorban hidrogén – szabadulhatnak fel.

A vizsgálatokat egy tömeggyártásban készült, eutektikus összetételű Al-Si nyomásosan öntött alkatrészen végeztük, melyet az 1. ábra szemléltet.



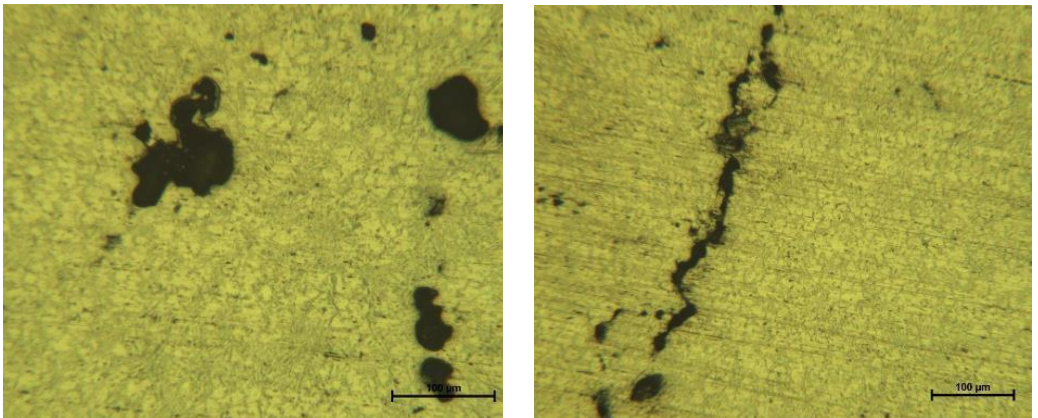
1. ábra A vizsgálatba bevont alumínium kompresszor öntvény fedele

A kompresszor öntvény fedelét tömeggyártás során megmunkálják, a csatlakozó felületek, menetes furatok forgácsoló megmunkálással, illetve képlékeny alakítással kerülnek kialakításra. Ekkor az öntés során képződött üregrendszer alakja nem változik, de bizonyos elemei a felszínre kerülhetnek, nyitott üregeket képezhet, melyet a 2. ábra mutat (fenti két kép), míg az alsó feltehetően egy zsugorodási üreg nyomait rögzíti ugyancsak az öntvény megmunkált felületén.



2. ábra Üregek a kompresszor öntvény fedél megmunkált felületén

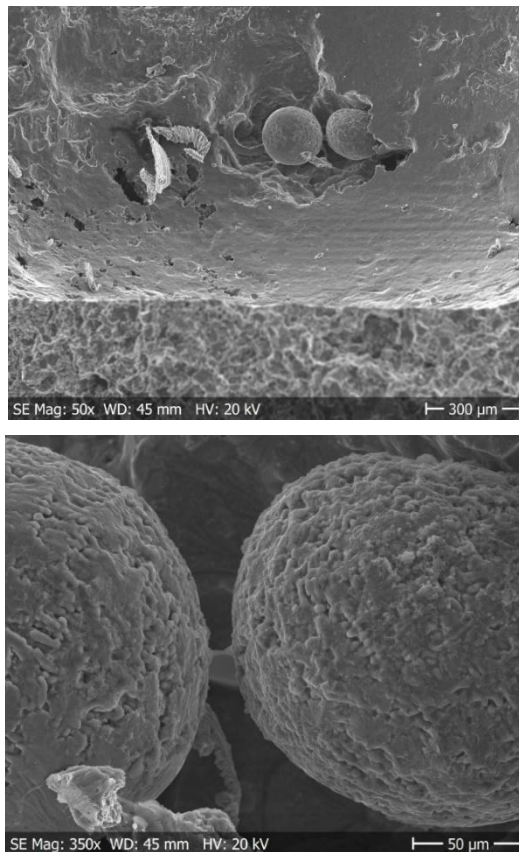
A 3. ábra felvételei egy polírozott, maratott csiszolatról Neophot-2 optikai mikroszkóppal készültek.



3. ábra Maratott csiszolat szövetszerkezete és üregrendszer (bal oldali kép), repedés jellegű hibája (jobb oldali kép)

A szakirodalomban számos utalás található az oxidhártya gáztömörséget befolyásoló szerepére. Oxidhártya az olvadt alumíniumötvözet levegővel érintkező részén alakul ki, vastagsága az érintkezési időtől függ. Már tized másodpercek alatt is létrejöhet, vastagsága ilyenkor a nanométeres tartományba esik. Az oxidhártya eltávolítására kerámiaszűrőket alkalmaznak közvetlenül a fémolvadék formába lövése előtt, de a formatöltés során is újra létrejöhet a hártya. A vékony oxidhártya alakja az áramlás során megváltozik, önmagára fordul, és ún. bifilm réteget alkot. A dupla oxidhártya középvonalában a korábban a levegővel érintkező felületek tapadnak össze, vagyis nincs olvadék a hártya két rétege között. A dermedés során csökken az olvadék gázoldó, elsősorban hidrogénoldó képessége, így a hidrogénatomok az oxidhártya belsejében hidrogén molekulává is tudnak formálódni. Ha ez nem történik meg (elég kicsi a gáztartalom), akkor is az oxidhártya belseje potenciális szivárgási útvonal lehet, mivel az oxidhártyan belül nincs gáztömörség [1; 2; 3].

Scanning elektronmikroszkóppal végzett vizsgálatok során feltárt üregbe záródott kristályosodási formákat a 4. ábra ábrázolja.



4. ábra Üregbe gömbszerűen belekristályosodott Al-Si alapfém különböző nagyításban

3 A vákuum impregnálás

Az öntvények felületi, illetve felületre kifutó porozitásai tömítésére többféle eljárást alkalmaznak, melyek közül egyik meghatározó a vákuum impregnálási technológia. A nyomásos alumínium öntvények vákuum impregnálási technológiája azért fejlődött ki, mert az egzakt módon

fel nem deríthető szivárgási útvonalak lezárása más módszerekkel sem laboratóriumi, sem ipari méretekben nem oldható meg. Az eljárás során az alkalmazott tömítő anyag lezárja aelső, egymással kapcsolódó porozitás útját, anélkül, hogy megváltoztatná az ötvény méretét vagy funkcionális jellemzőit. Az eljárás lehetővé teszi az autóipari beszállítók számára, hogy csökkentsék a selejtet, a hulladék mennyiségét, az energiárfordítást, növeljék hatékonyságukat.

A folyamat során az alkatrészeket száraz vákuum alá vetik és a porozitást okozó mikroszkopikus részeket hő- és vegyileg ellenálló polimerral töltik meg, hogy állandó tömítést biztosítsanak (5. ábra). A vákuum impregnálási eljárás technológiai lépései

- az impregnálandó ötvényeket zárható kalodába helyezik el, oly módon, hogy a termék minden felületével érintkezhesen majdan az impregnáló anyag,
- hideg mosással megtisztítják a felületet, a felületre kifutó porozitást, lunkert,
- szárazvákuumban kivonják a nedvességet, a levegőt az üregekből, majd helyébe folyékony tömítőanyag kerül kitöltve az üregeket,
- az alkatrészeket tartalmazó kalodát hideg mosó víz alatt forgatják, ennek következtében a főlöszleges tömítőanyag leválasztódik a munkadarabokról és az újrahasznosító rendszeren keresztül visszakérül az előző folyamatba,
- a befejező fázisban a porozitáson belüli impregnáló anyag 90 °C-on térhálósodik, kikeményedik.



5. ábra Vákuum impregnáló berendezés felépítése [4]

A vákuum impregnálás elsősorban a megfelelően kis pórusmérettel bíró üregek esetében hatásos technológia, mivel a pórusok eltömítése kicsi viszkozitású töltőanyagot (műgyantát) igényel annak érdekében, hogy az a kisméretű pórusokba be tudjon szivárogni. A nagyobb keresztmetszetű nyitott üregekből a töltőanyag részben, vagy egészben a kikeményítés előtt el tud távozni. Nagyobb viszkozitású töltőanyag a készre munkált felületek szennyeződése miatt nem megfelelő.

A nyomásos alumínium ötvények porozitásai tömítésére szakosodott, a vákuum impregnálási technológiát alkalmazó cégek közül a hazai gazdaság meghatározó szervezete az Euraseal Bt. Az alkalmazott impregnáló gyanta a Rexeal 100, mely az Ultraseal International újrahasznosító tömítőanyagának legújabb generációja, mely kedvezőbb felhasználást eredményez a korábbi, de nem újrahasznosítható tömítőanyagokhoz képest. A termék adatlap szerinti főbb jellemzőit az 1. táblázat foglalja össze.

1. táblázat Ultraseal Rexeal 100 impregnáló gyanta jellemzői

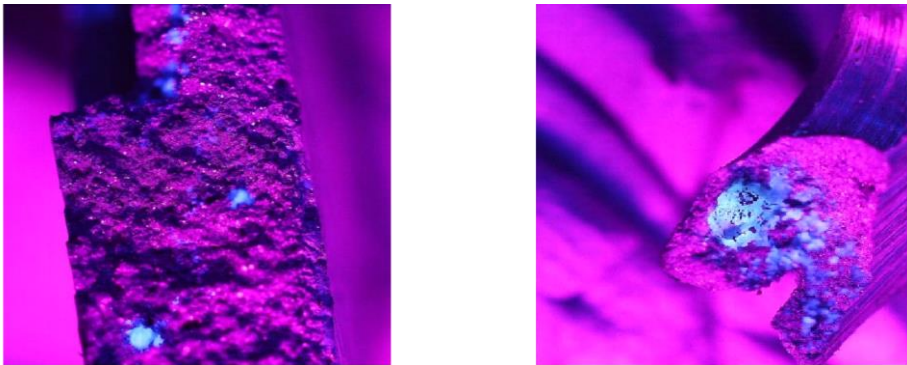
Kivétel:	tiszta, halvány szalma szín	Szag:	enyhe metakrilát
----------	-----------------------------	-------	------------------

Viszkozitás (20°C-on):	28-30 mp	Fajsúly 20°C-on:	0,910-0,935
Szennyeződési tőrés:	nagyon jó	Felületi feszültség:	31 dynes/CM
Feldolgozhatóság:	határozatlan	Moshatóság:	nagyon jó
Lobbanáspont:	>100°C	Szavatossági idő:	12 hónap (kettős csomagolásban) 6 hónap (egyszerű csomagolásban)
Hőmérsékleti tartomány:	-76/+220 °C	Jóváhagyás:	US MIL-I-17563C

Az impregnálást az öntvény készre munkálását követően célszerű beiktatni, annak érdekében, hogy a megmunkálás során a felszínre került folytonossági hiányok is lezárhatóvá váljanak. Az impregnált nyomásos alumíniumöntvények vizsgálata során arra törekedtünk, hogy feltárjuk azon szivárgási útvonalakat, melyek lezárását az alkalmazott gyanta biztosította.

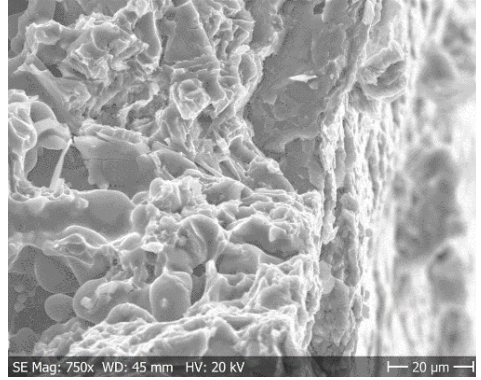
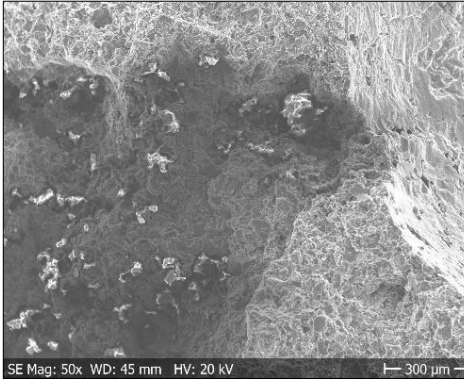
A vizsgálatok során az impregnált nyomásos öntéssel készült kompresszor fedél szeletelésével kialakított vizsgálati felületekből a próbatestek mechanikai töréssel kerültek kialakításra. Az öntvényfalból kivett minták törési felületei általában feltárják a vizsgálandó anyagrézszben található hibákat, mivel azok környezetében kisebb a szilárdság, illetve az bizonyos hibák bemetszési helyként is működnek. Metallográfiai vizsgálatok alkalmazásával feltárhatók azon üregek, melyek az impregnálás során telítődtek, azaz lezáródtak.

A 6. ábra a nyomásos alumínium kompresszorfedél különböző töretfelületein optikai mikroszkóppal, UV fényben feltárt impregnáló gyantával telített pórusokat szemlélteti.

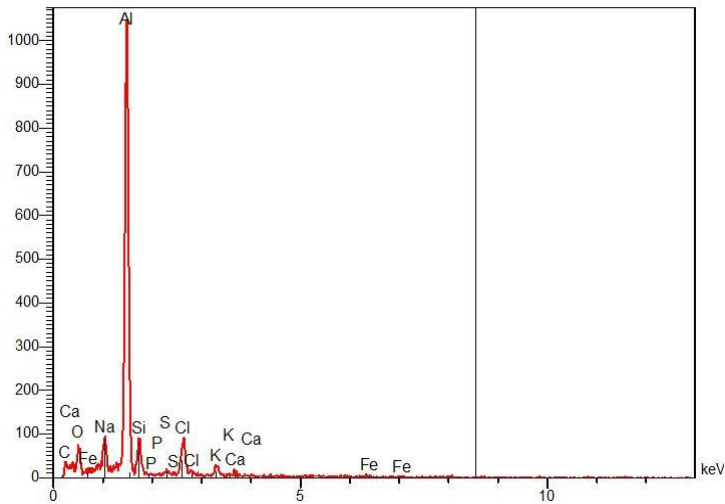


6. ábra Gyantafoltok a próbatestek töretfelületein UV megvilágításban

A töretfelületet scanning elektronmikroszkóppal is célszerű vizsgálni, mivel a töretfelület áttekintéséhez nagy mélységélesség szükséges. Az eljárással az üregrendszeri és oxidhártya okozta szivárgási nyomvonalak, azok egyes részei, illetve az impregnált üregek azonosíthatók. A felületen lévő zárványok, egyéb képződmények összetételét EDS technikával lehet megállapítani. Vizsgálataink scanning elektronmikroszkópos képeit a 7. ábra tartalmazza.



a)



b)

7. ábra A próbatest üregben feltárt kisméretű gyantafoltok (a), az üreg az EDS technika elemzési eredményeivel (b)

4 Következtetések

A jelen publikáció áttekinti egy eutektikus összetételű Al-Si nyomásosan öntött, gáztömörséگی elvárással készült kompresszor fedél gyártása során képződött folytonossági hiányokat és elemzi azok keletkezési okait, majd bemutatja a keletkezett üregek és szivárgási útvonalak lezárásának módját vákuum impregnálással. Ismerteti azon metallográfiai vizsgálati módszereket, melyekkel feltárhatók az öntvény belső, illetve a felületre kifutó folytonossági hiányai.

A töretfelületen optikai és scanning elektronmikroszkóppal kimutatható hiba a mikroszkóp felbontóképességének függvénye. A csiszolat és a töretfelület üregrendszeri és oxidhártya okozta szivárgási nyomvonalai, illetve azok egyes részei azonosíthatók, vizsgálhatók.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak Orosz Sándornak, az Euraseal Bt. technikai vezetőjének, a kutatási munka támogatásáért, a vákuum impregnálás gyakorlati tapasztalatainak átadásáért.

A jelen dolgozatban bemutatott kutatási munka a 2019-1.1.1-Piaci KFI-2019-00462 Piacvezérelt Kutatás-Fejlesztési és Innovációs Projektek Támogatása Öntvény-mikrohibákat kimutató, gyártásba integrálható, robotizált, új minőségellenőrzési technológia és berendezés kifejlesztése című pályázat támogatásával valósult meg.

5 Hivatkozások

- [1] Campbell, J., *Castings*. 2003: Elsevier.
- [2] Campbell, J. (2015). *Complete casting handbook: metal casting processes, metallurgy, techniques and design*. Butterworth-Heinemann.
- [3] El-Sayed, M. A., & Griffiths, W. D. (2014). Hydrogen, bifilms and mechanical properties of Al castings. *International Journal of Cast Metals Research*, 27(5), 282-287.
- [4] https://cdn2.hubspot.net/hub/107598/file-16299426-pdf/docs/basics_of_vacuum_impregnation_dce_1112.pdf.
- [5] <https://www.ultraseal-impregnation.com/equipment/>
- [6] Andy, M. (2017). Continuing Advances in Vacuum Impregnation Systems, *Foundry Management & Technology*.



Szálerősített polimerek (FRP) forgácsolása közbeni hőmérséklet mérésére alkalmas mérési környezet módszeres tervezése

Design of a measuring environment suitable for measuring the cutting temperature in fibre reinforced polymers (FRP)

^{1*} Hauschild Péter, ² Poór Dániel István, ³ Geier Norbert,

¹*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Gyártástudomány és Technológia Tanszék. Budapest, Magyarország,*

**hauschildp@edu.bme.hu*

Összefoglalás

A szálerősített polimer (FRP) kompozitok alkalmazásával új utak nyíltak meg a különböző iparágak számára. A repülőgépek, versenyautók könnyebbek lettek, de közben nagyobb teherbírást voltak képesek elviselni, mintha fém alkatrészekből állították volna össze őket. Azonban, míg a fémek forgácsolási tulajdonságai széleskörben ismertek, addig az FRP kompozitok megmunkálhatóságával kapcsolatban kevés információ állt rendelkezésünkre. A munkánk során egy olyan kísérleti környezet módszeres tervezését végeztük el, amely használatával lehetséges a fűrészi hőmérséklet és erő egyidejű mérése FRP kompozitokban. Két mérési elrendezést terveztünk, melyek mechanikai ellenőrzését végeselem szoftverben végeztük el.

Kulcsszavak: FRP, készülék, forgácsolási hőmérséklet, forgácsolási erő

Abstract

The use of fiber-reinforced polymer (FRP) composites has opened up new avenues for various industries. Airplanes and racing cars became lighter, but in the meantime they were able to withstand a higher load capacity than if they were assembled from metal parts. However, while the machining properties of metals are widely known, little information is available on the machinability of FRP composites. In our work, we performed a systematic design of an experimental environment that allows the simultaneous measurement of drilling temperature and force in FRP composites. Two measurement layouts were designed, the mechanical verification of which was performed in finite element software.

Keywords: FRP, fixture, cutting temperature, cutting force

1 Bevezetés

A szálerősítésű polimer (FRP) kompozit anyagok különböző iparágak kedvelt szerkezeti anyagává vált. Alacsony tömege, kedvező mechanikai tulajdonságai miatt egyre több gyártó alkalmaz FRP kompozit anyagokat. Azonban egyes alaksajátosságokat (pl. furatok) nem lehet, vagy csak nehezen lehet a gyártás során előállítani, így szükségessé válik a kompozit forgácsolása. A

forgácsoláskor keletkező erő a kompozitot alakító rétegek szétválását okozhatja (delamináció), ezzel a munkadarabon nem csak esztétikai hibát okoz, hanem az alakjáratosság körüli mechanikai tulajdonságokat rontja. Az alakjáratosságok megmunkálásánál keletkező hőmennyiség mértékét is szemmel kell tartani. A forgácsolási hőmérséklet átlépheti a polimer kompozit mátrixanyagának üvegesedési hőmérsékletét, így a megmunkálás körüli régió mechanikai tulajdonságai romlanak [2]. A szakirodalomban alkalmazott megoldások jellemzően aluldokumentáltak és a jellemzők egyidejű mérésére korlátozottan alkalmasak. Kutatásunkban olyan mérési környezet tervezését végeztük el, ahol lehetséges az FRP kompozitok forgácsolása közbeni erő és hőmérséklet együttes vizsgálata.

2 Konceptió és konstrukció tervezés

2.1 Követelmények ismertetése

Célunk egy olyan kísérleti környezet tervezése, amellyel lehetséges az FRP munkadarabok forgácsoláskor fellépő erő és hőmérséklet egyidejű vizsgálata. A mérési környezetben az erőmérést egy többkomponensű erőmérővel, a hőmérsékletmérést termoelemmel és infravörös termokamerával kívánjuk megvalósítani. A mérési környezet megvalósításához egyedi készüléket terveztünk, aminek a segítségével forgácsolási kísérleteket el lehet végezni. A készülékkel szemben a következő követelményeket fogalmaztuk meg:

- a munkadarabot szilárdan rögzítse, megmunkálás közbeni mozgást ne engedjen meg,
- a megmunkálás közbeni erőhatásokkal szemben ellenálljon,
- különböző vastagságú (5-25 mm) munkadarabok is vizsgálhatóak legyenek,
- a munkadarab cseréje egyszerűen és gyorsan kivitelezhető legyen,
- kompatibilis legyen a KISTLER Type 9257B erőmérő cellával, vagy Type 9170A forgó erőmérővel,
- használatra ne igényeljen speciális eszközöket, szerszámokat,
- a készülék biztosítsa a mérések megismételhetőségét,
- lehetőleg több, egymás utáni mérés is elvégezhető legyen,
- könnyen beszerezhető anyagból készüljön,
- minél kevesebb alkatrészből álljon,
- a készülékelemek egyszerűek (tehát kevés hibaforrással rendelkezzenek), valamint könnyen gyárthatóak legyenek,
- a készülék súlyából és a forgácsolásból származó erő ne lépje át az erőmérő mérési tartományát.

2.2 Döntési mátrix

Munkánk során több koncepciót kidolgoztunk, ezeket döntési mátrixba helyezve választottuk ki a megfelelő koncepciót. Tekintve arra, hogy a szempontok nem egyenlő mértékben befolyásolják a kiválasztandó koncepciót, így a fontosabb tényezőket egy magasabb, a kevésbé fontosabbnak vélteket egy alacsonyabb szorzótényezővel láttuk el. Minél nagyobb az adott koncepció pontszáma annál jobb a kísérlet elvégzésére. Egy koncepció pontszámát úgy kaptuk, hogy az adott tényezőre kapott pontot a szorzótényezővel megszoroztuk, majd koncepciónként a pontokat összegeztük. Ezek alapján a négy marógépre és három esztergagépre tervezett koncepcióból kiválasztottuk a legjobban teljesítőket. Ahogy az az 1. táblázat pontszámaiból látható, a harmadik maró környezet és a harmadik esztergakörnyezet lett a legjobb koncepció.

	Ismétlési pontosság	Mérési pontosság	Készülékek száma	Komplexitás	Kísérletek száma	Mérések száma	Készülék költsége	Elérhetőség	Mérőeszközök költsége	Σ
Súlyozás	8	6	3	5	6	7	4	4	3	
Maró #1	8	6	10	10	8	6	10	10	10	380
Maró #2	8	8	8	8	4	6	7	10	10	340
Maró #3	8	6	10	8	10	10	10	8	10	402
Maró #4	8	6	10	9	7	10	10	8	8	383
Eszterga #1	6	6	8	7	10	6	7	8	8	329
Eszterga #2	8	6	8	7	5	10	6	6	5	322
Eszterga #3	8	8	8	8	5	10	9	6	5	351

1. Táblázat: Döntési mátrix és a legjobban teljesítő koncepciók

3 Készülék konstrukciók bemutatása és értékelése

Ebben a fejezetben a végleges koncepciók kidolgozását mutatjuk be. A tervezés során a döntési mátrixból legjobb pontszámot elérő koncepciókat dolgoztuk ki. A mérési környezetek tervezéséhez a következő gépeket választottuk:

- Marókönyezet: NCT Kondia B640 megmunkáló központ,
- Esztergáló környezet: Okuma LB3000EX II esztergáló központ.

3.1 Marógép környezet készülékének tervezése

A készülék a KISTLER Type 9257B típusú többkomponensű dinamométer felépítménye. Az erőmérő mérési tartománya -5 – 5 kN, azonban az erőmérő felső síkjától 25 mm-en belül kell az erőhatásnak ébrednie [3]. Ezzel a készülék magassága korlátozva van. Másik korlátozó tényező, a szerszámkinyúlás. A forgácsolási kísérlet során olyan hosszú fűrőszárat kell alkalmazni, hogy az a munkadarabon áthaladjon, de a szerszám befogó ne érjen hozzá a munkadarabhoz.

Az ülék az erőmérőhöz két M8x16-os belsőkulcsnyílású csavarral rögzíthető. A munkadarab rögzítő lemez a készüléktesthez 4 darab M5x25-ös csavarral rögzíthető. A rögzítő lemez pozicionálása a készüléktesthez két ISO 2338 szabvány szerinti, Ø5-ös illesztőszeg biztosítja. Az illesztőszegek a rögzítő lemezhez szoros tűrésűek, míg az egyszerű használat végett a készüléktestben laza tűrésűek. A készülék bemérését a készüléktesten kell végezni.

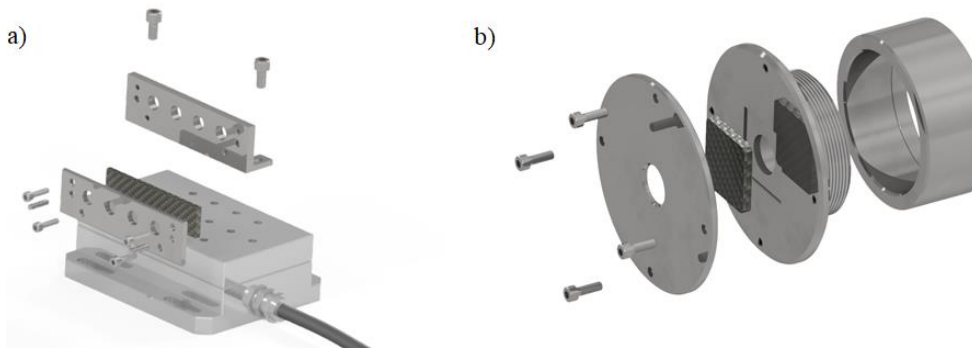
A munkadarab a méretre vágása után helyezhető a készülékbe, amin négy kísérlet végezhető el egymás után. A megmunkálás során a munkadarabok kihajolhatnak, ennek elkerülése végett a készülék furatai az előírt szerszámnál sugárirányban 1 mm-el nagyobbak, így kellő mértékű alátámasztási felület van biztosítva. A furatok középpontja az erőmérő felső síkjától 25 mm-re

helyezkedik el. A maró készülék az 1.a ábrán látható.

3.2 Esztergáló gép környezet készülékének tervezése

Célunk a készülék tervezésénél az volt, hogy a készüléken különböző átmérőjű szerszámokkal is lehessen megmunkálást végezni. A készülék munkadarab tartó része egy M80x2 LH finommenettel rögzíthető a befogásba. Balmenet alkalmazása szükséges, mivel a forgácsolási kísérlet közben a készülékre ható, forgácsolásból származó nyomaték, illetve a centrifugális erő letekerheti a munkadarabtartót jobbmenet alkalmazása és jobbos fűrészszer szám alkalmazásakor, ezzel kárt okozhat a gépben, mérő környezetben. Balmenet esetén a készülékre ható nyomaték rászorítja a befogásra a munkadarab rögzítőt. A balmenet finommenetes, ezzel nagyobb a kapcsolódási felület a két elem között, illetve a finommenet alkalmazásával nő a menetek közötti súrlódás, ezzel is csökkentve az elmozdulás valószínűségét.

A munkadarab tartó készülék hornyába helyezhető az előírás szerint megmunkált szálerősített polimer kompozit lemez. A munkadarab szorító lemez 4 db M4x12 csavarral rögzíthető a rögzítő lemezhez. A munkadarab tartó és rögzítő lemez forgástengelyében található egy Ø22 mm átmérőjű furat, ami lehetővé teszi egy maximum Ø20 mm átmérőjű szerszám alkalmazását. A készüléktestbe egy négyzet alakú zseb segíti a munkadarab elhelyezését, illetve a szorítással együtt akadályozza meg, hogy a megmunkálás során fellépő nyomaték hatására elforduljon a munkadarab. Az esztergáló készülék az 1.b ábrán látható



1. Ábra: A maró készülék (a) és az esztergáló készülék (b) robbantott ábrája

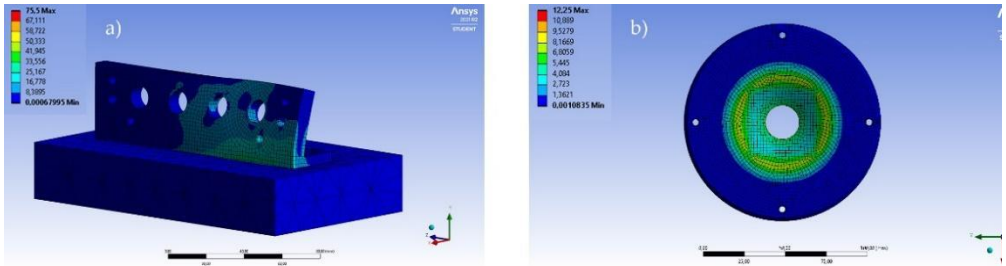
3.3 Készülékek végeleemes analízise

Az terhelés nagyságnak értékét C.C Tsao és H. Hocheng kutatása [4] alapján határoztuk meg az 1. egyenlet alapján.

$$F = -91,5 + 1583,9f + 2,8 \cdot 10^{-2}n + 10,4d, (1)$$

Ahol $f=0,35$ mm/ford az előtolás, $n=3800$ 1/min a szerszám fordulatszama, $d=10$ mm a fűró átmérője. Az f és n paraméterek egy korábbi kutatás alapján lettek meghatározva [5]. Az 1. egyenletbe behelyettesítve $F=637,27$ N erőt kaptunk. Mivel a mérési kísérlet során a paraméterek nagyobb értéket is felvehetnek, így egy magasabb biztonsági tényező figyelembevételét határoztuk meg. A biztonsági tényező értéke $s=1,5$. A szimulációban alkalmazott terhelés nagysága így $F_{sim}=1010$ N nagyságú.

A 2.a és 2.b ábrákon a tervezett készülékek feszültségeloszlása és nagyított deformációi láthatóak. A fellépő maximális feszültségek a maró készülék esetében $\sigma=75,5$ MPa, az esztergáló készülék esetében $\sigma=12,5$ MPa voltak, amely értékek megfelelők.

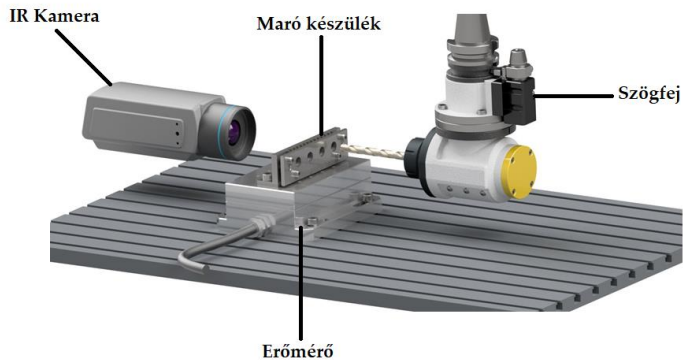


2. Ábra: A maró készülék feszültségeloszlása (a) és az esztergáló készülék feszültségeloszlása (b)

4 Környezetek bemutatása

4.1 Marási környezet bemutatása

Az infravörös hőkamera a munkadarab hátoldalát vizsgálja, így a forgácsolás során fellépő hőmérsékletváltozást lehet vizsgálni. A munkadarab belsejében lévő hőmérséket egy K-típusú hőelem végzi, amelyet a munkadarabba megmunkált furatba kell helyezni, így lehetséges az anyagon belül a forgácsolási hőmérséklet mérése. Az erőmérőt a gép munkasztalához pozícionálni kell, ugyanis ferde fúrás esetén több tengely mentén is kialakulnak erőkomponensek, ezáltal a mérés nem ad valós értéket. A megmunkálás közben keletkező forgácsot folytonosan el kell távolítani, mivel a CFRP (a kutatócsoport által leggyakrabban vizsgált anyag) forgácsolásakor keletkező por az egészségre káros és a gép mozgó alkatrészeiben is kárt tehet. A mérési környezet a 3. ábrán látható.

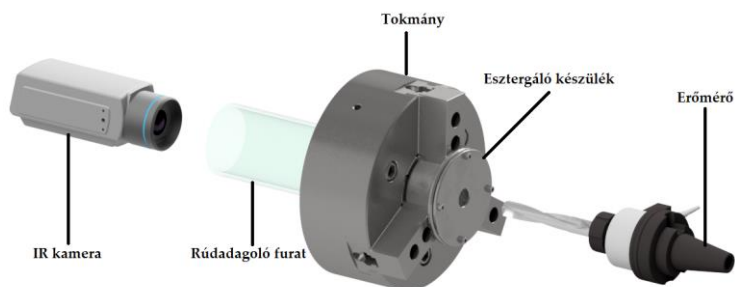


3. Ábra: A maró környezet összeállítása

4.2 Esztergálási környezet bemutatása

Az esztergáló környezetben hőkamerás mérést az eszterga rúdadolóján keresztül végzünk. A megfelelő felbontás érdekében egy nagy gyújtótávolságú lencsét kell alkalmazni, amely a munkadarabon a kilépési felületet kellőképp felnagyítja. A termoelemes hőmérsékletméréshez a fúrószár vágóéléhez közel egy kisméretű furatot kell fúrni, amelybe behelyezhető a hőelem. Mivel a forgó mozgást a munkadarab végzi, ezért figyelemmel kell lenni arra, hogy a hőelem vezetéke ne

érjen hozzá a munkadarabtartó készülékhez, vagy a tokmányhoz. Az erőmérést a megmunkáló szerszámon lehet elvégezni. Az erőmérőt az esztergagép revolverfejére szerelt szerszámbefogóval lehet rögzíteni. A mérési környezet összeállítása a 4. ábrán látható.



4. Ábra: Az esztergáló környezet összeállítása

5 Összefoglalás

Az FRP kompozitok vizsgálatára nincsen szabványosított mérőberendezés, és más kutatócsoportok által alkalmazott környezetek jellemzően aluldokumentáltak, illetve a forgácsolási jellemzők egyidejű mérése korlátozottan kivitelezhető. Munkánk során egy olyan marási és esztergálási környezetet terveztünk, ahol lehetőség nyílik az FRP kompozitok forgácsolási hőmérsékletének és a forgácsolási erő nagyságának szimultán módon történő mérésére.

6 Köszönetnyilvánítás

Ezt a kutatást a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal OTKA-PD20-134430 azonosítószámú projektje támogatta.

7 Hivatkozások

- [1] W. G. Roeseler, B. Sarh, és M. U. Kismarton, „COMPOSITE STRUCTURES: THE FIRST 100 YEARS”, *Compos. Struct.*, o. 10.
- [2] L. Sorrentino, S. Turchetta, L. Colella, és C. Bellini, „Analysis of Thermal Damage in FRP Drilling”, *Procedia Eng.*, köt. 167, o. 206–215, 0 2016, doi: 10.1016/j.proeng.2016.11.689.
- [3] KISTLER, „Type 9257B Instruction Manual”.
- [4] C. C. Tsao és H. Hocheng, „Evaluation of thrust force and surface roughness in drilling composite material using Taguchi analysis and neural network”, *J. Mater. Process. Technol.*, köt. 203, sz. 1, o. 342–348, júl. 2008, doi: 10.1016/j.jmatprotec.2006.04.126.
- [5] D. I. Poór, „Új és reciklált szénszál erősítőanyagú polimer kompozitok összehasonlító forgácsolhatósági vizsgálata”. Diplomamunka, BME-GTT, 2021.



Nagyszilárdságú acéllemezek lángvágása

Flame cutting of high strength steel sheets

¹Kuti János, ²Gyura László, ³Dr. Gáti József

¹Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország kuti.janos@bgk.uni-obuda.hu

²Linde Gáz Magyarország Zrt., Budapest, Magyarország, laszlo.gyura@linde.com

³Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország gati@uni-obuda.hu

Összefoglalás

Jelen összeállítás a nagyszilárdságú acélok lángvágási technológiájának vizsgálatát mutatja be, melynek során vizsgáltuk az acetilén-, és propán előmelegítő gázok, a vágó oxigén mennyiségének-, valamint három előmelegítési hőmérséklet hatását a hőciklusra. Metallogáfiai vizsgálatot és keménységmérést végeztünk a lángvágás várható hatásának elemzésére az XAR400 és S960Q acélminőségeken. A kísérleti eredmények alapján ajánlásokat fogalmaztunk meg a vizsgált nagyszilárdságú acélok lángvágásának gyakorlati végrehajtásához.

Kulcsszavak: lángvágás, nagyszilárdságú acél

Abstract

In this study the flame cutting technology of high-strength steels is examined. The effects of acetylene and propane preheating gases, the amount of cutting oxygen, and three preheating temperatures on the thermal cycle were investigated. Based on metallography and hardness measurements recommendations were formulated for the practical implementation of flame cutting on the investigated XAR400 and S960Q steel grades.

Keywords: flame cutting, high strength steel

1 Bevezetés

Napjainkban egyre jobban előtérbe kerülnek a szerkezet tömegének csökkentésében szerepet játszó nagyszilárdságú acélok. Ennek megfelelően a kutatási témánk a nagyszilárdságú acélok lángvágási technológiájának vizsgálatára irányult, mely eljárás nagy sebességgel, megfelelő pontossággal biztosítja az anyagszétválasztást, és hegesztési él előkészítést.

2 Kísérletek bemutatása

A kísérletek során a 8 mm vastagságú XAR400-as és a 10 mm-es S960Q nagyszilárdságú acélokat alkalmaztunk a lángvágás során bekövetkezett szerkezeti változások elemzésére. Mind a két esetben 300 mm hosszú próbadarabokat vágunk el a Linde Magyarország Zrt. Budapest, Illatos úti telephelyén.

A kísérletek során az alábbi paraméterek hatását vizsgáltuk

- fúvóka,
- hevítő lánghoz használt éghető gáz,
- vágóoxigén mennyisége,
- éghető gáz mennyisége,
- előmelegítés hőfoka (nincs, 100 °C, 200 °C, 300 °C).

A vágás után végzett vizsgálatokkal megállapítható a lángvágás hőhatásövezetének mérete, a keletkező szövetszerkezet, valamint a keménység változás a vizsgálati paraméterek függvényében. Az alkalmazott paramétereket a 1. táblázatban foglaltuk össze.

1. Táblázat Kísérleti paraméterek összefoglalása

Próba-darab száma	Munka-szám	Fúvóka	Égő/éghető	p O ₂ hevítő (bar)	p O ₂ vágó (bar)	p CH (bar)	V O ₂ Hev (l/h)	V O ₂ Vágó (l/h)	V CH (l/h)	v (cm/min)	l (mm)
1	CAK	ANME10-30		4		0,5	700	1500	350	48	10
2	CPK	HP337	C ₃ H ₈	3		0,5	600	1450	200	33	11
3	CAG	ANME10-30	C ₂ H ₂	2	4	0,5	400	2400	350	58	8
4	CPG	PNME10-25	C ₃ H ₈	2	3	0,5	400	1200	200	36	10
5	CA1	ANME10-30	C ₂ H ₂	2	4	0,5	400	2400	350	58	8
6	CA2	ANME10-30	C ₂ H ₂	2	4	0,5	400	2400	350	58	8
7	CA3	ANME10-30	C ₂ H ₂	2	4	0,5	400	2400	350	58	8
1	DAG	ANME10-30	C ₂ H ₂	2	4	0,5	400	2400	350	46	8
2	DPG	PNME10-25	C ₃ H ₈	2	3	0,5	400	1200	200	34	10
3	DA1	ANME10-30	C ₂ H ₂	2	4	0,5	400	2400	350	46	8
4	DA2	ANME10-30	C ₂ H ₂	2	4	0,5	400	2400	350	46	8

2.1 Választott acél minőségek

A kísérletek során alkalmazott S960Q acél főbb jellemzőit a 2. táblázat foglalja össze.

2. Táblázat 960Q acél vegyi összetétele, %

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
0,16	0,2	1,22	0,011	0,001	0,2	0,05
Mo	V	Ti	Cu	Al	Nb	B
0,605	0,037	0,002	0,01	0,055	0,015	0,001

A nemesített nagyszilárdságú acélok közé tartozó S960QL (MSZ EN 10025-6) SSAB által gyártott acél a kedvező szilárdsági jellemzőit az ötvöző tartalomnak, és a meleghengertést követő edzésből (Q), illetve magas hőmérsékletű megeresztésből (HTT) álló kétciklusú hőkezelésnek köszönheti. Az edzési folyamat végére az intenzív hűtés lehetővé teszi, hogy a lemez teljes keresztmetszetben finomszemcsés martenzitessé váljon. A megeresztés során létrejövő nem-egyensúlyi szövetszerkezetet a lángvágás a vágás környezetében irreverzibilisen megváltoztatja.

A vizsgálataink során alkalmazott XAR400 jelű acélt a ThyssanKrupp Steel gyártja, mely nagy kopásállósággal és ütésállósággal jellemezhető szferoidites, finomszemcsés nagyszilárdságú acéltípus, jól hajlítható, és hegeszthető. Garantált folyáshatára 1000 MPa, a keménysége 400 HB.

3. Táblázat Xar 400 acél vegyi összetétele, %

XAR 400 acél vegyi összetétele					
C	Si	Mn	P	S	Al-G
0,14	0,21	1,11	0,011	0,002	0,099
B-G	Cr	Mo	Nb	Ti	
0,0022	0,22	0,02	0,023	0,006	

A lángvágott darabokból a vágási él két szélén és a közepén próbadarabokat munkáltunk ki vízugaras vágással, majd azok felületét csiszolással és polírozással készítettük elő. A maratást követően mikro-, és makro felvételeket készítettünk, és keménységet mértünk mikro Vickers és Vickers HV5 eljárással. Mind az XAR400, mind a S960Q anyagnál megállapítható, hogy a hőhatás övezet nagysága függ az előmelegítés mértékétől és a vágóoxigén mennyiségétől.

2.2 XAR400 acél vizsgálata

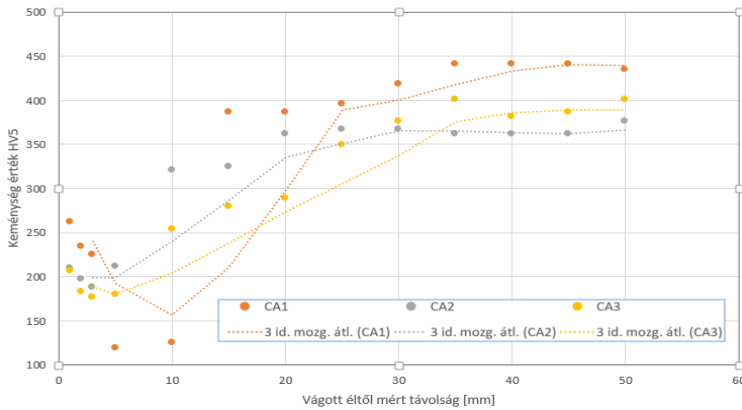
A 4. táblázat foglalja össze az XAR400 anyagminőség CA sorozata során (100 °C, 200 °C, 300 °C előmelegítés) meghatározott hőhatás övezet méretét, mely eljárás során minden hőhatás övezeti zónát tíz ponton mértünk le. Az első pont az, ahol elkezdődött a vágási folyamat, míg a 10. pontként mért értéket ott vettük fel, ahol befejeződött a vágás.

4. Táblázat CA 1-2-3 sorozat hőhatás övezeti értékeinek összefoglaló táblázata (mérések mm-ben)

A próbatestek azonosítói								
CA3-1	CA3-2	CA3-3	CA2-1	CA2-2	CA2-3	CA1-1	CA1-2	CA1-3
9,097	7,218	7,588	6,343	6,062	5,952	4,737	4,406	4,586
9,002	7,2	7,41	6,124	5,677	5,736	4,327	3,973	4,154
9,062	7,165	7,07	5,885	5,351	5,377	4,026	3,572	3,626
9,078	7,168	7,043	5,717	5,257	5,312	3,723	3,114	3,17
9,087	7,063	6,962	5,647	5,302	5,383	3,419	2,708	2,8
9,018	7,002	6,854	5,648	5,378	5,386	3,398	2,347	2,545
8,97	7,142	6,815	5,656	5,474	5,441	3,292	2,01	2,39
8,86	7,135	6,815	5,694	5,526	5,432	3,185	2,113	2,457
8,732	7,062	6,821	5,742	5,584	5,427	3,243	2,239	2,508
8,776	7,082	6,874	5,801	5,663	5,433	3,295	2,468	2,93
8,796	7,171	7,062	5,826	5,746	5,405	3,289	2,783	3,323

Megfigyelhető, hogy 100 °C-ra előmelegített próbatestnek a legkisebb a hőhatásövezete (4,7 mm és 3,1 mm). A 200 °C előmelegítésnél a hővel befolyásolt övezet ennél jóval nagyobb (6,3 mm és 5,6 mm), míg a 300 °C-ra előmelegített próbatestnek a legnagyobb a hőhatás övezeti zónája (7,5 mm és 6,8 mm). Érzékelhető, hogy az előmelegítéssel bevitt többlet energia növeli a hőhatásövezet nagyságát.

XAR400 lemez HV5 terheléssel végzett keménységmérés alapján megállapítható, hogy a finomszemcsésre hengerelt és diszperz kiválósos vegyületekkel felkeményedett szerkezete a vágási éltől 20-22 mm mélységig megváltozik.



1. Ábra CA sorozat keménységértékei és átlag görbéi

A diagramon mozgóátlag alkalmazásával kiküszöböltük az esetleges mérési hibákat is. A diagramon látható, hogy 20-25 mm mélyen szövetszerkezeti változás megy végbe az anyagban, ami a keménység változást okozza.

5. Táblázat Xar400 acél szövete képei

CA sorozat alapszöveve 1000x nagyításban	XAR400 anyag szöveve a vágási éltől 1 mm-re 100x nagyításban	XAR400 anyag szöveve a vágási éltől 1mm 250x nagyításban	A XAR400 szöveve a keménység változás határán nagyítás 1000x

Az 5. táblázatban 100x nagyításnál látható, hogy az alapszövethez képest durvább szemcsék alakultak ki, felismerhető a Wittmannstadten jellegű ferrit. A vágóél mellett közvetlenül megolvadt az anyag és kialakult a jellegzetes dendrites szerkezet. A vágási éltől 20-25 mm-re érzékelhető, hogy szemcseméret durvább az alapszövetnél, körülbelül 10-szeres lett. Minden bizonnyal a kiválások, az ötvöző vegyületek felbomlottak, beoldottak, a szemcsefinomító hatásuk már nem érvényesül és ennek következményeként lecsökkent a keménység.

2.3 S960Q anyag vizsgálati eredményei

A S960Q acélnál is megnőtt a hőővezet az előmelegítés mértékének növelésével. Összehasonlítva a XAR400-as anyaggal megállapítható, hogy annak ellenére, hogy a S960Q anyag vastagsága 2 mm nagyobb, kisebb a hőhatásővezete. A 6. táblázat a hőhatásővezet jellemzőt, míg a 7. táblázat a szövetszerkezetét szemlélteti.

A S960Q acél alapszövetszerkezetete finomszemcsés szferoidit. Közvetlen a vágott él mellett megfigyelhető a megolvadt alapanyag, némi dendrites szövet kialakulása. A vágás közvetlen környezetében átalakult szövet erősen bainites és a szemcsemérete jóval nagyobb (10 – 50 μm). A finomszemcsés szferoidites alapszövet megváltozott, a termomechanikus hengerlésből visszamaradt alakítási feszültségek és a hőmérséklet hatására újrakristályosodott, a szemcsék durvábbak.

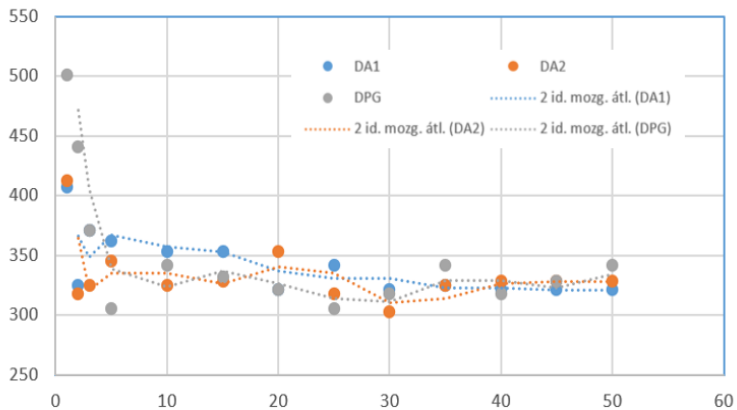
6. Táblázat A hőhatásövezet eltérései 100 °C és 200 °C előmelegítés esetén (mm)

DA1-1	DA2-1	DA1-2	DA2-2	DA1-3	DA2-3
4,221	5,391	4,417	5,418	4,274	4,154
3,747	4,724	3,971	5,222	3,602	4,258
3,292	3,991	3,525	4,465	3,118	3,492
2,823	3,597	3,028	3,857	2,632	2,624
2,361	2,787	2,431	3,203	2,22	1,977
1,932	2,317	1,974	2,363	1,862	1,72
1,782	1,953	1,726	2,108	1,73	1,606
1,718	1,756	1,633	2,061	1,769	1,758
1,864	1,779	1,691	2,432	1,857	2,057
2,078	1,815	1,901	2,637	2,04	3,191
2,258	2,216	1,975	2,777	2,098	3,525

7. Táblázat 960Q acél hőhatásövezetének szövetszerkezete



100 °C (DA1), 200 °C (DA2) előmelegítés nélkül vágott próba (DPG) közvetlenül a vágóél mellett 1–3 mm-re felkeményedett. A legnagyobb keménység változás az előmelegítés nélküli darabon figyelhető meg. Ennek oka, hogy mivel nincs felhevítve az alaplemezünk 100 vagy 200 °C-ra, így nagyobb a hőelvonó képessége és gyorsabb hűtés valósul meg, ezáltal nagyobb keménység alakul ki. A keménység diagramon jól megfigyelhető, hogy 3-4 mm között nagyjából visszaáll a keménység az anyag alap keménységére.



2. Ábra DA sorozat keménységértékei és átlag görbéi

3 Konklúzió

Valós körülmények között végzett kísérletsorozaton keresztül vizsgáltuk lángvágás során az acetilén és propán hevítő gázok, a vágó oxigén mennyiségének-, valamint további három előmelegítési hőmérséklet hatását a hőciklusra. Metallogáfiai és keménységmérést végeztünk a lángvágás várható hatásának elemzésére az XAR400 és S960Q acélminőségeken.

A kísérleti eredmények figyelembe vételével a lángvágások során az alábbi szempontokat célszerű figyelembe venni

- nem javasolt az XAR400 acélminőség vágása lánggal, mivel a hőközlés hatására nagy mélységben megváltozik a szövetszerkezet és a keménység is, magával hozva kopásállóság csökkenését a jelzett szakaszon;
- a nagyszilárdságú acélnál is érvényes, hogy a bevitt energia függvényében szövetszerkezeti változások következnek be, annak ellenére, hogy a mikroötvözők mennyiségét tekintve arra számíthatnánk, hogy rossz a hővezető képesség;
- a S960Q típusjelű acél az összetétele alapján jól vágható lánggal és vizsgálataink alapján is kijelenthető, hogy a vágás nem okoz a szövetszerkezetben jelentős változást. A hőhatás övezet és az újrakristályosodott zóna is olyan kisméretű, hogy lángvágást követő hegesztésnél ezen zónák újraömllesztésre kerülnek a hagyományos ívhegesztő eljárásoknál.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők ezúton kívánnak köszönetet mondani a támogatáshoz a 2020-1.1.2-PIACI-KFI-2020-00081 számú pályázat keretében a Magyar Államnak és az Európai Uniónak.

4 Hivatkozások

- [1] Gáti, J. (2004). Hegesztési Zsebkönyv, Cokom Kft., Miskolc.
- [2] MSZ EN ISO 9013:2017 Termikus vágás. A termikusan vágott felületek osztályba sorolása. Termékek geometriai követelményei és minőségi tűrések
- [3] Bitay, E., Bagyinszki, Gy., Dobránszky, J. (2013). A hegesztés, a forrasztás és a termikus vágás fémtechnológiai alapismeretei, Elektronikus egyetemi jegyzet.
- [4] Komócsin, M. (2005). Gépipari anyagismeret, Cokom Kft.
- [5] Weltsch, Z. (2019). Járműipari kötésechnológiák, Akadémiai Kiadó.
- [6] Pelleg, J. (2018). *Basic Compounds for Superalloys: Mechanical Properties*. Elsevier.
- [7] László, G., János, K., & András, B. (2019). Lángegyengetés hőciklusai. *Multidiszciplináris Tudományok*, 9(4), 142-151.
- [8] Gáspár, M., & Balogh, A. (2013). GMAW experiments for advanced (Q+ T) high strength steels. *Production Processes and Systems*, 6(1), 9-24.
- [9] Granjon, H., & Buchmayr, B. (1993). *Werkstoffkundliche Grundlagen des Schweissens: und Anhang: Berechnung schweisstechnischer Kenndaten mit dem Softwarepaket WEZ-Kalkulator*. Deutscher Verlag für Schweißtechnik.
- [10] Szunyogh, L. (2007). Hegesztés és rokon technológiák kézikönyv. *Gépipari Tudományos Egyesület, Budapest*.



Hálózati anomáliák detektálása gépi tanulás segítségével

Network anomaly detection with machine learning

¹Nagy Attila, ²Simon János

¹Óbudai Egyetem, Szabadka, Szerbia, nagy.a@uni-obuda.hu

²Szegei Tudományegyetem, Szabadka, Szerbia, simon@u-szeged.hu

Összefoglalás

Napjainkban szinte minden területen fontos a biztonság. A 21. Században a digitalizáció folyamatosan terjed. A számítógépes hálózatok fontos feladatot végeznek el ebben a folyamatban. Ezért a számítógépes hálózatok biztonsága egy fontos terület. Jelen tanulmányban a hálózat biztonságra fogunk koncentrálni. Be lesz mutatva, hogy régen milyen biztonsági megoldások voltak, most milyenek vannak és hogy mire számíthatunk a jövőben.

Kulcsszavak: biztonság, hálózat, anomáliák, gépi tanulás

Abstract

In every area security is almost important today. In the 21st century, digitization is constantly spreading. Computer networks play an important role in this process. The security of computer networks is a very important area. Present study focuses on network security. The security solutions are presented, what they are like now and what we can expect in the future.

Keywords: security, networks, anomalies, machine learning

1 Bevezető

Jelent tanulmányban bemutatjuk, hogy mi szükséges a hálózati anomáliák detektálására. Hogy egy nagyobb képet kapjunk bemutatjuk, hogy mi a kiberbiztonság. Átvesszük, hogy régen milyen technológiával védtük a számítógépes hálózatokat és jelen pillanatban milyen lehetőségek vannak. A gépi tanulás módszerénél a fő pontok lesznek bemutatva, hogy mire van szükségünk, ha ezt a megoldást válasszuk a hálózatok védelmére. A technológia rohamos fejlődése miatt érdemes a jövőbeni megoldásokat is szemügyre venni.

2 Kiberbiztonság

Azt, hogy mivel foglalkozik a kiberbiztonság talán a legegyszerűbb úgy megérteni, ha megnézzük mi is a kibertér. A kibertérről számos fogalmi meghatározást lehet találni az interneten. Még nincsen egy elfogadott közös definíció. A Nemzeti Kiberbiztonsági Stratégia definíciója szerint: „A kibertér globálisan összekapcsolt, decentralizált, egyre növekvő elektronikus információs rendszerek, valamint ezen rendszereken keresztül adatok és információk formájában megjelenő társadalmi és gazdasági folyamatok együttesét jelenti.” Ami azt jelenti, hogy a biztonság a fizikai, logikai és humán aspektusaira koncentrálni. Egy vállalatban vagy szervezetben belül a

számítógépes hálózatokat a végpontokat és az alkalmazásokat is biztonságossá kell tenni.

3 Számítógépes hálózat védelme

3.1 Múlt

Az első valós idejű behatolásérzékelő rendszert (Intrusion Detection Systems - IDS) 1984 és 1986 között Dorothy Denning és Peter Neumann fejlesztették ki. Két féle IDS-t különböztetünk meg: - Host-alapú behatolásérzékelő rendszereket (log és állományokat monitorozásra) és hálózatalapú behatolásérzékelő rendszereket. Számunkra az utóbbi a fontos. Minták alapján határozza be az esetleges támadásokat. Hátránya, hogy sok fals riasztást eredményez, csak minták alapján képes észlelni a támadást vagy az anomáliákat.

3.2 Jelen

A gépi tanulási algoritmusok nagy mennyiségű adatok kezelésére alkalmas, olyan dolgokat állapíthatunk meg a segítségével, amit szabad szemmel vagy más eszközökkel nem vagyunk képesek. 2010-es években a gépi tanulási megoldások széleskörűen terjedtek el, az 1950-es években jelentek meg, de akkor még nem volt ilyen nagy mennyiségű digitális adat, sem számítógép, ami feldolgozná azt. A gépi tanulási algoritmusokat csoportosítani lehet, így kapunk három fő területet, aminek a neve felügyelt tanulás, felügyelet nélküli tanulás és megerősítéses tanulás. Az anomáliák észlelésére a felügyelt nélküli tanulást kell alkalmazni az ide tartozó algoritmusok pedig a K-közép, Gauss mátrix, SVD mint dimenzió csökkentő algoritmus, neurális hálózatok és mély tanulás. A gépi tanulási megoldások előnye a behatolás érzékelőkkel szemben, hogy gyorsabb, pontosabb és a nulladik napi támadások észlelésére is alkalmas, ami egy nagy előny a védekezésben.

A gépi tanulást számos kiberbiztonsági területen lehet alkalmazni, mint kártevő szoftverek detektálására, social engineering (deepfake, állhír, személyazonosság elemzésére), behatolás tesztelésre (web szerverek sérülékenység elemzésére, deanonimizálni a tor felhasználót, kártevő URL-ek észlelésére), automatikus behatolásérzékelő rendszerek (Adathalász oldalak detektálása, hálózati anomáliák detektálása). Lehet látni, hogy igen széleskörű felhasználási lehetőségek vannak a gépi tanulás segítségével. Mi most az anomáliák detektálásával foglalkozunk kicsit részletesebben.

3.2.1 Adatkörök

Mint ahogy olvashattuk a gépi tanulást többféle kiberbiztonsági területen lehet alkalmazni. Hogy az algoritmusokat használni tudjuk szükségünk van adatbázisokra vagy más néven adatkörökre. Ezek az adatkörök különböző adatokat tartalmazhatnak. A mi esetünkben olyan adatokra van szükségünk, ami hálózati forgalmat tartalmaz és különböző támadásokat.

Az adatkörök létrehozása körülményes mivel nem minden hálózati forgalom publikus. Sokáig kevés adatkör volt a kiberbiztonság területén. A Kanadai Kiberbiztonsági Intézet változtatott ezen és évről évre újabb adatköröket tesznek közzé (IDS 2018, IDS 2017, NSL-KDD, DDoS 2019, Darknet 2020, Tor 2016, VPN 2016, Botnet 2014) és sajnos még ez sem elég a kutatási területnek, több hálózati adatkörre lenne szüksége. A mi szempontunkból az IDS 2018-as érdekes, mivel tartalmaznak új hálózati támadásokat ellentétben a régebben előállított adatkörökkel. Az IDS 2018 a következő támadásokat tartalmazza:

- Bruteforce támadás (FTP, SSH)
- Túlterheléses támadás (Hulk, GoldenEye, Slowloris, Slowhttptest)
- Web támadás (DVWA, XSS, Brute-force)
- Zombi hálózat támadás
- Beszívargó támadás

- Elosztott túlterheléses támadás és Port szkennelés (LOIC, http requests)

3.2.2 Hálózati támadások

A hálózati támadásokra többféle csoportosítást is kialakítottak az elmúlt években. Mi az egyik fő csoportosítást választottuk, ami a következő:

- Szolgáltatásmegtagadással járó támadás (Denial of Service DoS)
- Információgyűjtés (Probe)
- U2E (Felhasználó a root felé)
- R2U/R2L (Távoli hozzáférés felhasználó felé vagy lokálisan)

3.3 Anomáliák

Az anomáliák akkor következnek be, amikor kimagasló, szokatlan vagy az átlagtól eltérő adatot látunk. A mi esetünkben az anomália valamilyen támadásra fog utalni, de lehet meghibásodás, csalás vagy más szokatlan körülmény más helyzetekben. Az anomáliák (más néven outliere-ek) amikor előfordulnak akkor igencsak nagy kárra utalhatnak, ezért fontos az észlelésük.

Az anomáliákat három típusát különböztetjük meg, amik a következők:

- pont-anomália,
- környezeti (kontextuális) anomália és
- együttes (kollektív) anomália.

„Pont-anomália alatt olyan objektumot értünk, amely önmagában is nagyban eltér a sokaság egészétől”, szóval, ha drámaian eltér az adatunk a megszokottól akkor az pont-anomália. Ha valaki csak nappal vesz fel pénzt és egyszer megtörténik, hogy éjszaka akkor az egy pont-anomáliát eredményez. „Környezeti anomáliák közé tartoznak például olyan mérési eredmények, amelyek önmagukban véve nem szokatlanok, de az adott szituációban igen”. Ha egy ember kisebb összegben vásárol napi szinten a boltban, de ünnepek nagyobb összegben vásárol akkor kontextuális anomáliáról van szó. Fontos ezt az anomália típust kontextusában figyelni. „Együttes anomáliák alatt olyan mérési eredményeket értünk, amelyek önmagukban nem tekinthetők anomáliának, együttesen viszont igen.” A példát az egyik túlterheléses támadás típusával könnyű megérteni. A támadás neve SYN elárasztás. Amikor egy szerverre szeretnénk csatlakozni akkor egy három utas kézfogást kell lebonyolítanunk kliens és szerver között. Ez úgy történik, hogy a kliens elküld a szerverre egy SYN csomagot a szerver visszaküld egy ACK és SYN csomagot, és végül a kliens küld egy ACK csomagot és a kapcsolat létrejön. A támadás úgy zajlik le, hogy a szerverre nagy mennyiségű SYN csomagot küldünk, de sose csatlakozunk a szerverre. Na most, ha a kliens csak egy SYN csomagot küld a kapcsolat létrehozása érdekében akkor még nem beszélhetünk támadásról (együttes anomáliáról), de ha egy kliens ezer SYN csomagot küld a szervernek akkor együttes anomáliáról van szó.

3.4 Jövő

A kvantum számítógép egy következő szintre fogja emelni a védelmet és a hálózat védelmet is. A kvantum számítógép és a gépi tanulás ötvözésével gyorsabb és pontosabb megoldások lesznek. Amihez a mostani számítógépnek 1 hét kell a kvantum számítógépnek 1 másodperc.

4 Konklúzió

Olvashattuk, hogy a hálózat biztonság egy fontos terület. A hálózatokat régen milyen módszerekkel védték és hogy jelen pillanatban milyen megoldások vannak. A gépi tanulási

módszerekkel pontosabb és gyorsabb észlelést produkálhatunk és emellett a nulladik napi támadások észlelésére is alkalmas, amire a régi módszer nem tudott választ adni. A jövőben a biztonság még fontosabbá fog válni és a kvantum számítógép ebben tud majd segítségül lenni.

5 Hivatkozások

- [1] 1139/2013. (III. 21.) Korm. Határozat – Magyarország Nemzeti Kiberbiztonsági Stratégiája:
https://20102014.kormany.hu/download/b/b6/21000/Magyarország_Nemzeti_Kiberbiztonsagi_Strategiaja.pdf
- [2] Behatolás-érzékelők, <http://old.sztaki.hu/~btoth/sztaki/IDS.pdf>
- [3] Gépi tanulás a gyakorlatban: <https://www.inf.u-szeged.hu/~rfarkas/ML21/index.html>
- [4] IDS 2018: <https://www.unb.ca/cic/datasets/ids-2018.html>
- [5] Kostas, K. (2018). Anomaly detection in networks using machine learning. *Research Proposal*, 23, 343.
- [6] Tsukerman, E. (2019). *Machine Learning for Cybersecurity*. Packt Publishing Ltd.
- [7] Ferenc, B., & Krisztián, B. (2014). Adatbányászat.
- [8] What is quantum computing:
<https://www.ibm.com/quantum-computing/what-is-quantum-com>



Önnyíló konténer konstrukciók nyitási módszereinek elemzése – I. rész

Analysis of opening methods for self-opening container designs – Part 1

¹Horváth Richárd, ²Mészáros Levente, ³Oláh Ferenc ⁴Mendi Tamás

¹Óbudai Egyetem, Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságttechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország, horvath.richard@uni-obuda.hu

²Óbudai Egyetem, Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságttechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország, meszaros.levente@uni-obuda.hu

³Óbudai Egyetem, Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságttechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország, olah.ferenc@uni-obuda.hu

⁴Clasman Kft, Dunaujváros, Magyarország, tamas.mendi@clasman.hu

Összefoglalás

A jelen cikkben bemutatásra kerül egy speciális önnyílásra alkalmas egyedi konténer nyitási mechanizmusainak főbb lehetőségei. A bemutatott mechanizmusokat ismertetjük azok várható tömege és területnövekedése szempontjából. Az ismertetett konstrukciókat végül összegezzük eredményeinket azok előnyei és hátrányai szempontjából.

Kulcs szavak: lakókonténerek, konténer kialakítások, önnyíló mechanizmus

Abstract

In this article, the main possibilities of opening mechanisms for a particular self-opening individual container are presented. The presented mechanisms are described with respect to their expected mass and area increase. Finally, the presented designs are summarized in terms of their advantages and disadvantages.

Keywords: residential containers, container designs, self-opening mechanism

1 Bevezetés

Napjainkban a mobil épületek egyre népszerűbb lakhatási alternatívát jelentenek, köszönhetően a számos előnyös és praktikus tulajdonságainak. Általában könnyen felépíthető konstrukciók, a telepítés költségigénye fajlagosan alacsonyan tartható. Emellett az ilyen típusú lakóépületek méretének kialakítása tág határok között mozog. Nem utolsó sorban, a kényelem mellett egyre nagyobb figyelmet fordítanak a fejlesztők a designra, mely mind a külső, mind pedig a belső látványos megjelenítést magában foglalja (lásd 1. ábra) [1].



1.ábra Lakókonténer belső terének egy lehetséges kialakítása [1]

Az önyíló konténereknek bonyolultabb szerkezeti kialakítása miatt számos problémát kell áthidalniuk. Többek között ilyen a hőszigetelés és a vízhatlanság problémája, valamint a komfortos lakhatóság kérdése. Nem megfelelő hőszigetelés esetén a mobil ház fenntartási költségei megemelkednek, továbbá a benne élő személyek komfortérzete is romlik. A lakóépületeknek meg kell felelniük az adott éghajlati körülményeknek. Nem megfelelő védelem esetén egy eső vagy havazás a tulajdonosnak komoly anyagi kárt okozhat. Végezetül fontos, hogy az önyílásért felelős mechanizmus kellően diszkrét legyen ezzel nem befolyásolva a lakóegység belső és külső esztétikáját. Továbbá a komfortérzet érdekében a nyílás során a padló és tetőszerkezet egy sínbe esése, ugyanis a padlózatban kialakuló lépcsők nehezítik az alátámasztás megoldását, ezen kívül ronthatják a komfort érzetet akár csak a tetőszerkezet egyenlőtlenége, ugyanis ez a fejtér csökkenésével jár. További fontos szempontok még az egyszerű mechanika, és a tápellátás nélküli nyithatóság. Erre mutat egy speciális példát a Ten Fold Engineering vállalat platformja, mely egyszerű és megbízható rendszereket fejlesztett ki az alakváltoztató épületek, szerkezetek és eszközök kibontására, hogy azok kényelmesen mozgathatók legyenek. Erre látható egy példa a 2. ábrán [2].



2.ábra A Ten Fold Engineering önyíló mobil háza [2]

A mobil épületek természetesen nem csak lakhatási szándékkal telepíthetők, illetve használhatók. Henderson [3] egy, a kölni tűzoltósággal és a Kölni Levéltárak és Könyvtárak

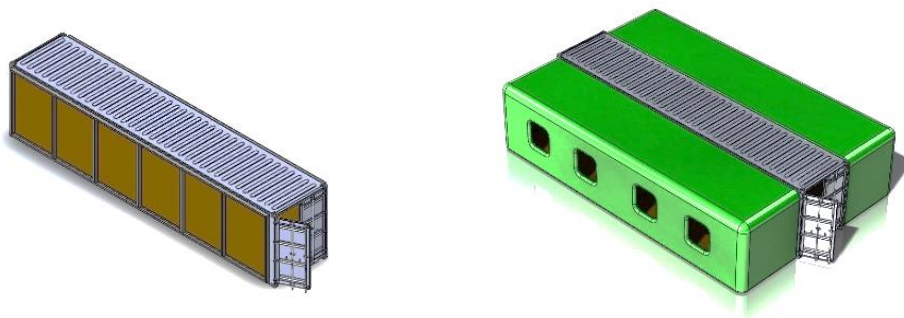
Sürgősségi Egyesületével szoros együttműködésben tervezett vészhelyzeti konténer mutat be, melynek célja a katasztrófák által érintett gyűjtemények megmentése. A konténer lehetővé teszi a helyszíni mentéshez szükséges anyagok, eszközök, felszerelések tárolását. Az alkalmazhatóság vizsgálata éles körülmények között történt meg, a németországi Stolberg városában a 2021 nyarán bekövetkezett szörnyű árvíz utáni helyreállítások során. Ebben a cikkben egy kutatás fejlesztési projektben tervezendő speciális önnyló konténer család mozgató mechanizmusának lehetőségeit mutatjuk be. A konstrukciós megoldások részletes ismertetése után azok összevetésével kiválasztásra kerül a legmegfelelőbb mozgató mechanizmus.

2 Anyagok és módszerek

Az elemzés során ebben a cikkben kétféle mechanizmust vizsgáltunk át részletesebben. Valamennyi alternatívára igaz volt, hogy a kiinduló paraméterei a szabvány 40 lábas konténer műszaki paramétereivel egyezett meg. Továbbá mindegyik mechanizmus modellezésre került, amely segítségével szimulálni tudtuk a nyitás mechanizmusának a menetét. A következőkben ezeket az alternatívákat ismertetjük röviden.

2.1 Vizsgálatba vont konstrukciók – felfújható verzió

Az első alternatíva, ami bemutatásra kerül, az egy felfújható elven működő koncepció. A mechanizmusban először a konténer padló szerkezete egy aktuátor segítségével lenyílik, majd a következő lépésként egy kompresszor feltölti levegővel a felfújható ponyvát. Ezzel a megoldással a nettó alapterület közel 85 nm-re megnövelhető, és szerkezet becsült össztömege 2 tonna. A 3. ábra szemlélteti a konténer zárt (3.a. ábra) és nyitott (3.b. ábra) képét.



a.

b.

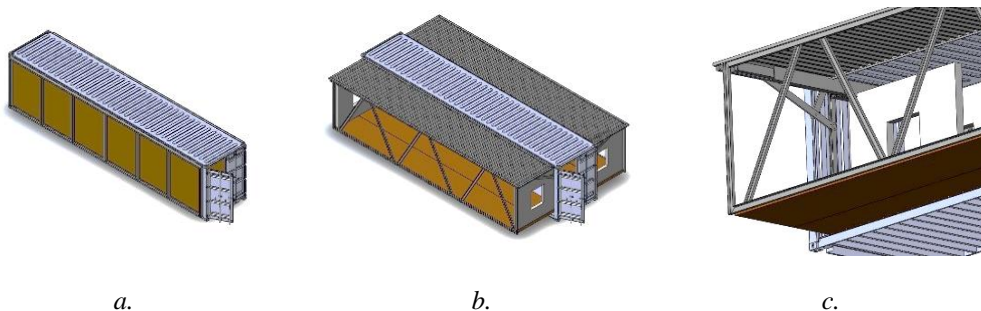
3.ábra I. alternatíva zárt és nyitott állapotban

2.2 Vizsgálatba vont konstrukciók – lineáris megvezetésű verzió

A második alternatíva egy lineáris megvezetésű konstrukció. A rendszer először a teherviselő reteszeket kioldja. A tetőszerkezet csörlő segítségével bowdenen keresztül kihajtható. A lineáris megvezetésbe egy elektromechanikus vagy hidraulikus hajtást építünk be, ezek fognak majd felelni az oldalfalak kifelé mozgásáért. A csuklós padló szerkezetet szinkronban mozgó sodronyos feszítőszerkezet engedi kihajtani a padlót. Az oldalfalak teljes kimozgatása után az elő és hátoldali falakat aktuátorok segítségével beforgatják 90 fokkal a helyükre.

Ezen az elven működő konstrukció nettó alapterülete körülbelül 73nm, így kisebb lesz, mint az első alternatíva nettó alapterülete. Mivel az első konstrukcióhoz képest jóval több acél anyagot

tartalmaz ez a konstrukció, így a becsült tömege is jóval nagyobb lesz, mint a már fent bemutatott felfújható alapon működő alternatívának. A szerkezet becsült tömege, körülbelül 3 tonna. A 4. ábrán látható a konstrukció nyílt (4.a. ábra) és zárt formában (4.b. ábra), valamint a szemléltetve van a nyitás menete (4.c. ábra).



4.ábra II. alternatíva zárt és nyitott állapotban

3 Összegzés

A cikk első részében bemutatásra került a napjainkban egyre nagyobb népszerűségnek örvendő konténer épületek néhány jellegzetes alkalmazási lehetősége.

Az első tanulmány keretein belül egy különleges igényeknek megfelelő, önnyló konténer konstrukció megalkotása és elemzése valósult meg. Ebben a munkában két alternatíva került elemzésre melyek közül az első változat a felfújható, valamint a lineáris megvezetésű verzió kerültek.

A továbbiakban bemutatásra kerül még a további öt változat, valamint a konstrukciós megoldások összehasonlító elemzése is, mely a cikk második részében elérhető.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció GINOP 2.1.2-8-1-4-16-2018-00450 számú, Újszerű elektromechanikai nyitószerkezettel alapterület módosítására képes önfelépülő, modulárisan bővíthető, többfunkciós mobil ház – Clasman MobilHome pályázat keretén belül valósult meg.

4 Hivatkozások

- [1] <https://www.containex.com/hu/hu/kontenerek-es-modulok/felhasznalasi-teruletek/lako-es-szallashelyek>
- [2] <https://www.tenfoldengineering.com/>
- [3] Henderson, C. (2022). A New Kind of Salvage: The Emergency Container of Cologne. *Journal of Paper Conservation*, 1-12. DOI 10.1080/18680860.2021.2011535



Önnyíló konténer konstrukciók nyitási módszereinek elemzése – II. rész

Analysis of opening methods for self-opening container designs – Part 2

¹Horváth Richárd, ²Mészáros Ábris, ³Oláh Ferenc ⁴Mendi Tamás

¹Óbudai Egyetem, Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország, horvath.richard@uni-obuda.hu

²Óbudai Egyetem, Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország, meszaros.abris@uni-obuda.hu

³Óbudai Egyetem, Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország, olah.ferenc@uni-obuda.hu

⁴Clasman Kft, Dunaujváros, Magyarország, tamas.mendi@clasman.hu

Összefoglalás

A jelen cikkben bemutatásra kerül egy speciális önnyílóra alkalmas egyedi konténer nyitási mechanizmusainak főbb lehetőségei. A bemutatott mechanizmusokat ismertetjük azok várható tömege és területnövekedése szempontjából. Az ismertetett konstrukciókat végül összegezzük eredményeinket azok előnyei és hátrányai szempontjából.

Kulcs szavak: lakókonténerek, konténer kialakítások, önnyíló mechanizmus

Abstract

In this article, the main possibilities of opening mechanisms for a special self-opening individual container are presented. The presented mechanisms are described with respect to their expected mass and area increase. Finally, the presented designs are summarized in terms of their advantages and disadvantages.

Keywords: residential containers, container designs, self-opening mechanism

1 Bevezetés

Az önnyíló konténerek kialakítása számos problémát, nehézséget rejt. Ezeket már a tervezési stádiumban figyelembe kell venni. Korábbi cikkünkben bemutatásra került két lehetséges változat, a jelenlegiben pedig további öt lehetséges konstrukció részletes elemzését hajtottuk végre.

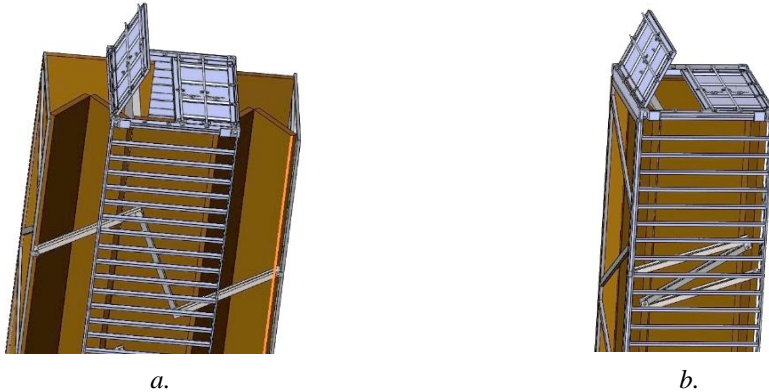
2 Anyagok és módszerek

2.1 Vizsgálatba vont konstrukciók – kiforgató mechanizmus

A harmadik alternatíva egy kiforgató mechanizmuson alapszik. Az előző mechanizmushoz hasonlóan itt is kioldanak a teherrel ellátott reteszek, majd a forgatásért egy elektromechanikus vagy egy hidraulikus aktuátor fog felelni. Ez a forgó mechanizmus fogja kiforgatni a konstrukció

mechanikáját. A bowdenes előfeszítéssel van összehangolva a padlószerkezet, így a nyitás során a helyére hajlik. Végezetül a szerkezet elő és hátfalak szintén kihajlanak. Ezen kihajlást szintén aktuátorok segítségével lesz végrehajtva.

A becsült nettó alapterülete körülbelül 70nm. A második alternatívához hasonlóan ennek is a becsült tömege 3 tonna körüli. A harmadik változatról készített nyitott (1.a. ábra) és zárt állapotú (1.b. ábra) modelleket az 1. ábra szemlélteti.

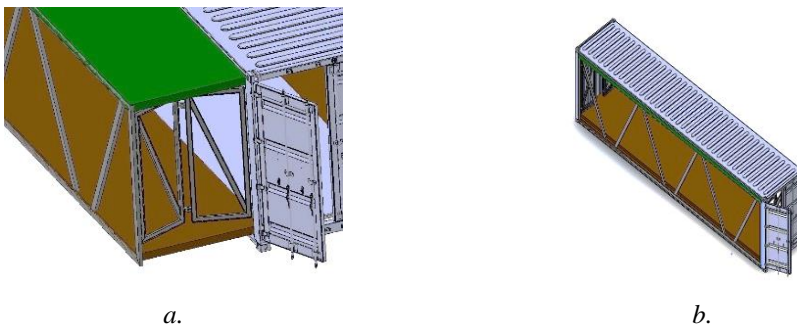


1.ábra III. alternatíva kiforgató mechanizmusa zárt és nyitott állapotban

2.2 Vizsgálatba vont konstrukciók – teherviselő harmonika

A negyedik alternatíva egy teherviselő harmonika segítségével nyílik ki. A már a 2. és 3. alternatívánál is, itt is kezdetben a teherviselő reteszek kioldanak. A forgást vagy egy-egy hidraulikus aktuátor vagy egy elektromechanikus aktuátor állítja elő, és hajlítja ki a mechanikát és ezzel egy időben a bowdenes előfeszítés helyére hajlítja a padlószerkezetet.

A harmadik alternatívához hasonlóan a nettó alapterület 70nm, így ez a megoldás is kisebb alapterületet hoz létre, mint az első két bemutatott konstrukció. Viszont a II. és III. alternatívához képest a becsült tömege valamennyivel kisebb lesz (2,8 tonna). A IV. alternatíváról nyílt és zárt formájában készített modelleket, valamint a nyitás mechanizmusát a 2. ábra szemlélteti.



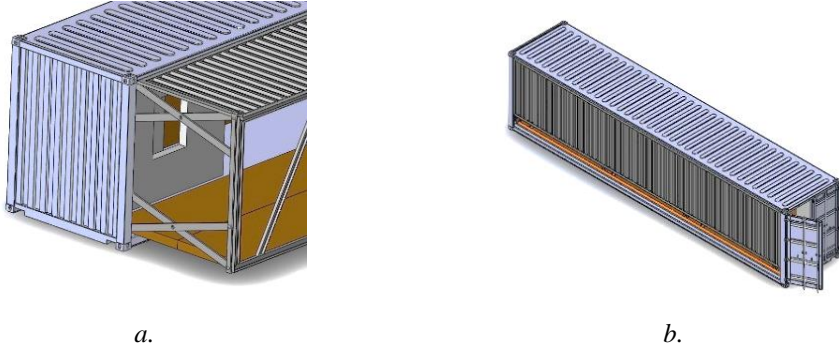
2.ábra IV. alternatíva zárt és nyitott állapotban

2.3 Vizsgálatba vont konstrukciók – ollós mechanizmus

Az ötödik alternatíva egy ollós mechanizmuson alapuló koncepció. A tetőszerkezet mozgatása csörlővel, bowdenen keresztül történik. Az oldalfalak nyitására egy-egy hidraulikus vagy egy-egy

elektromos aktuátor lehet a felelős. Végezetül szinkronban bowdenes előfeszítés segítségével a padlószerkezet lehajlik.

A nettó alapterület körülbelül 72nm, így a 3. és 4. alternatívához képest valamelyest nagyobb alapterületet tudunk elérni. A konstrukció becsült tömege körülbelül 2,8 tonna. A nyitott és zárt állapotában lévő modellt, valamint a nyitás mechanizmusát szemléltető ábrát a 3. ábra tartalmazza.

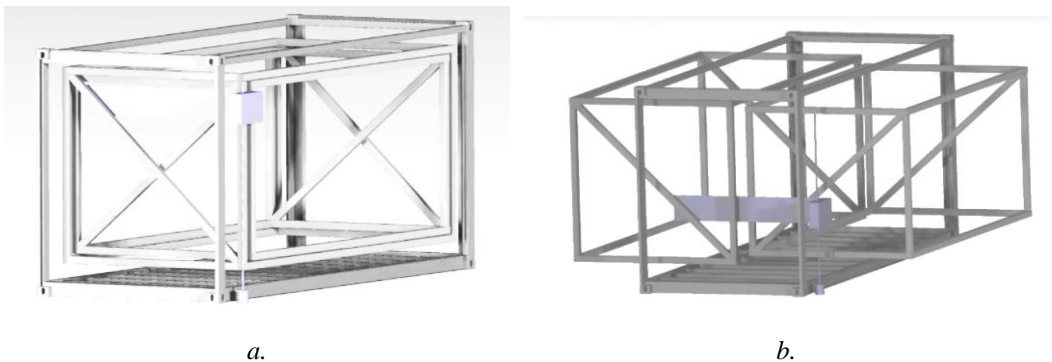


3.ábra V. alternatíva zárt és nyitott állapotban

2.4 Vizsgálatba vont konstrukciók – keresztpántos mechanizmus

A hatodik alternatíva egy keresztpántos nyitási elven alapszik. Ennél az alternatívánál, hogy jobban lássuk a mechanizmus felépítését a konténer falait nem modelleztük a mechanizmus vázára. A két teljes keret mozgatása lineáris sínekkel történik a keresztpántokon. A keretszerkezetet lineáris vezeték segítségével mozgatjuk. A rendszer ezért egy függőlegesen mozgatott nyitóegységgel rendelkezik, amelyen elhelyezkednek a lineáris vezeték kocsjai. A belső keretszerkezetnek a keresztmrevítésén pedig a lineáris vezeték sínrendszere helyezkedik el. Ennek következtében a két egymást keresztező keresztmrevítés a belső kereteket ellenkező irányban tolja el. Végezetül így elérhető a szerkezet teljes kinyitása.

A mechanizmus megvalósításához több acél szerkezetet igényel, így a becsült tömeg körülbelül itt is 3 tonna körüli. A várható nettó alapterület körülbelül 2,1-2,2x-re lehet megnövelni. Így itt is körülbelül 62nm, ugyanis a keret sok helyet vesz igénybe, ezáltal az eddig bemutatott alternatívák közül ez produkálja a legkisebb alapterület növekedést. A konténerrel készített zárt és nyitott állapotban lévő, valamint a mechanizmusról készített modelleket, a 4. ábra tartalmazza.

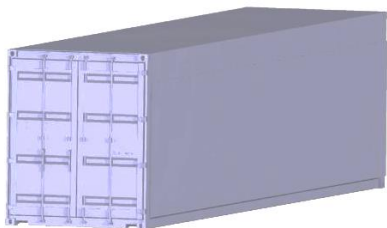


4.ábra VI. alternatíva zárt és nyitott állapotban

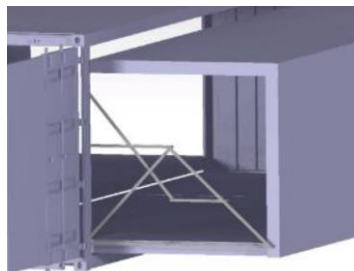
2.5 Vizsgálatba vont konstrukciók – harmonikaaljú mechanizmus

A hetedik bemutatott alternatíva és egyben az utolsó bemutatott is, egy harmonikaaljú többsuklós nyitó mechanizmus. A működés elve, hogy a falak kitolása egy többsuklós mechanizmussal történik, míg a konténerhez tartozó padlózati a nyitás során lecsuklik. Végezetül az oldalfalak kívülről rányílnak a konténer oldalsó keretére, így megtörténik a konténer teljes nyitott állapotba történő hozatala.

A becsült tömege a szerkezetnek valamelyest itt is könnyebb, mint azon alternatíváknál, ahol a mechanizmus megvalósításához több acél szerkezet szükségeltetik. Így a becsült tömeg körülbelül 2,8 tonna, hasonlóan az V. alternatívához. A szabvány 40 lábás konténer alapterületét körülbelül 2,7x-re lehet növelni ezzel a módszerrel, így a várható nettó alapterület közelítőleg 75nm. Így a felfújható verziós (I. alternatíva) után ezzel a módszerrel lehet elérni a legnagyobb alapterület növekedést. A zárt állapot és a nyitás folyamata látható az 5. ábrán.



a.



b.

5.ábra VII. alternatíva zárt és nyitott állapotban

3 Eredmények

A fejezet keretein belül röviden bemutatásra kerültek az általunk lemodellezett hétféle önnyló konténer működési lehetőség alternatívája. A fejezetben szemléltetve lettek az egyes alternatívák zárt, illetve nyitott állapotban, valamint ahol szükséges volt, ott a mechanizmusra rámutató részletes modellt is bemutattuk a mechanizmus jobb megértésének érdekében. A nyitó mechanizmusok működésének rövid leírása mellett pedig, a becsült nettó alapterületre, valamint a becsült tömegekre is kitértünk. A fejezeten belül e két szempont szerint történt az alternatívák kezdeti összehasonlítása. Az 1. táblázatban összefoglalva látható az egyes alternatíva típusuk, a hozzájuk rendelt megnevezésük, valamint azoknak a becsült tömege, és várható alapterülete.

1.táblázat Az alternatívák tömegének és alapterületének összefoglalása

	Megnevezés	Becsült tömeg	Nettó alapterület
I. alternatíva	Felfújható verzió	2 tonna	85 nm
II. alternatíva	Lineáris megvezetésű	3 tonna	73 nm
III. alternatíva	Kiforgató mechanizmus	3 tonna	70 nm
IV. alternatíva	Teherviselő harmonica	2,8 tonna	70 nm
V. alternatíva	Ollós mechanizmus	2,8 tonna	72 nm
VI. alternatíva	Keresztpántos mechanizmus	3 tonna	62 nm
VII. alternatíva	Harmonikaaljú mechanizmus	2,8 tonna	75 nm

Az egyes bemutatott önnyíló mechanizmusok lehetőségeiben rejlő előnyöket és hátrányokat az 2. táblázat szemlélteti.

2.táblázat A vizsgált konstrukciók összehasonlítása

Alternatívák	Szigetelés	Padló és tetőszerkezet egy síkba esése	Tápellátás nélküli nyitás	Egyszerű mechanika	2,8-3,1x-es alapterület növekedés
I. Felfújható verzió	×	✓	×	✓	✓
II. Lineáris megvezetésű	✓	×	✓	×	×
III. Kiforgatható mechanizmus	×	Részben megoldható	×	✓	×
IV. Teherviselő harmonika	✓	×	✓	✓	×
V. Ollós mechanizmus	✓	×	×	×	×
VI. Keresztpántos mechanizmus	✓	×	×	✓	×
VII. Harmonikaaljú mechanizmus	×	Részben megoldható	×	×	✓

4 Összegzés

A korábban bemutatott hét lehetséges konstrukció modellezése után megvizsgáltuk az elérhető alapterület növekményt, valamint a megbecsültük a tömegüket. Ezt követően elemeztük a nyitási folyamat mechanizmusát; külön kiemelve a zárt, a nyitás közbeni, valamint a zárt állapotot.

Az 2. táblázatból jól látszanak a hét bemutatott alternatíva előnyei, valamint hátrányai az esetleges megvalósítás előtt. A dokumentációban bemutatott alternatívák kombinálásával, azok egyes részmegoldásainak ötvözésével elérhető egy olyan projekt céljaival egyező konstrukció létrehozása, amely a valóságban is egy működő- és piacképes lehetőséget tud biztosítani.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció GINOP 2.1.2-8-1-4-16-2018-00450 számú, Újszerű elektromechanikai nyitószerkezettel alapterület módosítására képes önfelépülő, modulárisan bővíthető, többfunkciós mobil ház – Clasman MobilHome pályázat keretén belül valósult meg.

5 Hivatkozások

- [1] <https://www.containex.com/hu/hu/kontenerek-es-modulok/felhasznalasi-teruletek/lako-es-szallashelyek>
- [2] <https://www.tenfoldengineering.com/>
- [3] Henderson, C. (2022). A New Kind of Salvage: The Emergency Container of Cologne. Journal of Paper Conservation, 1-12. DOI 10.1080/18680860.2021.2011535



Keménységmérés végeselemes szimulációja eltérő anyagmodellek esetén

Finite element simulation of hardness measurement for different material models

¹Oláh Ferenc, ²Horváth Richárd, ³Réger Mihály

¹Óbudai Egyetem, Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország, olah.ferenc@uni-obuda.hu

²Óbudai Egyetem, Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, horvath.richard@uni-obuda.hu

³Óbudai Egyetem, Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, reger.mihaly@uni-obuda.hu

Összefoglalás

A végeselemes modellezés egy hatékonyabb módja a különböző szilárdsági vizsgálatok elvégzésének. Az alkatrészek deformációja a különböző anyagmodellek segítségével vizsgálható. A megfelelő anyagmodell kulcsfontosságú a hatékony számítások elvégzéséhez. A szabványos próbatestek szakítóvizsgálatának segítségével rögzíthető a feszültség-alakváltozás függvény, melyet a szoftverben megadva a deformáció és a keletkező feszültségek vizsgálhatók. Elterjedt módszer a bilineáris modell alkalmazása ezen tulajdonság megadására. Ennek a kutatásnak a célja, hogy bemutassa a különbséget a bilineáris modell, a multilineáris és a valós függvény között a keménységvizsgálat során bekövetkező alakváltozás elemzésében, valamint a végeselemes háló sűrűségének hatása is bemutatásra kerül a modellezés pontosságára.

Kulcsszavak: VEM, Végeselemes Modellezés, Anyagmodellek, Keménységmérés, Brinell keménység

Abstract

Finite element modeling is today's most modern and effective way to perform various strength tests. The deformation of components can be investigated using different material models. The right material model is key to perform efficient calculations. Standard specimen tensile testing can be used to record the stress-strain function, which can be entered into the software to test the deformation and resulting stresses. A common method is using a bilinear model to specify this property. The aim of this research is to demonstrate the difference between the bilinear model, the multilinear and the real function in the analysis of deformation during hardness testing. Also, the density of the finite element mesh is verified.

Keywords: FEA, Finite Element Analysis, Material Models, Hardness measurement, Brinell hardness

1 Bevezetés

A keménységmérés az egyik legelterjedtebb és legrégebb óta alkalmazott módja az anyagok vizsgálatának. Ez a mérés nagyon sokoldalú és nagy információ tartalommal bír az anyagokra nézve,

ezért a műszaki életben mindennapos a használata. A végeselemes módszerekkel való vizsgálat az elmúlt évtizedekben nyert egyre nagyobb teret és ez kiterjedt a keménységmérés szimulálására is. Bhattacharya és Nix [1] már 1988-ban elkezdte vizsgálni a végeselemes szimuláció alkalmazását ezen a területen mind különböző súrlódási értékek mellett, mind pedig teljes tapadás esetén. Murakami és Matsuda [2] szintén megvizsgálta ezt és arra a következtetésre jutottak, hogy Vickers keménység alkalmazása mellett mindenképpen szükséges a 3D végeselemes modell alkalmazása, melyet megvizsgált réz munkadarabokon, valamint 0,46%-os szénacélnál egyaránt. Ebben az esetben össze is hasonlította a számított értékeket a mérési eredményekkel és jó közelítést kapott. Azt is megfigyelték, hogy a lenyomatban, az élek mentén a terhelés levétele után nagy visszamaradó feszültség volt jelen a munkadarabban. Beghini és társai [3] egy numerikus számítást mutattak be, mely a végeselemes vizsgálatokon alapszik. Megfigyelték azt is, hogy a lenyomat jellemzői nagymértékben függenek az anyag keményedési tulajdonságaitól, például a feltorlódás jelensége, mely a lenyomat szélén keletkezhet, inkább a jól alakítható anyagokra jellemző, míg a kevésbé alakíthatóak esetében besüllyedés figyelhető meg. Azt is megállapították, hogy a végeselemes szoftverek segítségével ilyen esetekben a repedés terjedés is megfigyelhető. Kadin és társai [4] létrehoztak kétféle végeselemes modellt, mellyel a repedéseket kívánták vizsgálni. A méréseik és számításaik mind a repedés alakjával, mind pedig a méretével jól közelítették egymást.

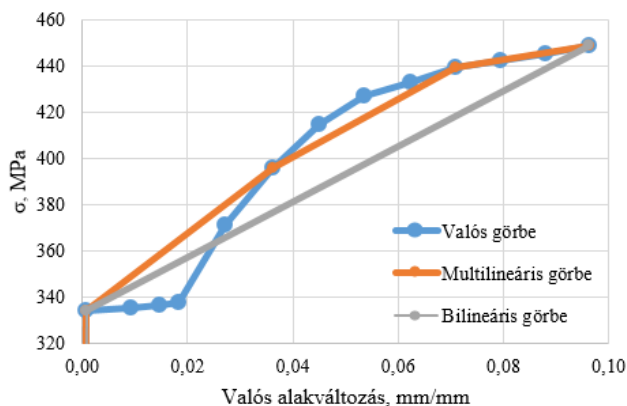
A felületkezelt anyagok esetén is fontos ez a vizsgálat, akár bevonati rétegek képzésénél, akár pedig a nitridálás esetén. Réger és társai [5] matematikai modellt alkalmaztak a felületi keménységfüggvénynek a mélységi keménységfüggvénnyé való átalakítására. Chen és Bull [6] a kritikus relatív behatolási mélységet befolyásoló tényezők átfogó vizsgálatát mutatta be végeselemes szimuláció segítségével. Kimutatták, hogy a bevonat és a szubsztrát közötti rugalmassági tulajdonságok eltérése is fontos hatással van a mért keménységre.

A mesterséges intelligencia használata szintén fontos lehet ezen a területen, melyet az elmúlt években vizsgáltak egyre szélesebb körben. Lu Lu és társai [7] erre 3 megközelítést alkalmazott deep learning segítségével, mely során anyagadatokat korrigáltak szoftveresen, hogy az a lehető legjobban közelítse a valós mérési eredményeket.

2 Anyagok és technológiák

2.1 Anyagok

A vizsgálat során olyan alapanyagok használata volt a cél, mely a mindennapokban használatos, ezért S275JO típusú szerkezeti acél került kiválasztásra. A vizsgált anyag szakítódigrammjának F_m értékig való felhasználásával több anyagmodellt vizsgáltunk. Az 1. ábrán a felvett anyagmodellek láthatóak, melyek a „valós” görbe, a multilineáris és a bilineáris anyagmodell görbék. A folyáshatár szakaszát 100 N-os felvett erőnövekedéssel modellezve látható az úgynevezett valós görbe, mivel a program nem tudja kezelni az oszcilláló szakaszt. A multilineáris görbe 3 szakaszra bontja a szakítógörbe folyáshatár feletti vizsgált részét, míg a bilineáris modell, mely első szakasza a Hook törvényből számított rugalmas alakváltozásból adódik (F_{eh} értékig), majd a következő lineáris szakasz az F_{eh} és F_m közötti rész egy egyenessel leírva. A görbék minden esetben valós feszültséget és nyúlást mutatnak.



1. ábra Felhasznált anyagmodellek

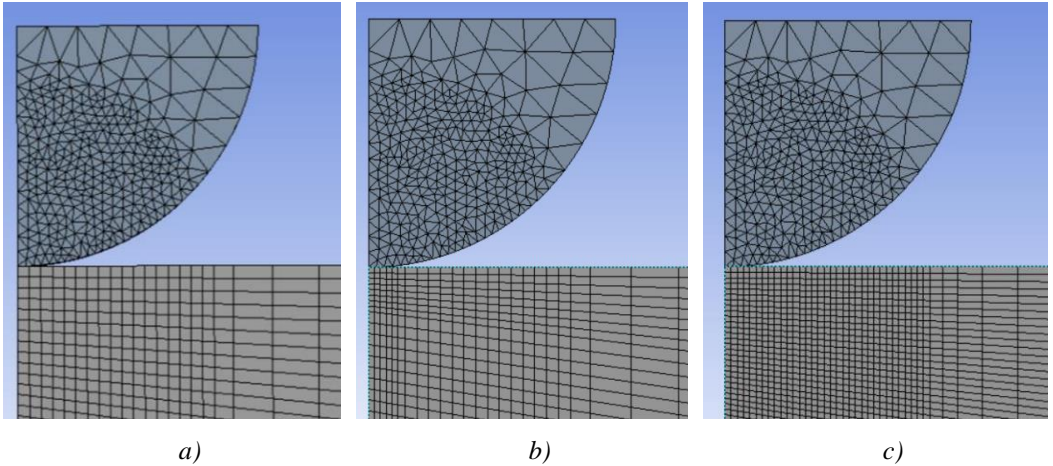
2.2 Végeleemes analízis tulajdonságai

Az anyagmodellek beállításán kívül fontos, hogy a végeleemes modell beállításai is megfelelőek legyenek. Az első lépés a peremfeltételek megadása, mely jelen esetben a munkadarab alsó síkjának mozdulatlansága és az indenter elmozdulása. Amennyiben ez a kettő be van állítva, akkor a két anyag találkozásánál a munkadarab torzulásba kezd, ezen kívül még beállításra került a szimmetria síkok kiválasztása, így a lemodellezett térszög alkalmazható a teljes munkadarab modellezésére.

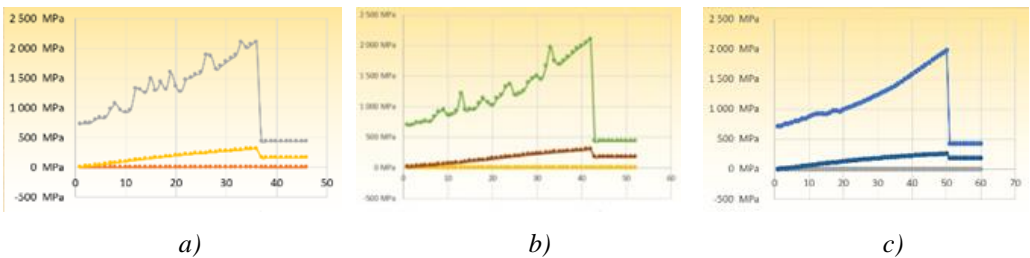
A hálózás beállítása szintén kritikus, az alkalmazott beállításokat 3 lépésben változtattuk, mire kiválasztásra került a megfelelő. A 2. a) ábra egy olyan durva hálózású modellt mutat be, melynél az alap hálóértéket változatlanul a gép által automatikusan kiválasztott értéken hagytuk, emellett 1 mm-es rádiuszban megváltoztattuk az érintkezés pontjánál az indenter hálójának a sűrűségét 0,05 mm-re, valamint a munkadarab sűrűségét 0,04 mm-re. Ezzel egy relatív gyorsabban futtatható modellt kaptunk, mellyel a beállítások ellenőrizhetőek. A 3. a) ábra viszont bemutatja, hogy a kapott darabon a feszültségértékek felfutása nem egyenletes, így az nem használható nagy biztonsággal. A vízszintes tengelyen pedig a lépéserőterek láthatóak.

A 2. b) ábra egysége egy finomított hálózású modellt mutat be, melynél a hálóértéket változatlanul a gép által automatikusan kiválasztott értéken hagytuk, emellett 1 mm-es rádiuszban megváltoztattuk az érintkezés pontjánál az indenter hálójának a sűrűségét 0,05 mm-re, valamint a munkadarab hálózásának sűrűségét 0,04 mm-re. A munkadarabon ezen kívül 0,2 mm-es rádiuszban beállítottunk egy 0,025 mm-es hálóértéket is. A 3. b) ábra bemutatja az ehhez tartozó feszültségfelfutás alakulását a lépések viszonyában, viszont még ebben az esetben is láthatóak kiugró értékek.

A 2. c) ábra egy olyan sűrű hálózású modellt mutat be, melynél az alap hálóértéket változatlanul a gép által automatikusan kiválasztott értéken hagytuk, emellett 1 mm-es rádiuszban megváltoztattuk az érintkezés pontjánál az indenter hálójának a sűrűségét 0,05 mm-re, valamint a munkadarab sűrűségét 0,025 mm-re. Ezzel hosszabb futtatási időre van szükség, de a mérés pontosan elvégezhető, a feszültségértékek felfutása folyamatos. A 3. c) ábra ismerteti az ehhez tartozó feszültség felfutás diagramot.



2. ábra Felhasznált hálózási beállítások

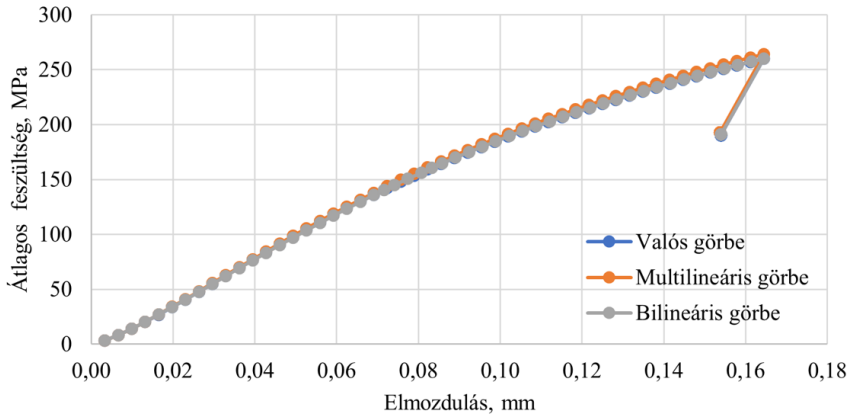


3. ábra Felhasznált hálózási beállítások feszültségei lépésszám függvényében

3 Eredmények

A végelemeles számításokat elvégeztük az összes anyagmodellel a 2.c ábrán bemutatott hálózási beállítással. A terhelés során fellépő erőnövekedések nagyon hasonlóak voltak, ami azt jelenti, hogy mindhárom anyagmodell használható. A 4. ábra mutatja ezeket az erőnövekedéseket az összes felhasznált anyagmodell esetében.

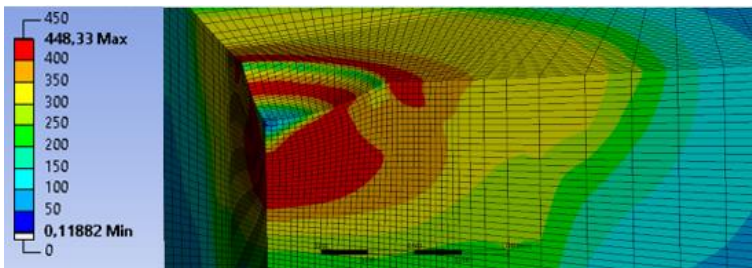
Mivel a mélységet a beállítás során több lépésben állítottuk be úgy, hogy visszkapjuk az eredeti mérés szerinti értéket, a lenyomat átmérője minden vizsgálatnál azonos, de az erőértékek között különbség vehető észre.



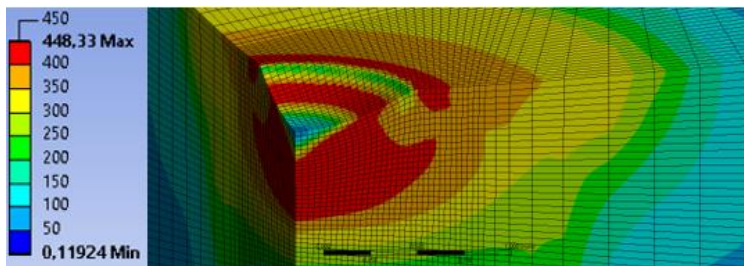
4. ábra Erő út diagram a 3 anyagmodellel

Minden egyes futtatás az elméleti erőnél kisebb maximális erőt eredményezett, melynek értéke 187,5 kg (1839 N) volt, de az eltérés értéke minden esetben -5,8% és -7,17% között van. Ez azt is jelenti, hogy a legnagyobb eltérés 132 N, mely a bilineáris modell esetén tapasztalható, de a legkisebb érték is 107 N-os eltérés volt, mely a multilineáris modellnél volt számítható. A valós görbe esetén ez az érték 125 N volt.

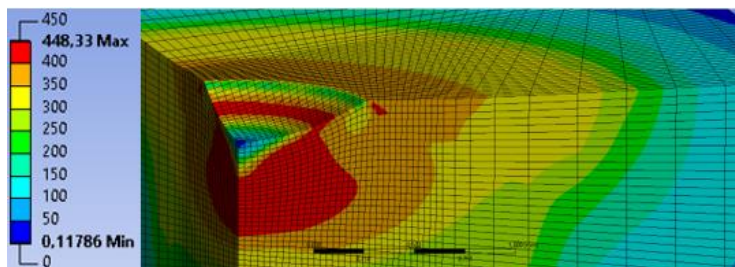
A feszültségeloszlás az anyagmodellek esetén közel azonos volt, ezt az 5. ábra mutatja be.



a) Valós anyagmodell



b) Multilineáris anyagmodell



c) Bilineáris anyagmodell

5. ábra Feszültségeloszlás a különböző anyagmodellek esetén

4 Konklúzió

A tanulmány alapján megállapítható, hogy S275JO típusú acél esetén a Brinell keménységmérés modellezése során a maximális feszültség eloszlása hasonló az anyagmodellektől függetlenül, valamint az erő-út diagramok is hasonlóak. A tesztek azt mutatják, hogy a bilineáris modellen alapuló futtatások eredményei majdnem azonosak a valós, többpontos folyásgörbén alapuló eredményekkel, tehát a bilineáris modell jól használható a végeelemes futtatások során.

5 Hivatkozások

- [1] Bhattacharya, A. K., & Nix, W. D. (1988). Finite element simulation of indentation experiments. *International Journal of Solids and Structures*, 24(9), 881-891. [https://doi.org/10.1016/0020-7683\(88\)90039-X](https://doi.org/10.1016/0020-7683(88)90039-X)
- [2] Murakami, Y., & Matsuda, K. (1994). Analysis of Vickers hardness by the finite element method. <https://doi.org/10.1115/1.2901563>
- [3] Beghini, M., Bertini, L., & Fontanari, V. (2001). Evaluation of the flow curve of metallic materials by means of spherical indentation. *WIT Transactions on Engineering Sciences*, 32. 10.2495/CON010221
- [4] Kadin, Y., Mazaheri, M., Zolotarevskiy, V., Vieillard, C., & Hadfield, M. (2019). Finite elements based approaches for the modelling of radial crack formation upon Vickers indentation in silicon nitride ceramics. *Journal of the European Ceramic Society*, 39(14), 4011-4022. <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2019.05.058>
- [5] Réger, M., Horváth, R., Széll, A., Réti, T., Gonda, V., & Felde, I. (2021). The Relationship between Surface and In-Depth Hardness for the Nitrocarburizing Treatment Process. *Metals*, 11(5), 812. <https://doi.org/10.3390/met11050812>
- [6] Chen, J., & Bull, S. J. (2009). On the factors affecting the critical indenter penetration for measurement of coating hardness. *Vacuum*, 83(6), 911-920. <https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2008.11.007>
- [7] Lu, L., Dao, M., Kumar, P., Ramamurty, U., Karniadakis, G. E., & Suresh, S. (2020). Extraction of mechanical properties of materials through deep learning from instrumented indentation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(13), 7052-7062. <https://doi.org/10.1073/pnas.1922210117>



Erőtani és tönkremeneteli vizsgálat korrózióálló acél marása során

Force measurement and failure testing during milling of corrosion resistant steel

¹Pinke Péter, ²Horváth Richárd, ³Stadler Róbert Gábor, ⁴Ráczai Viktor

¹Óbudai Egyetem, Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország, pinke.peter@uni-obuda.hu

²Óbudai Egyetem, Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország, horvath.richard@uni-obuda.hu

³Óbudai Egyetem, Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország, stadler.robort@uni-obuda.hu

⁴Óbudai Egyetem, Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország, raczi.viktor@uni-obuda.hu

Összefoglalás

Ebben a tanulmányban két különböző keményfém marószerszám erőtani viselkedését vizsgáltuk különböző forgácsolási paraméterek szisztematikus növelésével, korrózióálló acél (x20Cr13) marása során. A forgácsolási kísérleteket, a forgácsolási paraméterek növelését, minden esetben szerszámtörésig végeztük. A vizsgálatok során eltört keményfém marószerszámok töretfelületeit sztereomikroszkópos felvételek segítségével elemeztük.

Kulcsszavak: marás, erőtani vizsgálat, keményfém szerszám, szerszámtörés, korrózióálló acél

Abstract

In this paper, the strength behavior of two different carbide milling tools was investigated by systematically increasing the cutting parameters during the milling process of stainless steel (x20Cr13). By continuously increasing the machining parameters, the machining tests were carried out up to tool breakage in all cases. The burr surfaces of the broken tools were analyzed using stereomicroscopic images.

Keywords: milling, strength testing, carbide tool, tool fracture, stainless steel

1 Bevezetés

A különböző ötvözött és edzett acélokat széles körben alkalmazzák az iparban, többek között a jó mechanikai tulajdonságaiknak köszönhetően, amelyek közül a nagy keménység és szilárdság, valamint a jó kopásállóság az irányadó. Az anyag jó mechanikai tulajdonságai, valamint alacsony hővezető képessége megnehezítik annak megmunkálhatóságát, valamint csökkentik a megmunkálásra alkalmazott szerszám élettartamát. Ezeket figyelembe véve, nem véletlen, hogy számos kutatás foglalkozik a forgácsoló szerszámok különböző tönkremeneteli vizsgálatával nagy keménységű acélok megmunkálása során.

Senthil Kumar és tsi. [1] edzett martenzites korrózióálló acél (HRC 60) megmunkálását vizsgálták, azzal a céllal, hogy elemezzék a szerszám kopási mechanizmusát és az élettartamot különböző mechanikai és fizikai tulajdonságú alumínium-oxid kerámia marószerszámok esetében. A marási vizsgálatokat különböző forgácsolási sebességeken hajtották végre. Mérési eredményeikből a szerszámkopásra matematikai modellt alkottak többváltozós regresszióanalízis (MRA) módszerének alkalmazásával. Mérési eredményeik alapján azt a következtetést vonták le, hogy alacsony forgácsolási sebességen a hátkopás, míg a nagy forgácsolási sebességeknél a kráteres és a szélkopás befolyásolja a szerszám tönkremenetelét.

Aldo Braghini Junior és tsi. [2] négy különböző hűtési és kenési feltétel mellett vizsgálták a szerszám kopását és élettartalmát korrózióálló acél (31 HRC) marási megmunkálása során. A forgácsolási vizsgálatok során alkalmazott háromélű, váltólapkás marószerszám átmérője 19,05 mm volt. A keményfém lapkák pedig TiAlN bevonattal voltak ellátva. Vizsgálati eredményeik azt mutatják, hogy a választott hűtési technika nagyban befolyásolja a szerszám élettartamát, valamint a forgácsolás során jelentkező kopás típusok előfordulását. Száraz forgácsolás során az adhéziós és az abrazív kopás fajták domináltak.

Feng Gong és tsi. [3] bevonatos keményfém szerszámok kopását és annak a forgácsolási teljesítményre gyakorolt hatását vizsgálták SKD11 edzett acél marása során. Marási vizsgálatukat szintén keményfém lapkával ellátott váltólapkás marószerszámmal, valamint különböző forgácsolási sebességeken hajtották végre. Figyelték a fellépő szerszámhibákat, a forgácsolás során fellépő erőket, illetve mérték a felületi érdességet. Eredményeik azt mutatták, hogy a domináns meghibásodás a szerszámanyag fáradásából származó törés volt. A forgácsolási sebességek növelésével a töretfelületen több repedési vonal terjedése is megfigyelhető volt. Egy későbbi tanulmányukban [4] szintén a szerszám kopást és a törési mechanizmust vizsgálták H13 acélon (HRC 30-35), valamint SKD11 edzett acélon (HRC 58-62). A forgácsolási paraméterek közül az axiális fogásvételt növelték, illetve a forgácsolás során mérték a fellépő erőket. A töretfelületeket sztereomikroszkópos és pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatokkal elemezték. Mérési eredményeikből arra a következtetésre jutottak, hogy az anyag keménysége meghatározó hatással van a szerszám kopásra. A H13 acél kisebb keménysége miatt a szerszámot alacsony feszültségű, lökettető terhelés érte, ami repedéseket okozott a lapka felületén, de nem eredményezett szerszámtörést. A keményebb SKD11 acél forgácsolása során a szerszámot nagyobb feszültségű, ismétlődő lökettető terhelés érte, amely elősegítette a repedések létrejöttét és terjedését, ami egy idő után a lapka homlokfelületének a törését eredményezte.

Guang-Jun Li és tsi. [5] keményfém szerszám kopásmechanizmusát vizsgálták oCr13Ni4Mo korrózióálló acél nagy sebességű marása során. A forgácsolási kísérletek során mérték a forgácsolási erőket, valamint a fellépő forgácsolási hőmérsékletet. A kopási mintákat sztereomikroszkópos és pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatokkal elemezték. Vizsgálataikból azt a következtetést vonták le, hogy a domináns kopási mechanizmus az adhéziós kopás volt, amit a bevonat kopásával, a vas és a kobalt közötti affinitással (elemdiffúzió) magyaráztak.

Jelen tanulmány célja az, hogy megvizsgáljuk a forgácsolási erők változását különböző forgácsolási paraméterek szisztematikus növelése mellett egészen szerszámtöréséig X20Cr13 korrózióálló acél forgácsolása során, továbbá a kapott töretfelületek elemzése sztereomikroszkópos vizsgálattal.

2 Anyag és módszertan

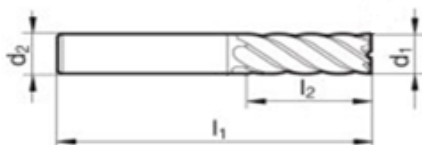
2.1 Forgácsoló szerszámok, használt eszközök, anyag

A forgácsolási kísérletek során két különböző típusú, de azonos átmérőjű (6 mm) többfogú simító keményfém maró szerszámot alkalmaztunk. A kísérletsorozatban alkalmazott B01 és B02

jelölésű 6 élű marószerszámot (1.a) ábra), míg a B03 és B04 jelölésű 4 élű marószerszámot (1.b) ábra) alkalmaztunk. A vizsgálatba vont két szerszám vázlata a fő méretekkel a 2. ábrán látható, míg a szerszámokat jellemző méretek az 1. táblázatban találhatóak.



1. ábra A forgácsolási kísérletek során alkalmazott marószerszámok



2. ábra A vizsgálatba bevont szerszámok vázlata, rajta a jellemző méretekkel.

1. táblázat A vizsgálatba vont szerszámok jellemző méretei és adatai

Jelölés	l_1	l_2	d_1	d_2	Fogszám (z)
B01 és B02	57 mm	13 mm	6 mm	6 mm	6
B03 és B04	57 mm	13 mm	6mm	6 mm	4

A forgácsolási vizsgálatokat MSN-500 CNC marógépen hajtottuk végre. A forgácsolás során fellépő forgácsolási erőket KISTLER 9257B háromkomponenses erőmérővel és KISTLER 5019 háromcsatornás mérőerősítővel mértük. Az erőmérő a munkadarab befogására használt satu alá szereltük fel. Az erőmérő mérési tartománya $F_x = F_y = -5... 5$ kN, valamint $F_z = -5... 10$ kN [6]. Az erő adatokat a Kistler DynoWare szoftverrel elemeztük ki. A töretfelületek Nikon FSZX sztereomikroszkóppal vizsgáltuk meg.

A forgácsolási kísérleteket X20Cr13 korrózióálló acélon végeztük el (Kémiai összetétele: C: 0,16-0,25 %; Si: <1 %; Mn: <1,5 %; P: <0,04 %; S: <0,015 %; Cr: 12–14 %). Az anyagot jó korrózióállóság és 50 HRC keménység jellemzi.

2.2 Forgácsolási paraméterek és mért erőkomponensek

A forgácsolási kísérletek során mértük a forgácsolási erő három komponensét, azaz szerszámra ható radiális erőket ($F_x, N; F_y, N$) és a szerszámra ható axiális erőt (F_z, N). A későbbiekben ezekből a mért erőkomponensekből, az alábbi összefüggéssel a szerszámra ható eredő forgácsolási erőt számoltunk:

$$F_e = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2} \quad (1)$$

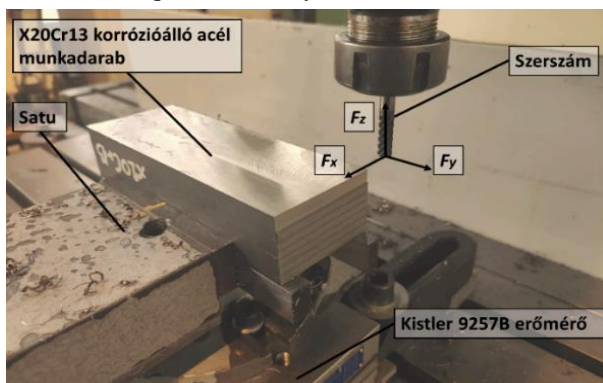
Négy kísérlet sorozatot végeztünk el a 2-2 különböző szerszámmal. Minden kísérletnél szerszámtörésig terheltük a szerszámot, valamint minden kísérlet sorozatban csak egy forgácsolási paramétert változtattunk. A B01 és B02 jelű szerszámmal sarokmarási, míg a B03 és B04 jelű szerszámmal horonymarási technológiát valósítottunk meg. A 2. táblázatban az egyes kísérletsorozatok forgácsolási paraméterei és a mérési pontok száma látható, dőlt betűvel a változó

értékek kezdeti értéke és a törés bekövetkeztekor alkalmazott értékkel.

2. táblázat: Az egyes kísérletsorozatokat során alkalmazott forgácsolási paraméterek

Szerszám jelölés	Fordulatszám n , 1/min	Fogankénti előtolás f_z , mm	Radiális fogásvétel a_e , mm	Axiális fogásvétel a_p , mm	Mérési pontok száma (szerszám törésig)	Technológia
B01	1400	0,025	0,3–2,85	6 mm	18	Sarokmarás
B02	1400	0,01–0,045	1,8	6 mm	8	Sarokmarás
B03	1400	0,025	6	1–1,5	2	Horonymarás
B04	1400	0,01–0,035	6	1	6	Horonymarás

A vizsgálat során mért erőkomponensek irányát és a kísérleti elrendezést a 3. ábra mutatja.

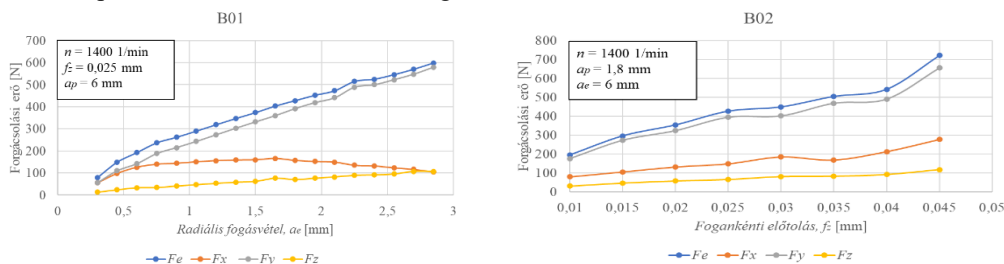


3. ábra A mérési elrendezés és a mért erőkomponensek irányai

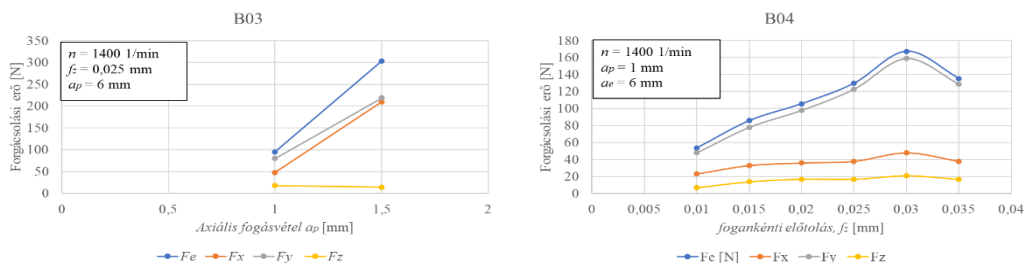
3 Eredmények bemutatása

3.1 Forgácsolási erők

A 4. ábrán a B01 és B02 jelölésű, míg az 5. ábrán a B03 és B04 jelölésű szerszámokra ható erőkomponensek, valamint az eredő forgácsolási erő változásai láthatóak.

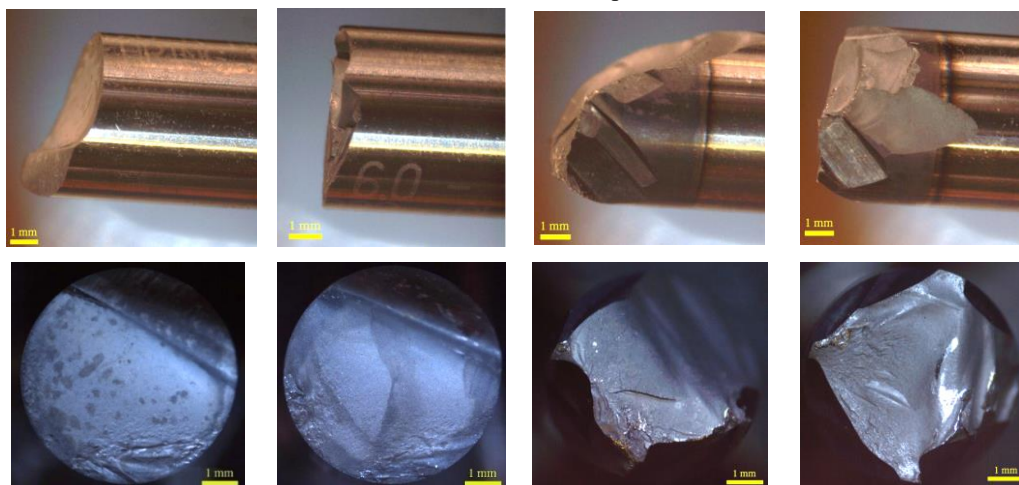


4. ábra: A mért eredő forgácsolási erők a B01 és B02 jelölésű szerszámoknál a változó forgácsolási paraméter függvényében



5. ábra A mért eredő forgácsolási erők a B03 és B04 jelölésű szerszámoknál a változó forgácsolási paraméter függvényében

A 4. és 5. ábrán látható diagramokból megállapítható, hogy minden esetben a forgácsolási paraméterek szisztematikus növelésével a forgácsolási erők is növekedést eredményeztek. Annak ellenére, hogy a két szerszám, közel hasonló jellemzőkkel rendelkeznek, a B01 és B02 kísérletekhez alkalmazott szerszámok magasabb forgácsolási erőnél (600-700 N) törtek el, mint a B03 és B04 kísérletsorozathoz alkalmazott marószerszámok (150-300 N). A 6. ábrán az egyes töretfelületekről, és a szerszámok oldalnézetéről készített sztereomikroszkópos felvételek találhatóak.



B01 jelű szerszám törete

B02 jelű szerszám törete

B03 jelű szerszám törete

B04 jelű szerszám törete

6. ábra: Az egyes szerszámok töretfelületei és oldalnézetei sztereomikroszkópos felvételen

A 6. ábra felvételeiből jól megfigyelhető, hogy a B01 és B02 szerszámok a befogó résznél törtek el, míg a B03 és B04 szerszámok esetén a dolgozó résznél következtek be a törések.

Az erőkben lévő különbség a technológiából eredhet. A B01 és B02 szerszámoknál a szerszám sarokmarási műveletet hajtott végre, aminek következtében a törést a keletkező forgácsolási erő eredményezte a szerszám befogó részében míg a B03-B04 szerszámok horonymarás műveletet valósítottak meg, ahol a technológiából adódóan a szerszám dolgozó részénél figyelhető meg a törések. A mért erőeredmények, valamint a kapott töretfelületek ezt a következtetést erősítik meg. A horonyban történő marás esetén nehezebb a forgács eltávolítása a horonyból, a forgácsolási zónában bennmaradó forgácsok pedig idő előtti törést eredményeztek.

4 Konklúzió

Jelen tanulmány célkitűzése a keményfém marószerszámok erőtani és törési viselkedésének tanulmányozása korrózióálló acél (x20Cr13) marási megmunkálása során. Négy különböző forgácsolási vizsgálatot végeztünk 2-2 különböző fogszámú keményfém szerszámmal, ahol minden esetben egy forgácsolási paramétert növeltünk. A vizsgálatokat a szerszámok töréséig végeztük. Jól megfigyelhető volt, hogy a forgácsolási paraméterek növelése a forgácsolási erők szisztematikus növekedését eredményezték. Azonban a különböző szerszámok esetén jelentős különbségek voltak a törés során mért forgácsolási erőkben. A B01 és B02 szerszámok nagyobb forgácsolási erőnél törtek el, mint a B03 és B04 jelű szerszámok. Továbbá megfigyelhető volt, hogy az előbbi szerszám páros a befogó résznél, míg az utóbbinál a dolgozó résznél következett be a törés. A két szerszám csoport közti különbség az alkalmazott technológiával magyarázható, ugyanis a B01 és B02 szerszámok sarokmarási műveletet végeztek és a törést a keletkező forgácsolási erő hatására következett be a szerszám befogó részénél. A B03 és B04 szerszámok horonymarási műveletet hajtottak végre, itt a törést a horonyban történő kedvezőtlen forgácselvezés eredményezte, aminek a következtében a szerszám a dolgozó részénél tört el.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését a 2018-1.3.1-VKE-2018-00041 számú projekt támogatta. (Támogató: Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal, az NKFI alapból megvalósuló projekt).

5 Hivatkozások

- [1] Kumar, A. S., Durai, A. R., & Sornakumar, T. (2006). The effect of tool wear on tool life of alumina-based ceramic cutting tools while machining hardened martensitic stainless steel. *Journal of Materials Processing Technology*, 173(2), 151-156.
- [2] Junior, A. B., Diniz, A. E., & Teixeira Filho, F. (2009). Tool wear and tool life in end milling of 15–5 PH stainless steel under different cooling and lubrication conditions. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 43(7), 756-764.
- [3] Gong, F., Zhao, J., Jiang, Y., Tao, H., Li, Z., & Zang, J. (2017). Fatigue failure of coated carbide tool and its influence on cutting performance in face milling SKD11 hardened steel. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, 64, 27-34.
- [4] Gong, F., Zhao, J., Ni, X., Liu, C., Sun, J., & Zhang, Q. (2019). Wear and breakage of coated carbide tool in milling of H13 steel and SKD11 hardened steel. *SN Applied Sciences*, 1(9), 1-12.
- [5] Liu, G. J., Zhou, Z. C., Qian, X., Pang, W. H., Li, G. H., & Tan, G. Y. (2018). Wear mechanism of cemented carbide tool in high speed milling of stainless steel. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, 31(1), 1-10.
- [6] KISTLER Multicomponent Dynamometer 9257b datasheet, 2009, Kistler Group



Az ultrahangos hegesztés bemutatása esettanulmányokkal

Demonstration of ultrasonic welding with case studies

¹Schramkó Márton, ¹Dr. Kovács Tünde,

¹ Óbudai egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország, schramko.marton@bgk.uni-obuda.hu

² Óbudai egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Budapest, Magyarország, kovacs.tunde@bgk.uni-obuda.hu

Összefoglalás

A kutatásunkban az ultrahangos hegesztés paramétereinek optimalizálására végeztünk kísérleteket majd ezek alapján elemeztük a hegesztési eljárást. Kísérleteink során észrevettük, hogy az egyes paraméterek különböző hatással vannak a hegesztés létrejöttére és eredményére valamint a varrat minőségére és tulajdonságaira. A célunk a szakirodalmi eredményeket figyelembe véve összefüggéseket felfedezni a hegesztési folyamat során az egyes hegesztési paraméterekkel. A kísérleteinkből észleltük, hogy az ultrahang és a hegesztési idő paraméter hatása a hegesztett kötés és a hőhatásövezet keménységére két lemez közti kötés kialakítása esetén. Az eredmények arra a következtetésre vezettek, hogy az idő és amplitúdó paraméter meghatározása a legfontosabb a kötés megfelelése szempontjából

Kulcsszavak: ultrahangos hegesztés, keménység, diszlokáció, hőhatásövezet

Abstract

In our research, we performed experiments to optimize the parameters of ultrasonic welding and then analyzed the welding process based on them. In our experiments, we noticed that each parameter has a different effect on the formation and result of welding as well as on the quality and properties of the weld. Our goal is to discover correlations with the individual welding parameters during the welding process, taking into account the results presented in the literature. The effect of ultrasound and welding time parameters on the hardness of the welded joint was discovered and the heat-affected zone when forming a joint between two plates. The results led to the conclusion that the determination of the time and amplitude parameter is the most important for bond compliance.

Keywords: ultrasonic welding, hardness, dislocation, heat affected zone

1 Bevezetés

Az iparban egyre inkább terjed a vegyes kötések alkalmazása a hegesztési folyamatok során különböző alkatrészek esetében. Egyre több esetben gyártanak olyan termékeket, amelyek elektronikai alkatrészeket tartalmaznak ezért ezeket elektromágneses hullámokkal szemben árnyékoló dobozokba (Faraday kalitkába) helyezik. A Faraday kalitka kialakításánál fémes kapcsolatot kell biztosítani a szerkezet elemei között úgy, hogy kerülni kell a nagy hőmérsékletű alkalmazásokat. Az akkumulátorok gyártása és fejlesztése is rohamos ütemben zajlik és az egyre fejlettebb technológiák gyakran tartalmaznak különböző egymástól eltérő anyagok közti kötések kialakítására irányuló elképzeléseket. Ezen kötések létrehozása során igen fontos a lehető legjobb

vezetőképeség megtartása, illetve a hegesztés során mind a varrat mind a hőhatás övezet hőmérséklete korlátozott. A szokványos hegesztő vagy forrasztó eljárások ezért nem alkalmazhatóak emiatt az ipar hangsúlyt fektet az új technológiák kifejlesztésére vagy meglévőők továbbfejlesztésére.

Mivel számos ipari alkalmazásban, ahol kis hőmérsékletű fémes kötések kialakítása a cél egyre fontosabb szerepet kapott az ultrahangos hegesztés, ezért mi is elkezdtünk ezzel az eljárással kísérletezni. Az eljárás igen gyors és hatékony, azonban nagy hátránya a viszonylag nagy 8-10%-os szórás a kialakuló kötések szilárdsága között. Az elmúlt évek során több optimalizációs kísérletet is végeztünk a technológia alkalmazására, mely során igyekeztünk meghatározni az optimális paramétereket vegyes kötések kialakítása során (Cu-Cu; Al-Al; Cu-Al; illetve több kísérlet került elvégzésre saválló acél hegesztésére is mind magával mind vegyes kötés esetében), mely során rengeteg tapasztalattal gazdagodtunk. A kísérletek során felismertük, hogy az ultrahangos hegesztés során a szakirodalomból ismert ultrahangos hatás lép fel, ez a hatás számos változásért felelős a hegesztés folyamán. Az egyéb megismert ömlesztő és sajtoló hegesztésekhez képest az eljárás során a hőhatás övezeti zóna sok esetben nem a kötés közvetlen közelében alakul ki, hanem a geometriai adatok és az anyag tulajdonságainak függvényében mindig más adott távolságokban figyelhető meg. Az irodalomkutatás során a vizsgált kutatási eredmények között több szerző is utal az ultrahang hatására létrejövő diszlokáció sűrűség változására, valamint ennek következtében létrejövő keményedési és lágyulási jelenségekre. [1,2]

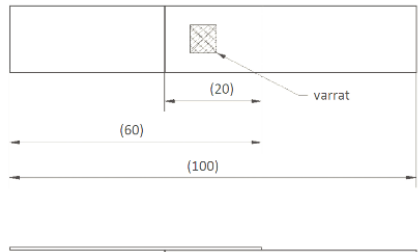
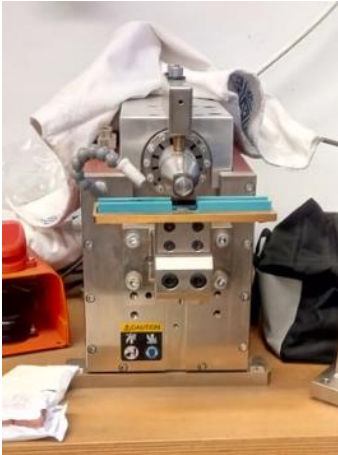
Kíváncsiságunkat a fémes anyagok ultrahangos hatásra létrejövő anyagszerkezeti változásai például lágyulási vagy keményedési jelenségek keltették fel, melyeket több kutatásban vizsgáltak már, többek közt erről olvashatunk Blaha és Langernecker „The softening and the hardening of metals under ultrasound load”-ban vagy A. Rusinko „Studies of the plasticity and creep of metals” művében. [3, 4] Ezek a kutatások rengeteg információt szolgáltatottak az ultrahang kristályszerkezetre gyakorolt hatásaival kapcsolatban. A hegesztési eljárás pontos megismeréséhez és nyomon követéséhez igen sok paraméter és szerkezet változást kell nyomon követni. A kötés szilárdsági adatait, illetve az ultrahang anyagra gyakorolt hatását nagyban befolyásolja az adott anyag összetétele, előzetes alakítása és egyéb paraméterei.

Szélsőséges paraméterek esetében a hegesztés során akár újrakristályosodás is létrejöhet. Emiatt fontos ismerni az újrakristályosodási jelenséget és az azt kiváltó hatásokat is. Miközben a meleg és hideg megmunkálások esetében az újrakristályosodás létrejötte a hideg megmunkálás sebességétől, mértékétől és az előzetes hőkezelés, valamint az alakítás után következő hőkezelés hőmérsékletétől és időtartamától is függ. [6, 7] Az újrakristályosodás során hő szabadul fel és az anyag szerkezete változik mely kilágyuláshoz vezethet. Ugyanakkor észleltük, hogy az eljárás során általában keménység növekedés történik, valamint felkeményedés, melyet nagy valószínűséggel a nagyszámú rezgés okoz. Ezeket a jelenségeket az előzetes megmunkálás folyamán keletkező deformációk nagyban elősegíthetik, így fontos a pontos munkadarab megválasztás az eljárás alatt.

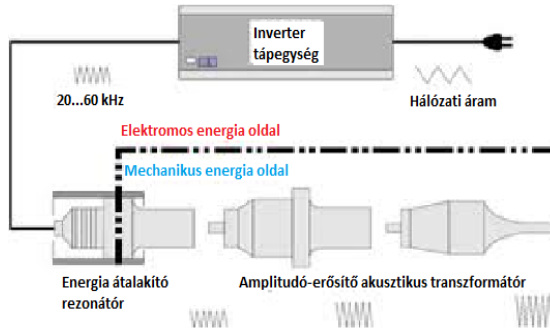
2 A gép bemutatása

Az ultrahangos hegesztő gép mellyel dolgozunk egy BRANSON gyártmányú gép, melyet az 1. ábrán láthatunk. A gép egy ponthegesztő fejjel van ellátva, a próbadarabokat pedig a 2. ábrán látható módon alakítjuk ki. A gép sematikus ábráját mely a működését írja le a 3. ábrán mutatjuk be. A gép a hálózatról veszi fel a feszültséget melyet ezután magasfrekvenciájúvá az alkalmazott gép esetében 20 KHz-re alakít át. A következő lépésként egy átalakítóba kerül az áram, mely mechanikai rezgésekké alakítja az elektromos áramot, ezt vagy magnostriktív vagy elektrosztriktív (piezoelektromos) elven alapuló átalakítóval végzi el, majd ezt egy akusztikus erősítőn átvezetve felerősíti a rezgéseket. Az amplitúdót max. 60 μm -ig lehet beállítani miközben a teljesítmény maximálisan 4 kW lehet. Miután megkaptuk a kellő frekvenciát ezt a szonotródába (hegesztő fejre)

továbbítjuk.



1. ábra Az ultrahangos hegesztőgép 2. ábra A hegesztett kötés sematikus ábrája



3. ábra az Ultrahangos hegesztőgép sematikus ábrája

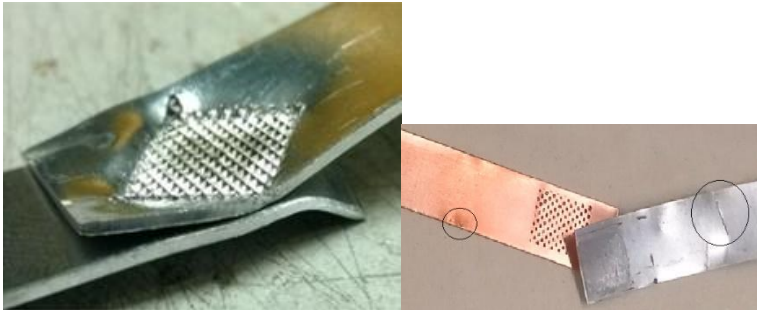
Az összenyomó erőt a szonotróda adja át a hegesztés során (a különböző szonotroda kialakításokra a 4. ábrán láthatnak példákat), ezt az erőt egy pneumatikus dugattyúban létrejövő nyomás alakítja ki ezt 10-80 PSI ben lehet meghatározni az alkalmazott berendezésen. A gép mellyel dolgozunk vékony lemezekhez / kábelekhöz való maximum 0,75 mm vastagságú lemezek hegesztésére optimált. Magát az ultrahangos hegesztést leggyagyakrabban manapság az autó és elektronika iparban használják, ennek oka, hogy kiválóan alkalmas a kábelvégek hegesztéséhez, illetve az akkumulátorok közti kötések kialakítására. Napjainkra szinte teljes mértékben kiváltotta a régi forrasztásos eljárást miután sokkal hatékonyabb és megbízhatóbb, nincs fennmaradó szennyeződés a kötésben ellentétben a régi forrasztásos eljárással.



4. ábra szonotroda típusok

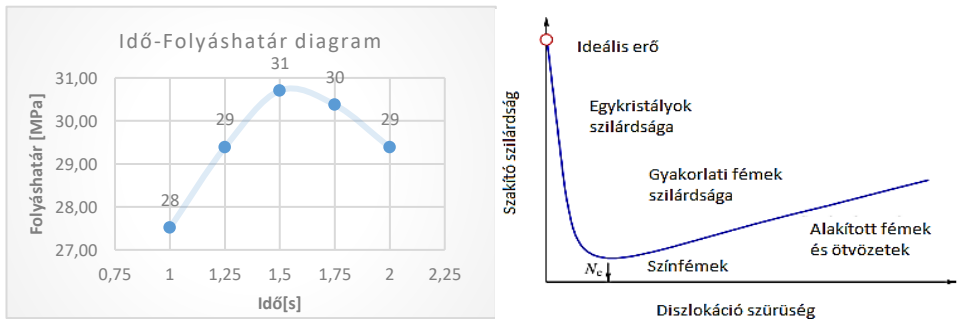
2.1 Jellegzetes károsodások

Az eljárás során rengeteg probléma léphet fel, de leggyakoribbak a deformációk, illetve repedés kialakulások. Ezekre az 5. ábrán látható néhány példa mely bemutatja a deformációs jelenséget túl nagy összeszorító erő esetén, illetve a repedéseket melyek a túl hosszú hegesztési idő vagy magas amplitúdó okozhat. Ezen károsodások könnyen előfordulhatnak már igen kicsi paraméterhiba esetében is emiatt nagyon fontos a pontos paraméter együttes beállítása.



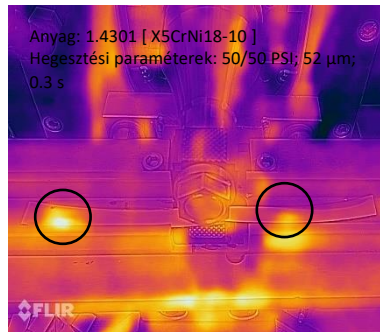
5. ábra jellegzetes károsodások [7]

Ezeket a problémákat elemezve sikerült megállítani, hogy a legtöbb kialakuló hiba a varrattól adott távolságban alakul ki a megadott geometria esetén, mely arra következtetésre engedett minket jutni, hogy ez egy összetett folyamat. A vizsgálataink során először a paramétereket kezdtük vizsgálni, mely alapján kiderült, hogy az amplitúdó és az idő paraméter a leginkább befolyásoló tényező. Az alumínium lemezek közti kötés vizsgálatánál arra lettünk figyelmesek, hogy a hegesztési idő változás reciprok függvénye nagyban hasonlít a diszlokáció sűrűség függvény alakulására a szilárdságra, ahogyan ezt a 6. ábrán láthatjuk. Ebből a következtetésből kezdtünk el a diszlokációs vizsgálatok felé haladni a kutatásunkkal és az irodalmi kutatásokkal [1, 2, 3, 4] egyetértésben arra jutottunk, hogy az ultrahangos hatásnak nagy befolyása lehet a diszlokáció vándorlásra.



6. ábra Idő-folyáshatár diagram és diszlokáció sűrűség-szilárdság összehasonlítása

A későbbiek során ez a feltételezés tovább nőtt ugyanis a diszlokációk mozgása energiát igényel, ez az eljárás során a paraméterek hibás megválasztása esetén könnyen feltorlódik. Hőkamera képen megfigyeltük, (7. ábra) hogy a hegesztések esetében a pontokon, ahol a repedések kialakulnak létrejönnek hőmérséklet gyűjtő pontok, melyek előre jelzik a károsodás helyét. Ezek a helyek adott anyag és geometria esetében hasonló helyen helyezkednek el. Ugyanakkor érdekes volt megfigyelni, hogy az a lemez, amely a hegesztés során felül helyezkedik el másképpen viselkedik mint az, amelyik alul kapott helyet. Ennek okát még vizsgáljuk.



7. ábra Ultrahangosan hegesztett darab hőkamerás képe

2.2 Az ultrahang hatása a korrózióállóságra

Az eljárás vizsgálata során kitértünk a korróziós hatások elemzésére is. Sajnos ezen jelenségek még csak felületesen kerültek vizsgálatra. Ugyanakkor ahogyan a 8. ábrán láthatják az elvégzett kísérletek alapján a marószerbe (higroszkopikus vasklorid oldat) helyezett darabokon megfigyelhető károsodás alapján meg tudtuk állapítani, hogy a minták erősen hajlamosak a rés és lyuk korrózióra, illetve, hogy az eljárás negatívan befolyásolja a darabok korróziós tulajdonságait melyet véleményünk szerint a darabok közt kialakuló rés idézhet elő, és emiatt az ott könnyen kialakuló rés korrózió.



A korrózió haladása 1 nap után
Súlyvesztés kontrol: 0,55%
Heesztett darab: 3,11%



A korrózió haladása 2 nap után
Súlyvesztés kontrol: 1,5%
Heesztett darab: 4%



A korrózió haladása 3 nap után
Súlyvesztés kontrol: 1,8%
Heesztett darab: 5,47%



A korrózió haladása 7 nap után
Súlyvesztés kontrol: 5,5%
Heesztett darab: 6,5%

8. ábra Korróziós eredmények [8]

3 Konklúzió

Konklúzióként elmondható az eljárásról, hogy egy könnyen használható ám nehezen optimalizálható eljárás, mely kiválóan alkalmazható olyan területeken ahol más technológiák nem megfelelőek. A technológia folyamatosan fejlődik és ahogyan egyre elterjedtebbek a kompozitok és más vegyes kötések a technológia az iparban egyre szélesebb körben fog elterjedni várhatóan rövid időn belül. A véleményünk szerint az eljárásban még nagyon sok a fel nem tárt kérdés és érdekes kutatási lehetőség mind a diszlokációs jelenségek mind a felhasználási területek irányában.

4 Hivatkozások

- [1] Blaha, F., & Langenecker, B. (1955). Dehnung von zink-kristallen unter ultraschalleinwirkung. *Naturwissenschaften*, 42(20), 556-556.
- [2] Tisza Miklós. Kandidátusi értekezés (2017) Az ultrahangos hatás képlékeny alakváltozás hatása a mechanikus és a mely húzás technológiai paramétereire (1), 20-29.
- [3] Rusynko, A. K. (2001). Mathematical description of ultrasonic softening of metals within the framework of the synthetic theory of plasticity. *Materials Science*, 37(4), 671.
- [4] Tanibayashi, M. (1991). A theory of the Blaha effect. *physica status solidi (a)*, 128(1), 83-94.
- [5] Chinh, N. Q., & Kovács, Z. (2019, October). Unique microstructural and mechanical properties of Al-Zn alloys processed by high-pressure torsion. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 613, No. 1, p. 012028). IOP Publishing.
- [6] Kohzuki, Y., & Ohgaku, T. (2016). I-Ions as Obstacles to Dislocation Motion in NaCl: I-Single Crystals. *Journal of Materials Science and Chemical Engineering*, 4(4), 1-8.
- [7] Kovács, T. (2018, May). Investigation of the ultrasound welded aluminium joint microstructure. In *Vehicle and Automotive Engineering* (pp. 735-741). Springer, Cham.
- [8] Schramkó Márton diplomamunka (Óbudai egyetem): Korrózióálló acél ultrahangos hegesztési technológiai tervezése, (59-64 o) 2021



Start-Stop rendszerek hatékonysága és fejlesztési lehetőségei

Efficiency and development possibilities of Start-Stop systems

¹Stadler Róbert Gábor, ²Lukács Judit, ³Nádai László, ⁴Horváth Richárd

¹Óbudai Egyetem, Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország, stadler.robort@uni-obuda.hu

²Óbudai Egyetem, Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország, lukacs.judit@uni-obuda.hu;

³Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Budapest, Magyarország nadai.lszalo@uni-obuda.hu

⁴Óbudai Egyetem, Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország, horvath.richard@uni-obuda.hu

Összefoglalás

Napjaink egyik vezető célkitűzése a károsanyag-kibocsátás csökkentése. Ez a cél különösen vonatkozik a közlekedés-iparra, ami a világ károsanyag-kibocsátásának egy jelentős részét termeli. Az elmúlt évtized egyik legjelentősebb fejlesztése az értékek csökkentésére a start-stop rendszer alkalmazása és elterjedése volt. A rendszer segítségével jelentősen csökkenthető a jármű károsanyag-kibocsátása mellett az üzemanyagfogyasztása is. A cikk célja, a start-stop rendszer hatékonyságának felmérése, valamint hátrányainak és jövőbeli fejlesztési lehetőségeinek a feltárása.

Kulcs szavak: start-stop rendszer, motor, járművek emissziós tényezői

Abstract

One of today's leading goals is to reduce emissions. This target applies particularly to the transport industry, which produces a significant proportion of the world's emissions. One of the most important developments of the last decade to reduce values has been the application and spread of the start-stop system. The system can significantly reduce vehicle emissions as well as fuel consumption. The aim of the article is to assess the effectiveness of the start-stop system and explore its disadvantages and future development opportunities.

Keywords: start-stop system, motor, Vehicle emission factors

1 Bevezetés

A közlekedés és a mobilitás mindennapi életünk fontos és szükséges része. Évről-évre ezért folyamatosan növekvő tendenciát mutat az 1000 főre eső gépjárművek száma Európában. [1] A növekedéssel párhuzamosan pedig a károsanyag-kibocsátás és az üzemanyagfogyasztás is folyamatosan növekszik. Előbbi komoly környezetvédelmi, míg utóbbi gazdasági és fenntarthatósági kérdések és szemléletek elé állítja a társadalmat.

Ma Európában az üvegházhatásúgáz-kibocsátásának közel egynegyede a közlekedésből származik, továbbá ez a fő oka a városi légszennyezésnek is. [2] Az Európai Unió (EU) egyik kiemelt célkitűzése, hogy 2050-re elérje a nulla nettó üvegházhatásúgáz-kibocsátást [3]. Annak érdekében, hogy a célt elérje, olyan műszaki és társadalmi megoldásokra van szükség, amely úgy hoz javuló tendenciát, hogy közben a társadalmi jólét ne sérüljön.

Ennek megfelelően a közelmúltban a járművek károsanyag-kibocsátásának csökkentésével foglalkozó publikációk száma és jelentősége megnőtt. Továbbá a járműgyártók is rá lettek kényszerítve, olyan technológiai fejlesztésekre és irányelvekre, mint a járművek tömegének és a motorok méretének a csökkentése, az alacsony gördülési ellenállással rendelkező gumibroncsok, a kedvezőbb aerodinamikai felépítések támogatása, valamint a járművek hibridizálása, villamosítása. A károsanyag-kibocsátás csökkentésére irányuló fejlesztések között kiemelkedik a start-stop technológia. A rendszer a belsőégésű motort, automatikusan kikapcsolja, ha azt észleli, hogy a jármű álló helyzetben van (például piros lámpánál történő várakozás vagy megnövekedett forgalom), míg a vezető utasítására azonnal újraindul. A technológia jelentősége városi környezetben a legjelentősebb, ahol a motorok sok időt töltenek alapjáraton. A technológia előnyeihez sorolható továbbá, hogy olcsó, egyszerűen kivitelezhető, és a vezető részéről semmilyen többlet interakciót nem kíván meg [4].

Jelen tanulmány célja, hogy áttekintsük az eddigi kutatások alapján a rendszer hatékonyságát, valamint, hogy feltárjuk a rendszerben rejlő fejlesztési és kutatási lehetőségeket a jövőre nézve.

2 Start-Stop rendszerek hatékonysága

A start-stop rendszerek megjelenésével számos kutatás foglalkozott a technológia hatékonyságának vizsgálatával. A kutatások során elsősorban a károsanyag-kibocsátást és az üzemanyag-fogyasztást mérték, különböző terepeken és járműkonstrukciókon.

Fonseca és tsi. [4] a start-stop rendszer hatékonyságát vizsgálták városi körülmények között dízel hajtású járművekkel. Vizsgálataikat Madrid (Spanyolország) fővárosában végezték el, két különböző nagy forgalmú útszakaszon. Az 1. útszakasz 5,1 km, míg a 2. útszakasz 8,7 km hosszú volt. A két tesztelt autó típus közül mindkettő Land Rover márkájú volt, az egyik jármű nem, míg a másik jármű rendelkezett kikapcsolható start-stop rendszerrel. A károsanyag-kibocsátás méréséhez egy MIVECO-PEMS univerzális fedélzeti emissziómérő rendszert, valamint egy PGAMS globális aktivitásmérő rendszert alkalmaztak. Többek között mérték a CO₂ kibocsátást is. Mérési eredményeik alapján arra a következtetésre jutottak, hogy a CO₂ kibocsátás jelentős, akár 20%-os csökkentése is elérhető városi körülmények között.

Piotr Lijewski és tsi. [5] egy városi robogó kipufogógáz-kibocsátását vizsgálták bekapcsolt és letiltott start-stop rendszerrel. A vizsgálatokat tényleges üzemi körülmények között hajtották végre Poznan (Lengyelország) forgalmasabb útszakaszain. A meghatározott útvonal hossza 7,35 km volt, és úgy választották meg, hogy számos kereszteződést, és jelzőlámpát tartalmazzon. A károsanyagok közül a CO₂-t, CO-t, HC-t, valamint az NO_x kibocsátását vizsgálták egy AxionR/S+ PEMS mérőrendszer segítségével. A vizsgálat során alkalmazott robogó 2017-es évjáratú, valamint négyütemű 125 cm³-es, 9 kW-os motorral rendelkezik. Vizsgálati eredményeik alapján megállapították, hogy a start-stop rendszer alkalmazása pozitívan befolyásolta a CO₂ kibocsátást és az üzemanyag-fogyasztást. Azonban a többi károsanyagnál nem figyeltek meg ilyen változást, amit a szerzők azzal indokolnak, hogy a tesztek valós üzemi körülmények között volt végrehajtva. Ez utóbbi jelentőségét többször is hangsúlyozták, ugyanis jelentős eltéréseket tapasztaltak a laboratóriumi és valós tesztelési eredmények között.

Abdulahad Ozdemir és Ata Mugan [6] tanulmányában egy 1,5 literes dízelmotorba integráltak start-stop technológiát. A rendszerrel és a rendszer nélküli működést szimuláció és mérés

segítségével is vizsgálták. A szerzők célja, egy olyan modell felállítása, amely lehetővé teszi az üzemanyag-fogyasztás becslését start-stop rendszerek vizsgálata során. A tanulmányuk során az üzemanyag-fogyasztás mellett, a károsanyag-kibocsátást (CO₂) is tanulmányozták. Az üzemanyag-kibocsátás szimulációja során 0,165 liter/100 km eredményt kaptak, míg a mérések során 0,16 liter/100 km. A károsanyag-kibocsátásának szimulációs eredménye 4 gr/100 km eredményt szimuláltak, míg a mérési eredmények során 4,5 gr/100 km eredményt kaptak.

Jerzy Merkisz és tsi. [7] tanulmányában a start-stop rendszerrel felszerelt jármű városi forgalomban történő károsanyag-kibocsátását és üzemanyag-fogyasztását vizsgálták. A vizsgálatok egy start-stop opcióval felszerelt Mercedes A 150 Blue Efficiency személygépkocsival történtek. A tesztvezetéseket valós városi körülmények között hajtották végre. A kipufogógáz-kibocsátásokat és a kipufogógáz tömegáramát egy SENSORS SEMTECH DS hordozható mérőkészülékkel mérték. A kísérleteket két különböző útszakaszon is elvégezték bekapcsolt és kikapcsolt start-stop opcióval. Az 1. tesztelési útvonal külső városi, míg a 2. tesztelési útvonal városközponti útszakasznak felelt meg. Mérési eredményeik során megállapították, hogy a start-stop rendszer pozitív hatással van mind az üzemanyag-fogyasztásra, mind a károsanyag-kibocsátásra. A szerzők kiemelik, hogy a rendszer nem zavarja a vezetőt, és 15%-os csökkenést is képesek voltak elérni a CO₂ kibocsátás és az üzemanyag-fogyasztás esetében is.

A start-stop rendszerek hatékonyságát számos publikáció és járműgyártó mérései támasztják alá. Minden esetben nagy mértékben sikerült csökkenteni a károsanyag-kibocsátást, valamint az üzemanyag-fogyasztást is. Szinte minden publikáció kiemeli, hogy a technológia olcsón és egyszerűen megvalósítható. Továbbá kiemelik, hogy ma már számos új gépjármű konstrukció alapfelszerelése, amely közép- és hosszútávon nagy mértékben hozzájárulhat a kitűzött fenntarthatósági és környezetvédelmi célok elérésében.

3 Start-Stop rendszerek fejlesztési lehetőségei

A start-stop rendszerek károsanyag-kibocsátást és üzemanyag-fogyasztást csökkentő hatásait számos publikáció támasztotta alá, azonban hasonlóan sok publikáció foglalkozik a rendszer hátrányaival, valamint azok kiküszöbölési és fejlesztési lehetőségeivel.

Santos és tsi. [8] kiemelik, hogy a start-stop rendszerek nagy terhelést okoznak a motor fő alkatrészeire, mint például a dugattyúkra, a dugattyúgyűrűkre és a csapágyakra. A gyakori motor újraindítás miatt, ezeknek a gépelemeknek szakaszos hőmérséklet-ingadozást és kenőanyag-ellátást kell elviselnie, ami csökkentheti a motor élettartamot. Tanulmányukban részletesen áttekintették a start-stop rendszerek tribológiai vizsgálataival kapcsolatos szakirodalmakat, főként azokat, ahol a start-stop működésének a motor csapágyak viselkedésére gyakorolt hatását vizsgálták. Következtetések alapján azt javasolták, hogy a motorok tribológiai paramétereit felül kell vizsgálni, mivel a csapágyak új üzemi körülmények között működnek. Elsősorban a kenőolaj minőségének és az érintkező felületekre felvitt bevonatok felülvizsgálatát és fejlesztését tanácsolták.

David Ibarra és tsi [9] tanulmányukban azt vizsgálták, hogy a start-stop rendszer milyen hatással van a zajkibocsátásra, ugyanis a közúti közlekedés egyik leggyakoribb környezeti hatása a közlekedési zaj. Vizsgálataikat Mexikóváros (Mexikó) egyik forgalmas útszakaszán hajtották végre (8,2 km). A kijelölt útszakaszon három különböző sofőr végezte el a kísérletet egy benzinhajtású autóval bekapcsolt és kikapcsolt start-stop rendszer mellett egyaránt. A zajok mérése egy a motor közelébe szerelt mikrofont és zajmérő rendszert használtak. Mérési eredményeik alapján megállapították, hogy a start-stop rendszernek elhanyagolható hatása van városi forgalomban a motor által kibocsátott zajra ennek ellenére érdemesnek tartják tovább vizsgálni, a start-stop rendszerekkel felszerelt gépjárművek zaj feltérképezését.

Daoyong és tsi. [10] tanulmányukban kiemelik, hogy a korszerű járműveknek magas

menetkényelmi követelményeik vannak, ezért a gyártók, valamint a kutatások is egyre nagyobb figyelmet fordítanak a járművek NVH (Noise-zaj; Vibration-vibráció; Harshness-keményesség) teljesítményének csökkentésére. A start-stop rendszer kedvező tulajdonságai mellett a gyakori motorindítási-leállítási folyamat a hajtáslánc és a jármű karosszériájának növekvő vibrációjához vezet, ezáltal a fent említett NVH teljesítményt negatívan befolyásolja. A szerzők egy 13 szabadságfokú járműdinamikai modellt hoztak létre. Ezen a modellen teszteltek három rezgéscsillapító módszert, amelyekkel csökkenthető a hajtáslánc és a jármű rezgései start-stop rendszer mellett. Számításaik alapján mind a három tesztelt módszer hatékonyan csökkentte a modell (jármű) rezgéseit.

4 Konklúzió

Jelen tanulmány célja a járművekben található start-stop rendszerek hatékonyságának és jövőbeli fejlesztéseinek feltárása volt. A rendszer alkalmazása a korszerű gépjárművekben nélkülözhetetlen, ugyanis jelentős károsanyag-kibocsátás és üzemanyag-fogyasztás csökkentést eredményeznek. A rendszer további nagy előnye, hogy olcsó és egyszerűen alkalmazható, bármilyen hajtású gépjármű esetén. A számos előny mellett azonban hátránya is van a rendszernek, ilyen a rendszer működése közben fellépő rezgések, amik rontják a menetkényelmet, illetve a motor fő alkatrészeire ható szakaszos hőmérséklet-ingadozás és kenőanyag-ellátás, ami jelentős motor élettartam csökkenést eredményezhet. Ezeknek a hátrányoknak a csökkentése és kiküszöbölése a jövőben számos kutatás alapját képezhetik majd.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését a 2019-1.1.1-PIACI-KFI-2019-00303 számú projekt támogatta. (Támogató: Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal, az NKFI alaphól megvalósuló projekt).

5 Hivatkozások

- [1] Eurostat. (2020). Passenger Cars per 1000 Inhabitants.
- [2] European Commission. (2016). A European Strategy for Low-Emission Mobility, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions.
- [3] European Commission. (2018). Communication: A Clean Planet for All—A European Strategic Long-Term Vision for a Prosperous, Modern, Competitive and Climate Neutral Economy.
- [4] Fonseca, N., Casanova, J., & Valdés, M. (2011). Influence of the stop/start system on CO2 emissions of a diesel vehicle in urban traffic. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 16(2), 194-200.
- [5] Lijewski, P., Szymlet, N., Fuć, P., Domowicz, A., & Rymaniak, Ł. (2021). The effect of start-stop systems on scooter exhaust emissions. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 91, 102684.
- [6] Ozdemir, A., & Mugan, A. (2013). Stop/start system integration to diesel engine and system modelling & validation. *IFAC Proceedings Volumes*, 46(25), 95-100.
- [7] Merkisz, J., Pielecha, I., Pielecha, J., & Brudnicki, K. (2011). Start-stop rendszerrel felszerelt személygépkocsik közúti kipufogógáz-kibocsátása. *Közlekedési Archívum*, 23, 37-46.

- [8] Santos, N. D. S. A., Roso, V. R., & Faria, M. T. C. (2020). Review of engine journal bearing tribology in start-stop applications. *Engineering Failure Analysis*, 108, 104344.
- [9] Ibarra, D., Ramirez-Mendoza, R. A., López, E., & Bustamante, R. (2015). Influence of the automotive Start/Stop system on noise emission: Experimental study. *Applied Acoustics*, 100, 55-62.
- [10] Wang, D., Jiang, M., He, K., Li, X., & Li, F. (2020). Study on vibration suppression method of vehicle with engine start-stop and automatic start-stop. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 142, 106783.



Gépjárművekben alkalmazott kijelzők pozicionálása és korszerű technológiái

Positioning and technologies of displays used in motor vehicles

¹Stadler Róbert Gábor, ²Varga Bence

¹Óbudai Egyetem, Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország, stadler.robort@uni-obuda.hu

²Óbudai Egyetem, Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország, varga.bence@bgk.uni-obuda.hu

Összefoglalás

A korszerű gépjárművekben egyre nagyobb szerepet kapnak a kijelzővel támogatott fedélzeti rendszerek. Ezek a kijelzők új fajta tervezési és vezetési körülmények elé állítják a járműgyártókat és a járművezetőket. A tanulmány keretein belül ezért áttekintjük azokat a publikációkat, amik a közelmúltban a kijelző és a vezető kapcsolatát vizsgálja valós és szimulált vezetési körülmények között. Továbbá áttekintjük a kijelzők jelenlegi és jövőbeli technológiai lehetőségeit.

Kulcs szavak: gépjárművek, kijelző technológiák, HUD, OLED

Abstract

Display-supported onboard systems are playing an increasingly important role in modern vehicles. These displays put new manufacturers in vehicle manufacturers and drivers' design and driving environment. Therefore, as part of this study, we review publications that have recently examined the relationship between the display and the driver under real-world and simulated driving conditions. We also review current and future technology options for displays.

Keywords: vehicle, display technologies, HUD, OLED

1 Bevezetés

A gépjárművek egyik legdinamikusabban fejlődő egysége a műszerfal. Ez köszönhető annak, hogy az évtizedek során számos plusz információ, illetve szolgáltatás van az autókban, amelyről tájékoztatni kell a vezetőt a jármű irányítása során. A 2000-es évek elején megjelentek a kijelzővel támogatott fedélzeti rendszerek, napjainkban pedig már kifejezetten elterjedtek ezek a koncepciók.

Az ilyen kijelzővel támogatott fedélzeti rendszereknek számos követelménynek kell megfelelnie, ugyanis a kényelmi funkciók mellett, komoly biztonsági feladatokat is ellátnak. Ugyanakkor érdemes megjegyezni, hogy a kijelzővel vagy kijelzőkkel támogatott rendszerek aggodalomra adnak okot, ugyanis könnyen elvehetik a vezető figyelmét, elősegítve egy esetleges közúti balesetet. [1]

Többek között ennek is köszönhető, hogy az elmúlt tíz évben számos kutatás foglalkozott a

kijelzők minőségével, típusával, tartalmával, valamint a gépjárműben történő pozicionálásával.

Jelen cikk célkitűzése, hogy átfogó képet kapjunk a gépjárművekben található kijelzős fedélzeti rendszerek járművezetőre gyakorolt hatásairól, illetve a korszerű kijelző technológiákról.

2 A kijelző pozíciójának és típusának hatása a járművezetőre

A cikk első felében áttekintjük azokat a kutatásokat a közelmúltból, ahol a szerzők a kijelző és a járművezető közti kapcsolatot vizsgálták. A fejezet keretein belül kitérünk a HUD (Head-Up Display) technológiára, amely már most egyre népszerűbb és elterjedtebb koncepció a korszerű gépjárművekben.

Kuiper és tsi [2] tanulmányukban kiemelik, hogy a kijelzővel támogatott fedélzeti rendszerek a jövőben megnövelhetik az utazási betegségben szenvedők számát. A szerzők ezért, a gépjárműben található kijelzők pozicionálásának hatását vizsgálták, ugyanis azt feltételezték, hogy a kijelző használata során a megnövekedett perifériás látás csökkentheti az utazási betegség előidézését. A vizsgálatokat egy Volkswagen Passat típusú gépjárművel, magánútvonalon hajtották végre 18 résztvevővel. Miközben egy vezető a gépjárművet irányította, a résztvevőknek egy 7 inch-es kijelzőn kellett különböző keresési feladatokat elvégezniük. A résztvevők két alkalommal hajtották végre a kísérletet, egyszer amikor a táblagép a kesztyűtartó magasságában volt, és egyszer amikor a táblagép a szélvédőn, szemmagasságban helyezkedett el. A résztvevők a menetek után önértékelési tesztet tölthettek ki, az egészségügyi állapotukkal kapcsolatban. A kísérleti eredményeikből a szerzők arra a következtetésre jutottak, hogy az átlagos reakcióidő valamivel alacsonyabb volt a szemmagasságban elhelyezett kijelző esetén. Továbbá arról számoltak be, hogy ennél a koncepciónál csökkent az esély az utazási betegségre. Lee és tsi. [3] megvizsgálták a járműben lévő információs megjelenítés vizuális összetettségének és a vezető életkorának hatását vezetési környezetben. Vezetési kísérleteiket szimulációs környezetben hajtották végre és a résztvevőknek keresési feladatokat kellett végrehajtanuk különböző vizuális komplexitási szinteken. A vizsgálatok elvégzése során két csoportot vontak be, 20 fiatalabb (átlagéletkor: 28,75 év) és 14 idősebb (átlagéletkor: 54,87 év) vezetőt. Következtéseik alapján a járműben lévő információs kijelzők vizuális összetettsége befolyásolta a járművezetők vizuális keresési viselkedését és a vezetési feladatok viselkedését. Továbbá az eredmények azt mutatták, hogy az idősebb résztvevők érzékenyebbek voltak a megnövekedett vizuális komplexitásra, mint a fiatalabb résztvevők. Kraft és tsi. [4] tanulmányukban kiemelik, hogy a részben automatizált járművek egyik legnagyobb kihívása a megfelelő szintű rendszerinformáció és a vezető figyelmének az elterelése közti kompromisszum. A szerzők közötti kísérletet végeztek, amelyben a pillantási viselkedés alapján összehasonlították a járműbe épített kijelző (részben automatizált vezetés közben) és a kijelző nélküli (kézi vezetés közben) koncepciót. A vezetési kísérleteket nagy forgalmú autópálya szakaszon hajtották végre, 3 résztvevő bevonásával. A vizsgálatok során egy közép kategóriás járművet alkalmaztak. A járművezetők tekintetének viselkedését szemkövető kamerás rendszerrel mérték. Mérési eredményeik alapján többek között arra a következtetésre jutottak, hogy a vezetők vizuális figyelme a kijelző felé terelődött, bár ennek mértéke, nem volt biztonsági szempontból kritikus. Lagoos és tsi. [5] szintén a vezető figyelmének az elterelését említik meg, mint aggasztó jövőbeli probléma. A szerzők egy korszerű, úgynevezett Head-Up-Display (HUD) koncepciót tesztelnek tanulmányukban. Vizsgálataikat 20 fő bevonásával hajtották végre. Mindegyik vezető szimulált körülmények között vezette a szerzők által megtervezett HUD rendszert, valamint egy klasszikus HDD (Head Down Display) rendszert. Mérési eredményeik alapján arra következtettek, hogy a HUD rendszer segítségével csökkenthető a balesetek száma, valamint a felhasználók szubjektív visszajelzéseik alapján preferálnák a jövőben a HUD rendszer alkalmazását. Mendoza és tsi. [6] hasonlóan a HUD és HDD rendszerek összehasonlítását végezték el tanulmányukban. Céljuk az volt, hogy megtudják melyik koncepció felel meg jobban a járművezetők összpontosítási

korlátjainak. Vizsgálataik során kétféle kijelző koncepciót (HUD és HDD), két feladattípust (személyes kommunikáció és telefonos kommunikáció), illetve 2 figyelemvonási intenzitást (alacsony és magas) alkalmaztak. Ezen paraméterek kombinálásával 8 különböző vezetési körülményt állítottak fel. A vizsgálatokat 30 résztvevővel hajtották végre, szimulációs környezetben. Kísérleti tapasztalataik alapján arra a következtetésre jutottak, hogy a HUD és az alacsony figyelemvonási szint többek között kevesebb sáveltérést, kihagyott kérdést, sebességkorlátozás megsértést (gyorshajtást) eredményezett. Továbbá az összes eredmény arra utal, hogy a HUD jobb vezetési teljesítményt tesz lehetővé a HDD-vel szemben.

3 LED és OLED kijelzők

A cikk második felében a LCD és OLED technológiával kapcsolatos közelmúltban megjelent tanulmányokat nézünk át. Jelenleg ez a kettő vezető technológia a korszerű kijelzők esetén. A tanulmányokban kitérünk a mini-LED (mLED) és mikro-LED (μ LED) technológiákra is, amelyek a közeljövőben változást hozhatnak a kijelző piacon.

Chen és tsi. [7] az LCD (Liquid Crystal Display) és OLED (Organi Light-Emitting Diode) típusú kijelzőket hasonlították össze. Tanulmányuk első felében bemutatták az LCD és OLED technológiák közelmúltbeli fejlődését, ezután a két technológiát többek között válaszdő, kontrasztarány, színskála, élettartam, és energiahatékonyság alapján hasonlították össze. Következtetéseik alapján az LCD és OLED technológiának vannak előnyei és hátrányai is egymással szemben. Az LCD jobban teljesített az élettartam, felbontás, valamint maximális fényerő tekintetében, emellett pedig gazdasági szempontból is felülmúlja az OLED technológiát. Az OLED technológia mellett szól az élethűbb és mélyebb fekete szín, valamint a jóval gyorsabb válaszdő. A szerzők kiemelik a jövőbeli fejlesztési irányokat, mint például az ultramagas csúcshfényerő a HDR-hez (High Dynamic Range), az ultranagy felbontás a VR (Virtual Reality) technológiákhoz, valamint az ultraalacsony energiafogyasztás az AR-hez (Augmented Reality). Az alkalmazási területek között megemlítik a gépjárművekben történő alkalmazást is.

Huang és tsi. [8] az OLED technológiát hasonlítja össze a mini-LED (mLED) és mikro-LED (μ LED) technológiákkal. A tanulmányban az egyes kijelző típusok átfogóan és részletesen lettek bemutatva. A szerzők többek között olyan paraméterek alapján hasonlították össze a technológiákat, mint az energiafogyasztás, a kontrasztarány, a fényerő vagy a válaszdő. Következtetéseik alapján mind három technológia támogatja a gyors MPRT-t, a magas ppi-t, a nagy kontrasztarányt, a nagy bitmélységet, a kiváló sötét állapotot, a széles színskálát, a széles látószöveget, illetve a széles működési hőmérséklet-tartományt. A HDR (High Dynamic Range) megvalósítására szintén mind három technológia alkalmas, bár ez esetben az mLED-LCD-k magasfokú hőkezelést igényelnek, míg az OLED technológiánál az élettartam és a fényerő közötti kompromisszumot kell figyelembe venni.

Wu és tsi [9] tanulmányukban a mini-LED és mikro-LED technológiák fejlesztési és jövőbeli lehetőségeiről írnak. Kifejtik, hogy mindkét technológia nagy mértékben javítja a kijelző tulajdonságait. Az egyik legnagyobb előnyük, hogy a méret csökkenésnek hatására a kijelző felbontása jelentősen javul, azonban a mini-LED-ek tömeggyártási technológiája még nincs kidolgozva, míg a mikro-LED technológia továbbra is csak labor körülmények között tesztelt technológia. Ennek ellenére mind a két technológiának komoly jövőt jósolnak.

4 Konklúzió

Napjainkban a korszerű gépjárművek nélkülözhetetlen eleme a műszerfalon található kijelzővel támogatott fedélzeti rendszerek. Ezért jelen tanulmányban a járművekben található fedélzeti rendszer feladatokat ellátó kijelzőket tanulmányoztunk. A cikk első felében a kijelző és a

járművezető közti kapcsolatot és interakciókat néztük át. A közelmúltban megjelent publikációk azt támasztják alá, hogy a kijelzők befolyásolják a járművezetők figyelmét, de ez nem haladja meg a veszélyes figyelemelterelés szintjét. Ennek ellenére több publikáció javasolja a kijelző szemmagasságban történő elhelyezését, ugyanis ezzel csökkenthető a figyelemelterelés, valamint az utazási betegségek kockázata. Több publikáció javasolja a HUD technológia alkalmazását. A tanulmány második felében megnéztük a korszerű kijelző technológiákat. Jelenleg az OLED a vezető technológia, de több publikáció is arról számol be, hogy a mini- és mikro-LED-ek átvehetik ezt a vezető szerepet a közeljövőben, amennyiben megoldóik a technológia tömeggyártási problémája.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését a 2019-1.1.1-PIACI-KFI-2019-00303 számú projekt támogatta. (Támogató: Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal, az NKFI alapból megvalósuló projekt).

5 Hivatkozások

- [1] Horrey, W. J., Wickens, C. D., & Consalus, K. P. (2006). Modeling drivers' visual attention allocation while interacting with in-vehicle technologies. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 12(2), 67.
- [2] Kuiper, O. X., Bos, J. E., & Diels, C. (2018). Looking forward: In-vehicle auxiliary display positioning affects carsickness. *Applied Ergonomics*, 68, 169-175.
- [3] Lee, S. C., Kim, Y. W., & Ji, Y. G. (2019). Effects of visual complexity of in-vehicle information display: Age-related differences in visual search task in the driving context. *Applied ergonomics*, 81, 102888.
- [4] Kraft, A. K., Naujoks, F., Wörle, J., & Neukum, A. (2018). The impact of an in-vehicle display on glance distribution in partially automated driving in an on-road experiment. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 52, 40-50.
- [5] Lagoo, R., Charissis, V., & Harrison, D. K. (2019). Mitigating Driver's Distraction: Automotive Head-Up Display and Gesture Recognition System. *IEEE Consumer Electronics Magazine*, 8(5), 79-85.
- [6] Mendoza, J. (2020). Head-up Displays Vs. Head-Down Displays for Vehicle Navigation with Implemented Driving Distractions. In *IIE Annual Conference. Proceedings* (pp. 1074-1079). Institute of Industrial and Systems Engineers (IISE).
- [7] Chen, H. W., Lee, J. H., Lin, B. Y., Chen, S., & Wu, S. T. (2018). Liquid crystal display and organic light-emitting diode display: present status and future perspectives. *Light: Science & Applications*, 7(3), 17168-17168.
- [8] Huang, Y., Hsiang, E. L., Deng, M. Y., & Wu, S. T. (2020). Mini-LED, Micro-LED and OLED displays: Present status and future perspectives. *Light: Science & Applications*, 9(1), 1-16.
- [9] Wu, T., Sher, C. W., Lin, Y., Lee, C. F., Liang, S., Lu, Y., ... & Chen, Z. (2018). Mini-LED and micro-LED: promising candidates for the next generation display technology. *Applied Sciences*, 8(9), 1557.
- [10] Wu, Y., Ma, J., Su, P., Zhang, L., & Xia, B. (2020). Full-color realization of micro-LED displays. *Nanomaterials*, 10(12), 2482.



Mélyhűtéssel a maradék ausztenit ellen

Cryogenic treatment against retained austenite

¹Dr. TÓTH László

¹Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Óbudai Egyetem, Budapest

Összefoglalás

A maradék ausztenit acélok edzése során az át nem alakult ausztenit szövete, mely káros tulajdonságai miatt nem népszerű. Keménység csökkenést, belső feszültségeket, méretváltozásokat okoz a késztermékben, illetve nagymértékben csökkenti a termék élettartamát. Nagy mennyiségben a magas széntartalmú erősen ötvözött szerszámacélokban fordul elő, mivel ezen acélok esetében a martenzites átalakulás kezdeti (Ms) hőmérséklete alacsony és normál hőmérsékletre hűlve nem tud befejeződni teljesen az átalakulás. Kísérleteket végeztem a K110-es minőségű Böhler szerszámacél edzése és megeresztése esetében a maradék ausztenit minimálisra csökkentése, illetve megszüntetése céljából. A kísérleteim azt igazolták, hogy a magas hőmérsékletű edzés és háromszoros magas hőmérsékletű megeresztés során ezen acélminőség esetében a maradék ausztenit mennyisége minimálisra csökkenthető illetve mélyhűtéssel teljesen megszüntethető.

Kulcsszavak: mélyhűtés, maradék ausztenit, szerszámacél

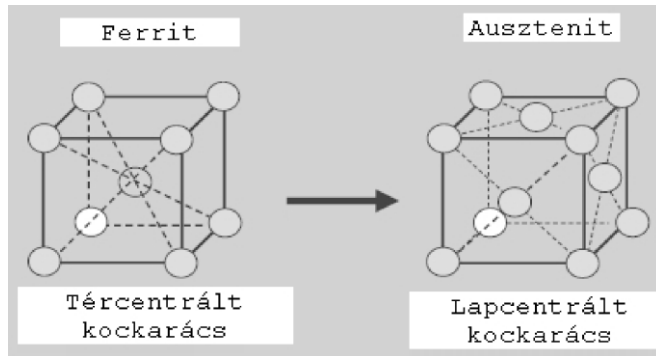
Abstract

During hardening of steels, the untransformed austenite is the retained austenite, which is not popular due to its harmful properties. It causes hardness reduction, internal stresses, dimensional changes in the finished product and significantly reduces tool lives. It occurs in large quantities in high-carbon, high-alloy tool steels, because of the low martensitic start (Ms) transformation temperature. Experiments were performed in the case of K110 Böhler tool steel quenching and tempering, to minimize and totally eliminate the residual austenite. The experiments resulted that during high-temperature hardening and three times high temperature tempering, the amount of the residual austenite can be minimized and by cryogenic treatment totally eliminated.

Keywords: cryogenic treatment, residual austenite, tool steel

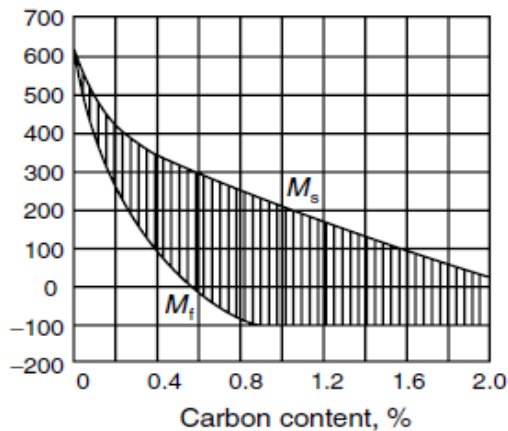
1 Bevezetés

A legtöbb acél alkatrész vagy szerszám gyártása során a végső felhasználási tulajdonságait hőkezeléssel érik el, mely folyamat általában egy ausztenitesítési lépést is tartalmaz. Ausztenitesítés során a lapközepes köbös rácsszerkezetű ferrit átalakul térközepes köbös szerkezetű ausztenitté (1. ábra).



1. ábra Ausztenites allotrop átalakulás [1]

Az ausztenit hűtéskor, a kritikus hűtési sebességnél gyorsabb hűtés során az M_s (martenzit start) hőmérsékleten kezd átalakulni diffúziómentesen martenzitté. Ha alacsony az M_s hőmérséklet akkor az ausztenit-martenzit átalakulás nem tud teljesen befejeződni normál hőmérsékleten, így maradék ausztenit képződik. Az acélok M_s hőmérséklete elsősorban az acél széntartalmától (2.ábra), és összetételétől függ [2,3].

2. ábra Az M_s hőmérséklet a széntartalom függvényében

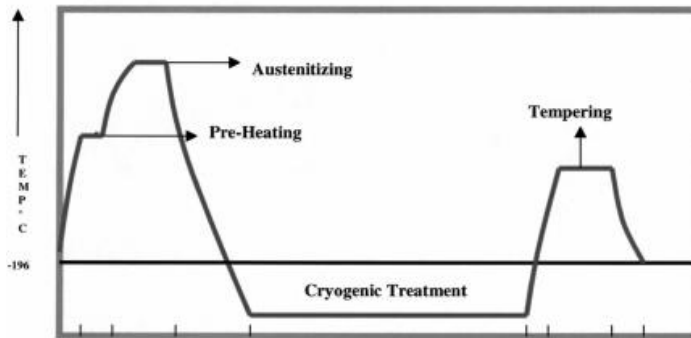
A maradék ausztenit az acélok edzését követően az ausztenit-martenzit átalakulása során keletkezhet, mely kedvezőtlen hatással lehet a hőkezelt termék tulajdonságaira. csökkenti a keménységet, belső feszültséget, illetve vetemedést okozhat a hőkezelt termékben. [4] A maradék ausztenit lágy és metastabil, terhelés hatására lebomlik és ezáltal méretváltozást, illetve belső feszültségeket okoz, mely mikrorepedésekhez, majd szerszámtöréshez vezethet.

1.1 A maradék ausztenit mennyiségének csökkentési lehetőségei

A maradék ausztenit mennyiségének csökkentésével több kutatás foglalkozik. Erősen ötvözött acélok, szerszámacélok és gyorsacélok esetében az egyik leggyakrabban használt megoldás a többszörös magas hőmérsékletű megeresztés [5]. Ebben az esetben az első megeresztés közben a martenzit megeresztődik és a maradék ausztenit egy része átalakul martenzitté. A második megeresztésnél, mely a keménység beállítására is szolgál és biztosítja az anyag szívósságát, a martenzit megeresztődik, a maradék ausztenit átalakul martenzitté. A harmadik megeresztéssel,

mely egyben egy feszültségcsökkentés is a kialakult szferoidit és megeresztett martenzit mellett minimális maradék ausztenit észlelhető.

A maradék ausztenit mennyiségének csökkentésére, illetve teljes megszüntetésére a leghatékonyabb módszer a nulla °C hőmérséklet alá hűtés edzés során [6]. Ezáltal elérhető a martenzites átalakulás befejezési hőmérséklete (M_f) (2. ábra). Negatív hőmérsékletre való hűtés során beszélhetünk mélyhűtésről, mely -149°C-ig tart, illetve kriogénikus edzésről, mely -196°C-ig tart (3. ábra).



3. ábra Kriogénikus edzés [7].

Kísérleteim során a Böhler K110-es minőségű hidegalakító szerszámacélon végeztem különböző hőkezeléseket és vizsgáltam az átalakulások hatásait az elért tulajdonságokra.

2 Vizsgálati anyagok és technológiák

A vizsgált K110-es minőségű acél vegyi összetétele az 1. táblázatban látható.

1. Táblázat. A vizsgált anyag vegyi összetétele

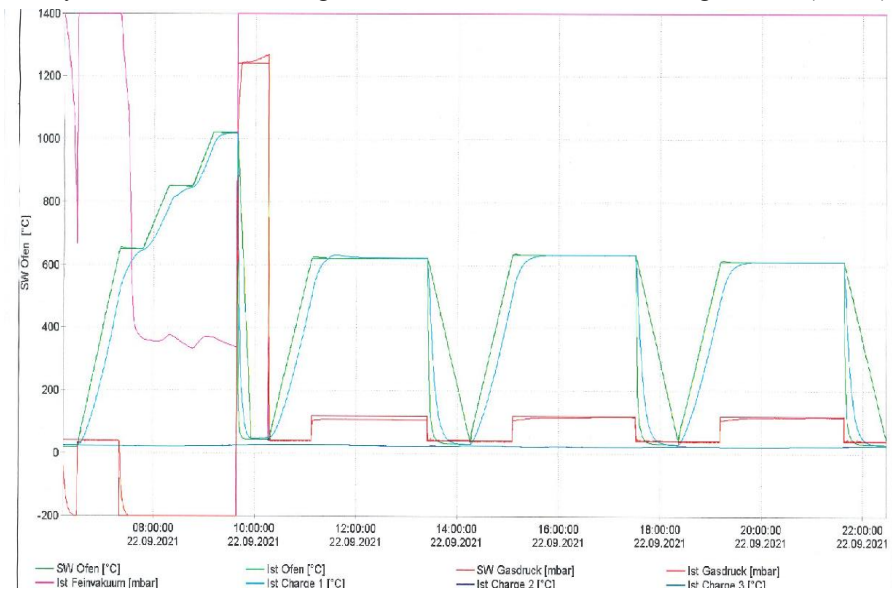
A cé l	C (%))	Si (%))	Mn (%))	Cr (%))	Mo (%))	V (%))
K 1 1 0	1, 58	0,2 9	0,31	11, 42	0,80	0, 79

A próbatestek hőkezelését egy IU72/1F 2RV 60x60x40 10 bar CP Schmetz típusú vákuum kemencében végeztem, mely alkalmas -150°C-tól +1350°C hőmérséklet között működni (4.ábra).

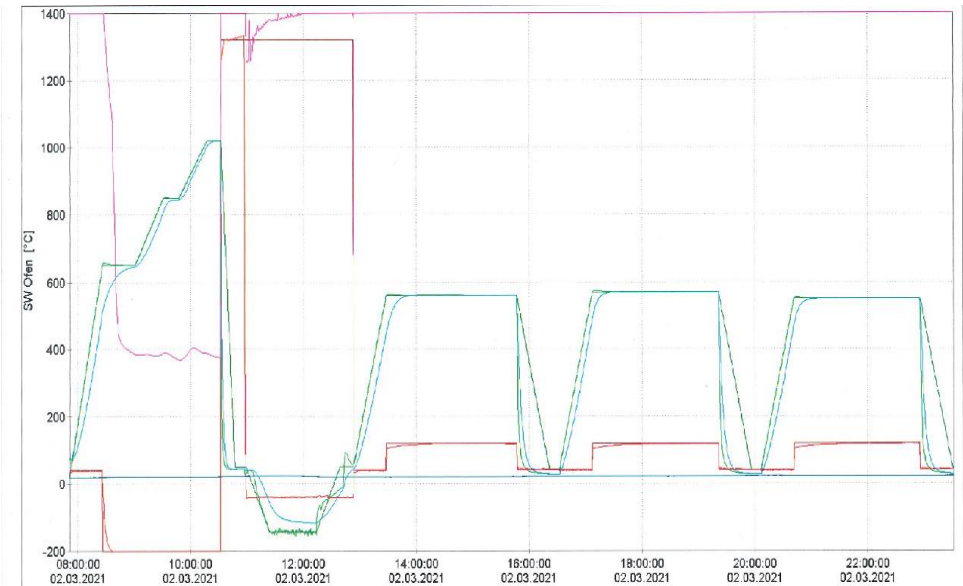


4. ábra Hőkezelő kemence és a próbatestek

A hőkezeléseket különböző paraméterekkel végeztem el. Az első próbatestet 1030°C-on ausztenisítettem, majd 200°C-on megeresztettem. A második próbatestet 1070°C-on volt ausztenisítve és háromszor magas hőmérsékleten megeresztve (5.ábra), míg a harmadik próbatestet edzés után mélyhűtve volt és utána magas hőmérsékleteken háromszor megeresztve (6.ábra).



5. ábra A 2-es próba hőkezelési diagramja



6. ábra A 3-as próba hőkezelési diagramja

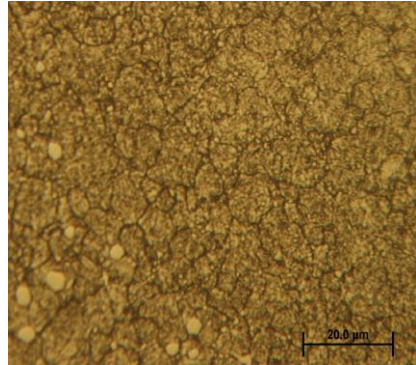
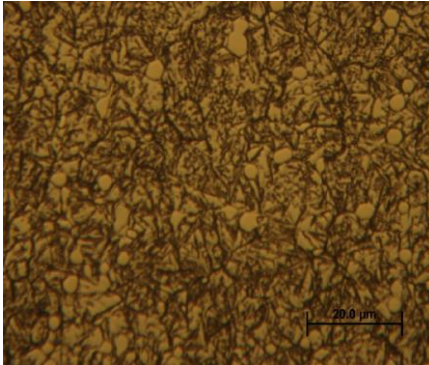
3 Mérési eredmények

A különböző paraméterekkel elvégzett hőkezelések után Rockwell C típusú keménységméréseket végeztem. A keménységmérések eredményeit a 2. táblázatban foglaltam össze.

2. táblázat Mért keménységek

Auszténitesítve	Edzés után	Mélyhűtve	Megeresztve 200°C-on	Háromszor megeresztve magas hőmérsékleten
1020°C-on	61 HRC	-	61 HRC	-
1070°C-on	60 HRC	-	-	60 HRC
1070°C-on	60 HRC	-150°C-ra		62 HRC

A próbatesteken optikai mikroszkópos szövetszerkezeti vizsgálatot is végeztem. A magas hőmérsékleten edzett és magas hőmérsékleten háromszor megeresztett, illetve az edzett, mélyhűtött és háromszor megeresztett próba mikroszkópos képei a 7. ábrán láthatóak.



7. *ábra Edzett és háromszor megeresztett illetve az edzett, mélyhűtött és háromszor megeresztett próbatest szövetszerkezeti képei*

4 Konklúzió

A különböző hőkezelési technológiáknak alávetett próbatestek vizsgálatai alapján az alábbi következtetések vonhatók le:

- a magas hőmérsékleten edzett, mélyhűtött és magas hőmérsékleten háromszor megeresztett próbatest keménysége lett a legnagyobb, ami arra utal, hogy az edzés után keletkezett maradék ausztenit teljesen eltűnt és finom, diszperz karbideloszlású szferoidites szövet képződött,
- az alacsony hőmérsékletű edzés utáni keménység nagyobb, mint a magas edzési hőmérséklet utáni, ami annak tulajdonítható, hogy kevesebb benne a maradék ausztenit mennyisége.

5 Hivatkozások

- [1] Aad, G., Abajyan, T., Abbott, B., Abdallah, J., Khalek, S. A., Abdelalim, A. A., ... & AbouZeid, O. S. (2012). Observation of a new particle in the search for the Standard Model Higgs boson with the ATLAS detector at the LHC. *Physics Letters B*, 716(1), 1-29.
- [2] Hollomon, L.Jaffe., (1945). Time temperature relations in tempering steel. *Trans AIME* 162, 223-249.
- [3] Edgar, H., J.Capó, S., L.R. Padovese, Hélio, G. (2013). Determining Ms temperature on a AISI D2 cold work tool steel using magnetic Barkhausen noise. *Journal of Alloys and Compounds* 577S 726-730.
- [4] Patricia, J.K., Gasper, P., Matic, J.K., Borut, Z., (2022). Influence of heat treatment parameters on effectiveness of cryogenic treatment on properties of high-speed steels. *Materials Science&Engineering A829*.
- [5] Daniel, H. (2007). *Tool Steel Heat Treatment*. Industrial Heating.
- [6] Gavriljuk, V.G., Theisen, V., Sirosh, V.V. (2013). Low-temperature martensitic transformation in tool steels in relation to their deep cryogenic treatment. *Acta Materialia* 61, 1705-1715.
- [7] Yugandhar, T., Krishnan, P.K., *Cryogenic Treatment and it's Effect on Tool Steel*. 6th International Tooling Conference, 671-684.



Személygépjárművek ütközési energiaelnyelő eszközének (Crash box) fejlesztési lehetőségei az anyag és gyártás jellemzők tekintetében

Development possibilities of a crash energy absorber (Crash box) for passenger cars in terms of material and construction characteristics

¹Váradi Péter, ²Horváth Richárd

¹Óbudai Egyetem, Biztonságtudományi Doktori Iskola, varadi.peter@phd.uni-obuda.hu

²Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, horvath.richard@uni-obuda.hu

Összefoglalás

Ebben a cikkben a személygépjárművek energiaelnyelő egységének a bemutatását és elemzését végezzük el. Bemutatásra kerülnek az energiaelnyelők kialakításai, fejlődése, és a közlekedésbiztonság által elvárt követelmények. Elemzésre kerül még a jelenleg, a járművekben lévő alkatrészek energiaelnyelő képességének jellemzése, valamint megvizsgáljuk, hogy az eddigi kialakítás és anyaghasználaton túl létezik-e olyan, az eddigitől eltérő anyagfelhasználással és kialakítással bíró alkatrész, amely műszaki tulajdonságaiban eléri a jelenlegi alkatrészeket, ugyanakkor kedvezőbb gyártás és a tömeg szempontjából.

Kulcsszavak: energiaelnyelő; metaanyag struktúra; közlekedésbiztonság;

Abstract

In this paper, the energy absorption unit of passenger cars is presented and analyzed. The design and development of energy absorbers and the requirements expected by Traffic Safety are presented. The energy absorption capacity of components currently in vehicles are analyzed. In addition to the existing design and material use are examined whether, there is a component with a different material use and design than before, which achieves the current components in its technical properties, but at the same time is more favorable in terms of production and weight.

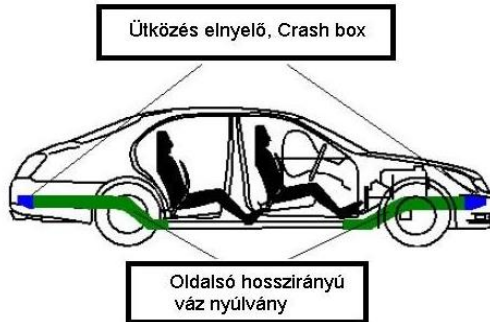
Keywords: energy absorbers, metamaterials structure, traffic safety

1 Személygépjárművek ütközési energiaelnyelő eszköze

A jármű elejére és hátuljára ható ütközési energiákat a jármű úgy nevezett lökhárító rendszere emészti fel. Amelynek része a külső műanyag burkolat a különböző tartó és csillapító modul, a kemény vészárító merevítő és az ütközési energiaelnyelők. A különböző elemek eltérő mértékben és külön deformálódnak az ütközések során. Az ütközési energia elnyelők a kívánt mértékben és módon redukálják az ütközés során keletkező energiát, és segítenek könnyebbé és biztonságosabbá tenni a személygépjárműveket. Az alkatrész fejlesztését a 70-80-as években kezdték meg, amikor a járműgyártás során előtérbe került a járművek ütközés biztonsága.

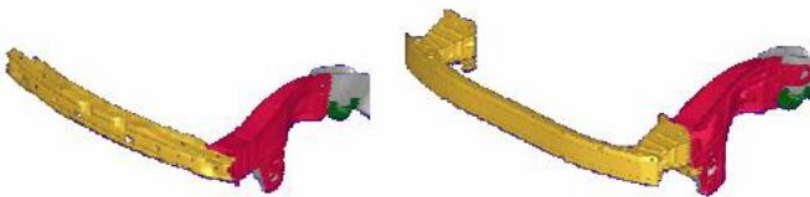
1.1 Az ütközési energiaelnyelő fejlődése

Az ütközéselnyelő a járművek elején és hátulján helyezkedik el. Az első és a hátsó hosszanti váznyúlványhoz kapcsolódik. A jármű első és hátsó tengely vonala előtt és után helyezkedik el, tehát a jármű tömegközéppontjának helyzetét nagymértékben befolyásolja. Az első ábrán zöld szín jelzi a hosszanti nyúlványokat, a késsel jelölt alkatrész az ún. crash box.



1. ábra A Crash box elhelyezkedése a járműben. [1]

A kialakítását jellemzi, hogy korábban, a hosszanti váznyúlvánnyal, majd később és jelenleg a keresztmervítővel képez egy egységet. A 2. ábra bal oldalán a régi kialakítás látható, amely esetben az ütközéselnyelőt a váznyúlvánnyal egy anyagból alakították ki, vagy hegesztéssel rögzítették egymáshoz. A keresztmervítőt általában csavarkötéssel vagy hegesztéssel rögzítették. A 2. ábra jobb oldalán az újabb kialakítás látható. A váznyúlvány végén egy talpat alakítottak ki, amelyhez az ütközéscsillapítót csavarkötéssel rögzítik. A keresztmervítő, csavar vagy hegesztett kötéssel kapcsolódik az egységhez. A kialakítás változását a különböző anyaghasználati és a költségcsökkentési irányzatok alakították. Az újabb kialakításnál az alkatrész cseréje egyszerűbb, kevesebb munkaidőt vesz igénybe, valamint a hossznyúlvány egységet nem kell megbontani hozzá, azt vágni, hegeszteni nem szükséges egy esetleges javítás esetén.



2. ábra A Crash box kialakításának fejlődése. [2]

1.2 Az ütközési energiaelnyelő feladatai a közlekedésbiztonság szempontjából

A Crash box- nak olyan meghatározott módon kell gyűrődnie, deformálódnia, hogy a karosszéria nyúlványra átvitt erők és hajlítónyomatékok korlátozottak legyenek, és a nyúlvány ne szenvedjen jelentős képlékeny alakváltozást. A jármű passzív biztonsági elemeinek a része. Fontos feladata, a járműben bent ülők védelme a jármű frontális (teljes vagy részleges) ütközés esetén. Az ütközési energia elnyelő egységnek, olyan kialakításúnak kell lennie, hogy a jármű 16 km/h mértékű sebességgel történő ütközése esetén az egész jármű elejét tekintve maradandó alakváltozás nélkül el tudja viselni [3]. Alacsony sebességű ütközések esetén a javítás egyszerűségét és

költséghatékonyságát biztosítja. Biztosítja még, hogy a jármű hossztartó egysége ne rongálódjon, hiszen annak a javítása sokszor műszakilag és gazdaságilag sem éri meg.

Nagy sebességű ütközés esetén az ütközési energiát csillapítja, és megfelelő irányba tereli, az ütközés hatásra fellépő erőket. Az ütközés során az ütközés deformáló hatását a keresztmerezítők osztják el az ütközési energia elnyelők irányába. A keresztmerezítő védi a motor és az egyéb berendezéseket a deformációtól, amíg a crash box a programozott deformációval a járműben bent ülőket.

1.3 Az ütközési energiaelnyelő kialakítása

Az ütközési energiaelnyelő általában doboz szerű kialakítású. A 3. ábra kronológiai sorrendben különféle alkatrész kialakításokat mutat be. A 3. (a) ábra bal oldalán egy acél dobozt, 3. (b) ábra egy alumínium, a 3. (c) ábra pedig egy alumínium szelvényekből álló alkatrészt mutat alumínium habbal töltve.



a) Acélból készült alkatrész



b) Alumínium alkatrész



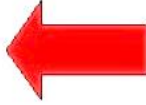
c) Alumínium alkatrész alumínium habbal töltve

3. ábra A Crash box kialakítások [4]

A különböző dobozok, eltérő energialelnyelő tulajdonsággal rendelkeznek. Az energialelnyelés a felhasznált anyagok és a kialakítás függvényében közelíti meg az elvárt optimális értéket.

A 4. ábrán a Crash box működésére látható példa. Az ábra bal oldalán a deformáló erő hatása előtti állapot látható, amíg a jobb oldalon a fellépő erő utáni deformált állapot. A deformációt laboratóriumi körülmények között hajtották végre. Megfigyelhető a szimmetrikus gyűrődési folyamat. Az alkatrész merevségét ebben az esetben a hosszirányban futó hornyok biztosították a normál síkfalú dobozhoz képest. A kialakítás az alkatrész merevségét a közel kétszeresére növelte. [1]

Crash box, az ütközés előtt



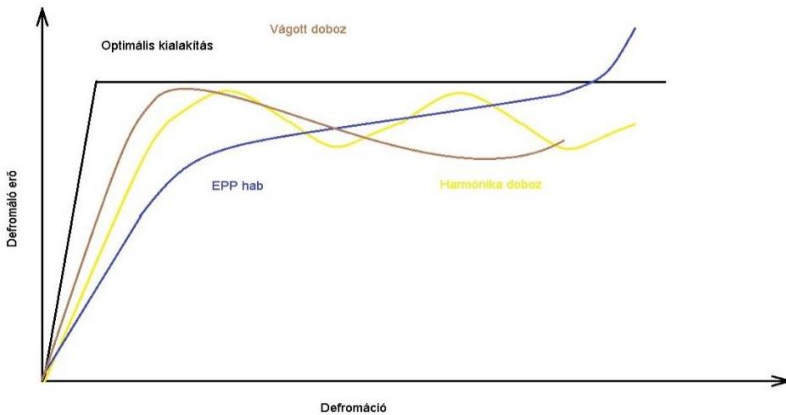
Ütközés után



4. ábra A Crash box működése-I. [1]

1.4 Az ütközés során elnyelt energia

Az előző pontban szemléltetett ütközési energia elnyelő alkatrészek hosszirányú deformációt létrehozó erőhatás lefolyását szemlélteti jellegszerűen az 5. ábra. Az ábrán az optimális eset görbéje, azt az esetet szemlélteti, amikor egy meghatározott sebességgel történő ütközés során az ütközés energiacsillapító, a deformációt létrehozó erőt egy meghatározott szinten tartja, amely a járműben ülőkre még nem veszélyes, a szerkezet véges mértékű deformációja mellett. Az ábrán a laboratóriumi körülmények között elvégzett kísérletek eredményei láthatók, jól megfigyelhető a kialakítás okozta erő felvételében jelentkező eltérés. A habbal töltött alkatrész egy nyújtottabb felfutást eredményez, lassabban közelíti meg az elvárt ellenállást. A vágott, fűrt doboz gyorsan emelkedő ellenállást mutat, majd egy ereszkedő ellenállás mérték jellemezi. A harmonika jellegű kialakítás, egy hullámos görbét eredményez, az optimálishoz közeli maximumokkal.



5. ábra A Crash box működése-II. [4]

A görbéken látható energia elnyelés, a valós jármű ütközések során is jelentkezik. A járművek szerkezeti merevsége, amely felemésztja a jármű ütközése során meglévő mozgási energiáját a következő egyenlőségből származtatható:

$$c \cdot s = m \cdot a \quad (1)$$

ahol

- c a jármű karosszéria elejét jellemző merevségi tényező,
- s a karosszéria deformációja,
- m a jármű tömege,
- a az ütközés során fellépő lassulás.

A személygépjárműveket jellemző merevségi tényező normál körülmények között 200 – 1200 kN/m intervallumba esik. A középérték 700 kN/m körül határozható meg. Az alsó határ nagyon lágy szerkezetekre és részátfedésre a felső határ keményebb szerkezetre és teljes átfedésre vonatkozik [5].

2 Modern anyagok felhasználási lehetőségei

A gépjárművekben alkalmazott Crash-boxok fejlesztési lehetősége tehát egyrészen a minél korszerűbb anyagokkal érhető el (szuper ötvözetek, nagyszilárdságú acélok, kompozitok), másrészt a gyűrődési zóna speciális geometriai kialakításával. Ilyen lehet például az úgynevezett metaanyag struktúra. Az ilyen anyagok mesterségesen tervezett ismétlődő egységcellákból állnak, amelyek finom architektúrát alkotnak. Az ilyen módon megtervezett ismétlődésük miatt különleges mechanikai tulajdonságokkal rendelkeznek (nagyon széles rugalmassági tartomány és csökkentett súly mellett, a nagy merevség és szilárdság).

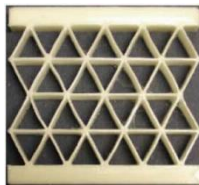
Közös jellemzőjük az, hogy különleges tulajdonságaik nem az anyag tulajdonságainak köszönhetőek, hanem a belső szerkezetüknek és geometriai kialakításuknak és az előre megtervezett mezostruktúráknak. Az általam röviden áttekintett tanulmányok olyan mechanikai metaanyagokról szólnak, amelyek tömörítéssel vizsgáltak, tehát az energiaelnyelés volt a vizsgálat kimenete.

2.1 A metaanyagok energiaelnyelési jellemzői

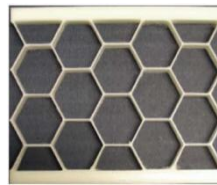
M. Bodaghi és társai [6] nagy deformációjú lágy metaanyagokat vizsgáltak. Elsősorban paralelogramma (6. ábra (a,b)), téglalap, és hatszög (6. ábra (c,d)) alakú egységcellákból álló metaanyagokat vizsgáltak kísérletekkel és numerikusan, húzó és nyomó feszültség hatására. A numerikus kísérletek azt mutatták, hogy az egységcellák alakja, iránytípusa és a terhelés nagysága jelentős hatást gyakorol az anyag anizotróp tulajdonságaira nagy deformációk esetén.



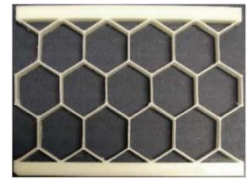
a) Paralelogramma egységcellák vízszintes elrendezéssel



b) Paralelogramma egységcellák függőleges elrendezéssel



c) Hatszögletű egységcellák vízszintes elrendezéssel



d) Hatszögletű egységcellák függőleges elrendezéssel

6. ábra: paralelogramma és hatszög alakú egységcellák [6]

Hasonlóan egyedi egységcellákból álló metaanyagot vizsgált Yanyu Chen és társai. Az általuk elemzett metaanyag struktúra kettős méretű elliptikus lyukakból állt [7]. Négyzet alakú egységcellákból álló struktúrák vizsgálatánál kiderült, hogy a cellaszámok mérete és száma (azonos térfogatú darabok esetén) hogyan befolyásolja a zömítéskor elnyelt munkát [8]. Az 1.4 pontban bemutatott jelenlegi személygépjármű energiaelnyelő egységek karakterisztikáikat alapul véve,

megállapítható, hogy az erre a célra fejlesztett metaanyag struktúrák, az összenyomásra jellemző karakterisztikájuk alapján alkalmasak lehetnek egy személygépjárműben kialakított energiaelnyelő konstrukcióhoz.

3 Konklúzió

Az elvégzett irodalomkutatás alapján a járművek ütközési energia elnyelő egység anyagát tekintve a meta és kompozit anyagok alkalmazásának lehetőségeire kevés vizsgálat irányul. A jelenleg alkalmazott fém alapú anyagok és kialakítások, az alkatrész tömege és a gyártási költsége sem kellően kedvező. A járműkárok vizsgálatával szerzett tapasztalat alapján a jelenlegi Crash box kialakítások nem teszik lehetővé az egyenes irányú ütközéstől eltérő irányú (oldal) ütközés esetén a hossztartók deformációjának az elkerülését, az egyszerű javíthatóságát és a költséghatékonyágát. Végezetül megállapítható, hogy egyedi geometriai struktúrákkal (metaanyagok) korszerű 3D nyomtatási eljárásokkal alkalmasak lehetnek a személygépjárművek energiaelnyelő egységének a kialakítására. Az alkalmazásának esetében a gyártás és a javítási költséget redukálja, ugyanakkor az alkatrész tömegét is csökkenti.

4 Hivatkozások

- [1] NIPPON STEEL. (2008). New Mazda Atenza Incorporates High-Efficiency Crash Box https://www.nipponsteel.com/en/news/old_smi/2008/news2008-02-05.html
- [2] Ramon-Villalonga, L., & Enderich, T. (2007). Advanced Simulation Techniques for Low Speed Vehicle Impacts. *Sixth LS-DYNA Anwenderforum, Frankenthal*, 25-36.
- [3] Constantin, B. A., Iozsa, D., & Fratila, G. (2016, November). Studies about the Behavior of the Crash Boxes of a Car Body. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 161, No. 1, p. 012010). IOP Publishing.
- [4] European Aluminium Association. (2013). Applications-car body-crash management systems. *The Aluminium Automotive Manual*.
- [5] Melegh, G. (2003). Baleseti számítások ellenőrzési lehetőségei, *Gépjárműszakértés*, 386-389.
- [6] Bodaghi, M., Damanpack, A. R., Hu, G. F., & Liao, W. H. (2017). Large deformations of soft metamaterials fabricated by 3D printing. *Materials & Design*, 131, 81-91. doi: 10.1016/j.matdes.2017.06.002
- [7] Zhang, Y., Wang, Y., & Chen, C. Q. (2019). Ordered deformation localization in cellular mechanical metamaterials. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 123, 28-40. doi: 10.1016/j.matdes.2017.06.002
- [8] Horváth, R., Barth, V., Gonda, V., Réger, M., & Felde, I. (2021, September). Mechanical design, additive manufacturing and performance of equal volume metamaterials. In *HT2021* (pp. 238-243). ASM International.