



ÓBUDAI EGYETEM

Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai
Mérnöki Kar

A nyomástartó vasúti gáztartályfenék meghibásodásának vizsgálata.

**OE-BGK
2022.**

Hallgató neve:
Hallgató törzskönyvi száma:

**Nádas János
T009468/FI12904/B**



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar
Anyag- és Gyártástudományi Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Nádás János

Szakdolgozat száma: SZD22052513069025

Törzskönyvi száma: T009468/FI12904/B

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: gépészmérnöki

Specializáció: gépészmérnöki - CAD-CAM-CNC

A dolgozat címe: A nyomástartó vasúti gáztartályfenék meghibásodásának vizsgálata

A dolgozat címe angolul: Investigation of dish end failure of pressure vessel railway gas tank

A feladat részletezése:

1. Mutassa be a nyomástartó edényekre vonatkozó szabványokat, előírásokat, kiemelve a vasúti tartályokat szabályozó követelményeket.

2. Mutassa be a fenéklemez gyártási folyamatát.

3. Ismertesse a gyártáskor keletkezett hiba kialakulásának körülményeit.

4. Tegyen javaslatot a hiba okainak, megszüntetésére.

5. Ismertesse a bevezetett intézkedéseket.

Intézményi konzulens neve: Nagy János Zsolt

A kiadott téma elévülési határideje: 2024. 05. 15.

Beadási határidő: 2022. 12. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2022. 10. 27.



Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:

belső konzulens

külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem

Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar
Anyagtudományi és Gyártástudományi Intézet

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott Nádas János hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat/diplomamunka saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozatban/diplomamunkában található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Budapest, 2022.12.09.


.....
hallgató aláírása



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar
Anyag- és Gyártástudományi Intézet

KONZULTÁCIÓS NAPLÓ

(nappali és levelező képzés)

Hallgató neve: Nádas János	Neptun kód: [REDACTED]	Tagozat: CAD/CAM
Telefon: [REDACTED]	Levelezési cím: [REDACTED]	
Szakdolgozat címe magyarul: A nyomástartó vasúti gáztartályfenék meghibásodásának vizsgálata.		
Szakdolgozat címe angolul: Investigation of dish end failure of pressure vessel railway gas tank.		
Intézményi konzulens: Nagy János Zsolt		Külső konzulens: Turán Mihály

Kérjük, hogy az adatokat nyomtatott nagy betűkkel írja!

Alk.	Dátum	Tartalom	Aláírás
0.	2022.09.30.	Téma megbeszélése.	[Signature]
1.	2022.10.15.	Irodalomkutatás egyeztetése.	[Signature]
2.	2022.11.05.	Sanát munka egyeztetése.	Nagy János Zsolt
3.	2022.11.26.	Szinopszis egyeztetése.	Nagy János Zsolt
4.	2022.12.03.	Formai követelmények ellenőrzése.	Nagy János Zsolt

A Konzultációs naplót összesen 4 alkalommal – az egyes konzultációk alkalmával – kell láttamoztatni a Belső konzulenssel.

A hallgató a „Szakdolgozat” tantárgy aláírási követelményét teljesítette.

Nagy János Zsolt

Intézményi konzulens

2022. december 09.



1081 Budapest,
Népszínház u. 8.

+36 (1) 666-5316
+36 (1) 666-5332

farkas.gabriella@bgk.uni-obuda.hu
www.bgk.uni-obuda.hu

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés	5
2.	A nyomástartó berendezésekre vonatkozó szabványok, előírások, témához kapcsolódó követelmények.....	7
2.1	DIN28013 Mélydomború tartályfenék gyártási követelményei	7
2.2	PED 2014/68/EU irányelv.	8
2.3	Tervezés.....	9
2.4	A Nemzetközi Vasúti Fuvarozási Egyezmény (COTIF) C Függeléke, A Veszélyes Áruk Nemzetközi Vasúti Fuvarozásáról szóló Szabályzat (RID)	10
2.5	EN 10028-3:2017.....	12
2.6	EN 10163-3:2005.....	12
3.	Vizsgálatok bemutatása.	14
3.1	Roncsolásmentes vizsgálatok	14
3.1.1	Vizuális megfigyelés.....	14
3.1.2	Mágnesesporos repedésvizsgálat	15
3.1.3	Folyadék behatolásos vagy penetráló folyadékos vizsgálat.	15
3.1.4	Ultrahangos vizsgálat.....	17
3.2	Roncsolásos anyagvizsgálat.	17
3.2.1	Keménység vizsgálat:	17
3.2.2	Szakítóvizsgálat:	18
3.2.3	Ütő vizsgálat:	19
4.	Alakítás, hőkezelés.	21
4.1	Melegalakítási hőmérséklet:	22
4.2	Lágyulás, újrakristályosodás.....	22
4.3	Keménységfokozó hőkezelési eljárások.	24
5.	A hibás fenéklemez gyártási folyamata.	26
5.1	Kezdeti technológiai utasítás	26
5.2	A hiba vizsgálata.....	29
6.	A hiba kizárásának technológiája, vizsgálata.	35
6.1	Követelmények	35

6.2 Alapanyag vizsgálat.....	36
6.3 A kísérleti gyártás technológiája.....	37
7. Gyártásközi vizsgálatok.....	44
7.1 Melegalakítás (sajtolás) utáni vizsgálatok.	44
7.2 Hidegalakítás (görgőzés) utáni vizsgálatok.	45
7.3 Megeresztés utáni vizsgálatok	46
8. A kísérleti gyártás lezárása	48
9. Szinopszis	50
10. Summary.....	52

1. Bevezetés

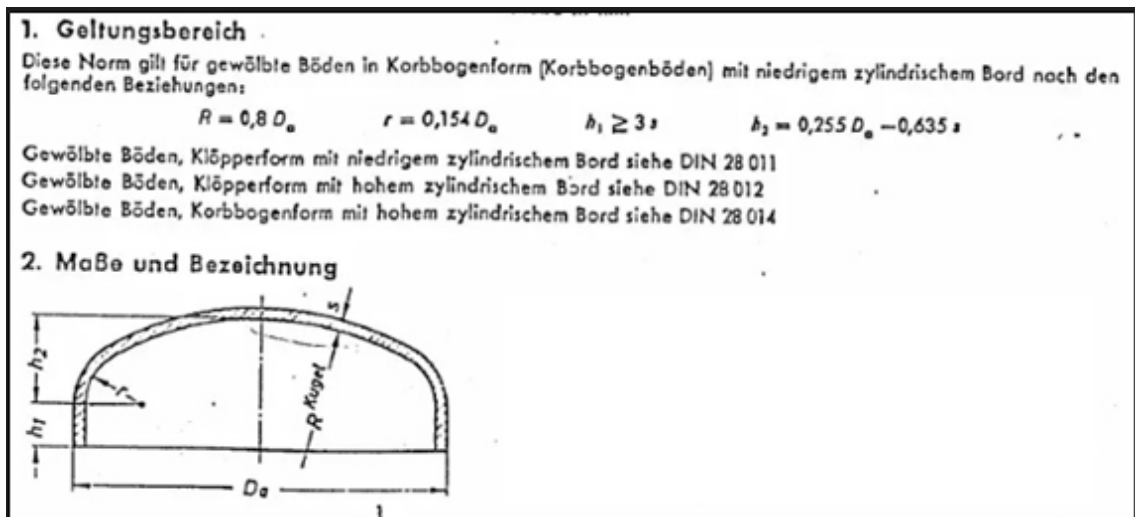
Dolgozatom témája a Technokov kft. minőségügyi állományában tapasztalt gyártási hibák kiküszöbölése. A cég hatalmas termékpalettával rendelkezik ezért egy bizonyos cikk hiba lehetőségeire koncentrálok.

A Technokov kft. 1991-ben alakult a rendszerváltás után. A Ganz-MÁVAG hatalmas gyártelepén található, hideg-meleg lemezalakításra specializálódott csarnok együttes lett az otthona. A 90-es évek előtti időkben a Szovjet piac kiszolgálása volt a fő irányelv. A privatizáció nem csak lehetőségeket hozott a frissen alakult cég életében, hanem nehézségeket és akadályokat is. Az új cégvezetés eltökélten vette célul a világpiaci részvételt. Első próbatételt a DIN szabványra való áttérés jelentette, amihez a tartályfenék gyártáshoz tartozó bélyegeket kellett átvizsgálni. Az apró, de mégis érzékelhető eltérés a bélyegek kis rádiusz és nagy rádiusz átmenetét érinti. Volt, amit át lehetett alakítani, volt, amit ismét le kellett gyártani. Az ISO minősítés megszerzése egy újabb mérföldkövet jelentett a cég elismerésének útján. Megkezdődhetett az igazi nemzetközi, európai elvárásoknak megfelelő termékek gyártása. A kezdeti belföldi és keleti vevőkör szépen lassan átalakulhatott. Mind a gyártott méretek mind pedig a kiszolgált partnerek száma növekedett. Elkezdődtek a nyomástartó edényfenekek gyártása. A sikeres külföldi üzletkötések meghozták a gyümölcsüket. Az utóbbi 30 évben a több fejlesztést vittek véghez, mint az előtte lévő időszakban. Új gépek vásárlásával és a régi géppark folyamatos korszerűsítésével a gyártás olyan minőséget tudott készíteni, ami újabb és újabb külföldi megrendelések elnyerését tette lehetővé. Partnereink között vannak Német, Cseh, Lengyel, Szlovák, Francia, Szerb, de még szaúdi-arábiai cégek is. A tartálygyártás egyik külön szegmense a járművekre szerelhető tartályok. Követelményük sokkal szigorúbb, mint a telepített vagy mobil alkalmazásban lévő kisebb tartályoké. A nemzetközi szállítmányozásban használt járművekre szerelhető tartályok gyártásához szükséges edényfenekek megrendelése megugrott. Az elmúlt időszakban a teljes éves bevétel mintegy harmadát a vasúti tartályfenekek gyártása adta. Dolgozatomhoz a vasúti tartályokat, annak fenekeit vizsgálom. A vasúti tartályok futása a mai modern élet egyik elengedhetetlen szállítmányozási formája. Vasúton szállított anyagok, termékek a hőolajtermékek, savak, lúgok, egyéb agresszív anyagok, tej, cseppfolyósított gáz. Cégünk

2650mm átmérőjű edényfenékektől kezdve a 3100mm átmérőig szállít vasúti tartálygyártáshoz alapanyagot. Többségük nyomástartó edényfenék. Jelen esetben az általunk gyártott LPG gáztartályfenék lehetséges meghibásodásait és annak megoldásait vizsgálom. Egy konkrét példán keresztül viszem végig a folyamatot és kiegészült igényekkel kapcsolatos nehézségeket fogom kísérleti úton véghez vinni.

2. A nyomástartó berendezésekre vonatkozó szabványok, előírások, témához kapcsolódó követelmények.

2.1 DIN28013 Mélydomború tartályfenék gyártási követelményei



1. ábra Mélydomború edényfenék rajza [1]

Az 1. ábrán szereplő jelölések a következők:

- R : az edényfenék alsó nagy rádiusza az átmérő arányában. [mm]
- r : az edényfenék kis rádiusza az átmérő arányában.[mm]
- h_1 : az edényfenék szakállrészének magassága.[mm]
- h_2 : a szakállrész alsó határa és az edényfenék belső középpont távolsága. [mm]
- D : az edényfenék átmérője[mm]

A tartályfenék geometriai követelményeit írja elő ami az 1. ábrán látható.

Előírások a formai és élkiképzés megvalósítására. Az átmérő tekintetében definiálja matematikai számítással az alaki követelményeket. Az Msz szabványhoz képest a következő fő eltérő értékek:

$$- R = 0,9 * D \qquad r = 0,17 * D$$

Az Msz szabvány mélydomború feneke így elliptikusabb formát vesz fel. Mivel a tartály alkatrészei szintén Din szabványban lefektetett méretek szerint készülnek ezért egy támasztó párnalemez formája eltérő lehet. Ez az egész szerkezet kialakításában okozhat problémát. [1]

2.2 PED 2014/68/EU irányelv.

A nyomástartó berendezések gyártói követelményei, előírásai. Ez az irányelv a 0,5 bar nyomást meghaladó legnagyobb megengedhető nyomásnak (PS) kitett nyomástartó berendezésekre vonatkozik. A 0,5 bar alatti nyomásnak kitett nyomástartó berendezések nem jelentenek túlnyomás miatti számottevő kockázatot. Ezért nem áll fenn akadályoztatás ezeknek az Unión belüli szabad mozgása előtt. Ez az irányelv több darabból összeállított szerkezetekre, rendszerekre vonatkozik, amelyek egybefüggő és önállóan működő egységet képeznek. Nyomástartó berendezések vagy rendszerek forgalomba hozatalakor vagy saját használatra történő üzembe helyezéskor megbizonyosodnak arról, hogy az I. mellékletben meghatározott alapvető biztonsági követelményeknek megfelelően tervezték és gyártották, üzemeltetésük az előírásoknak megfelel.

A nyomástartó berendezések osztályozása:

- instabil robbanóanyagok vagy az 1.1., 1.2., 1.3., 1.4. és 1.5. alosztályba tartozó robbanóanyag.
- tűzveszélyes gázok.
- oxidáló gázok.
- tűzveszélyes folyadékok.
- azok a tűzveszélyes folyadékok, amelyek legnagyobb megengedett hőmérséklete a lobbanáspont fölött van.
- tűzveszélyes szilárd anyagok.
- önreaktív anyagok vagy keverékek.
- piroforos folyadékok.
- piroforos szilárd anyagok.
- vízzel érintkezve tűzveszélyes gázokat kibocsátó anyagok és keveréke.
- oxidáló folyadékok.
- oxidáló szilárd anyagok.
- szerves peroxidok.
- akut orális toxicitás.
- akut dermális toxicitás.
- akut inhalációs toxicitás.

- célszervi toxicitás – egyszeri expozíció.

Az osztályozásba tartozó pontok további alkategóriákba oszthatók. Ezeket jelen esetben nem vesszük figyelembe. A fenti felsorolású anyagok nagy része vonatkozik az LPG gáztartályokra vonatkozó kritériumoknak.

2.3 Tervezés.

A nyomástartó berendezéseket szigorú tervezési feltételekkel és biztonsági tényezőkkel kell megtervezni, fokozottan figyelembe véve az összes ide vonatkozó tényezőt annak biztosítása érdekében, hogy a gyártmány a teljes tervezett élettartam alatt biztonságos legyen.

A tervezésbe többszörösen kipróbált és átgondolt megoldások segítségével olyan biztonsági együttthatókat kell beépíteni, amelyekről ismeretes, hogy az összes potenciális vagy releváns meghibásodás kiküszöbölésére megfelelő biztonsági ráhagyást, esetekben tervezési tartalékot tartalmaznak. A nyomástartó berendezéseket az üzemszerű használatuknak megfelelő terhelésre és egyéb, előre látható üzemi feltételekre kell tervezni. Különös figyelmet fordítva a következő tényezőkre:

- belső/külső nyomás,
- környezeti és üzemi hőmérsékletek,
- statikus nyomás és a töltet tömege üzemi és próbakörülmények között,
- forgalom-, szél- és földrengésterhelés,
- a befogások, csatlakozó elemek, csővezetékek stb. által keltett reakcióerők és nyomatékok,
- korrózió, erózió, anyagfáradás stb.,
- az instabil töltetek bomlására.

Megfelelő tervezési számítások segítségével meg kell határozni az érintett nyomástartó berendezés ellenállását.

- a tervezési hőmérsékleteknek megfelelő biztonsági többletet kell nyújtaniuk,
- a tervezéskor megfelelően figyelembe kell venni minden lehetséges hőmérséklet- és nyomáskombinációt, amely ésszerűen előrelátható üzemi körülmények között felléphet a berendezésben,

- a legnagyobb feszültségeknek és a feszültségcsúcsoknak a biztonsági határokon belül kell lenniük,
- a nyomástartás számításakor az anyag jellemzőinek megfelelő értékeket kell felhasználni a dokumentált adatok alapján, tekintettel a megfelelő biztonsági tényezőkre. Adott esetben a következő anyagjellemzőket kell figyelembe venni:
- folyáshatár, a 0,2 vagy az 1,0 %-os egyezményes folyáshatár a tervezési hőmérsékleten,
- szakítószilárdság,
- időtartam-szilárdság, azaz kúszószilárdság,
- anyagfáradási adatok,
- Young-féle (rugalmassági) modulus,
- megfelelő mennyiségű képlékeny alakváltozás,
- hajlítási felhasadási energia,
- törési szívósság.
- Az irányelv átfogóan fogalmazza meg a tervezési és ellenőrzési feladatokat, szabályokat.
- Az edényfenék gyártásához tartozó fontosabb követelményeket emeltem ki! [2]

2.4 A Nemzetközi Vasúti Fuvarozási Egyezmény (COTIF) C Függeléke, A Veszélyes Áruk Nemzetközi Vasúti Fuvarozásáról szóló Szabályzat (RID)

Tervezés és gyártási követelmények: Nyomástartó tartályok és zárószerkezetük tervezését úgy kell méretezni, legyártani, átvizsgálni és felszerelni, hogy a tervezett szállítási feltételek mellett és rendeltetésszerű használatot feltételezve minden fellépő igénybevételt, beleértve a kifáradást is, elviseljenek. A legkényesebb pontja a tartályfenéknek a falvastagság. Kivitelezéskor ez semmilyen esetben sem lehet kisebb a tervezéskor és gyártási utasításokban előírt valamint a műszaki szabványokban meghatározott értéknél. Minden egyes nyomástartó tartályra elő kell írni a felhasználandó fém mechanikai tulajdonságait, beleértve az ütőszilárdságot és a hajlítási együtthatót. A nyomástartó tartályokat és zárószerkezetüket a tervezésükre és gyártásukra vonatkozó műszaki előírásokban és szabványokban, a nyomástartó tartályban szállítani kívánt tűz és robbanásveszélyes anyagra vonatkozó csomagolási utasításban előírt anyagból kell

készíteni. Az alapanyagnak a tervezésre és gyártásra vonatkozó műszaki szabványban szigorúan lefektetett meghatározások szerint ellenállónak kell lennie a ridegtöréssel és a feszültség alatti korróziós repedezés ellen. A tervezéskor meghatározott hőmérséklet-tartomány a környezeti hőmérsékleten szállított veszélyes anyagokhoz használt nyomástartó tartányok esetében $-60\text{ }^{\circ}\text{C} \dots +50\text{ }^{\circ}\text{C}$. A magas hőmérsékleten, tartályban hordozott egyéb anyagoknál a tervezéskor előírt hőmérséklet nem lehet alacsonyabb, mint bele töltött anyag töltés, ürítés, valamint a szállítás és kezelés alatti legmagasabb hőmérséklete. Szélsőséges éghajlati körülményeknek kitett önhordó szerkezetekre épített tartányok esetében sokkal szigorúbb tervezési hőmérsékletek felvételét kell alkalmazni. A finom szemcseszerkezetű acél olyan fém, amelyben a ferrit szemcsék mérete az EN 10028-3 szabvány 3. címsorában meghatározott acél. A nyomástartó edények és alépítményeiket az illetékes hatóság által jóváhagyott és elismert, a nyomástartó edényfenekekre vonatkozó szabályzat előírásainak megfelelően kell tervezni és gyártani. A tartányt alakításra alkalmas anyagból kell készíteni, amelyek alakítás után is alakváltozás nélkül ellenállnak a mechanikai igénybevételeknek. Az gyártáshoz használt anyagoknak legtöbbször a belföldi vagy nemzetközi anyagszabványoknak kell megfelelniük. Hegesztett tartányokhoz csak olyan anyagok használhatók, amelyek hegeszthetősége teljes mértékben garantált. A hegesztéseket csak megfelelő képesítéssel és minősítéssel rendelkező szakember végezheti. A hegesztéseknek teljesen biztonságosnak kell lenniük. Ha a gyártás eljárás vagy az anyag alakítása szükségessé teszi, a tartányt megfelelően hőkezelní kell, hogy a hegesztéseknél és a hőhatásnak kitett zónákban biztosítható legyen a megfelelő szívóosság. A gyártandó anyag kiválasztásakor a ridegtörés veszélye, a feszültség alatti korróziós repedezések és az ütésállóság szempontjából elő kell írni a tervezési hőmérséklet-tartományt. Finom szemcseszerkezetű acélok használata esetén a garantált folyáshatár nem lehet kisebb, mint 460 N/mm^2 , és a szavatolt szakítószilárdság felső határa nem lehet nagyobb, mint 725 N/mm^2 az anyagspecifikáció szerint. A határozott folyáshatárral rendelkező, illetve a garantált, egyezményes folyáshatárral (általában a 0,2%-os, ausztenites acéloknál az 1%-os egyezményes folyáshatárral) jellemzett fémeknél a tartányban a próbanyomáson fellépő σ_{primer} membránfeszültség nem haladhatja meg:

$0,75R_e$ vagy a $0,50R_m$ értékek közül az alacsonyabbat, ahol:

Re = a tényleges folyáshatár N/mm²-ben vagy a 0,2%-os vagy ausztenites acéloknál az 1%-os egyezményes folyáshatár:

Rm = a legkisebb szakítószilárdság N/mm²-ben.

A fenti előírások egy, a teljes terjedelemből kivont részletek, amelyek az LPG szállítására vonatkoznak.

Cseppfolyósított petróleumgáz (Liquefied Petroleum Gas - LPG): egy vagy több, könnyű szénhidrogénből álló, alacsony nyomáson cseppfolyósított gáz, amely csak az UN 1011, 1075, 1965, 1969 vagy 1978 tételhez van sorolva, amely főként propánt, propilént, butánt, bután izomereket, butént tartalmaz, valamint nyomokban más szénhidrogén gázokat. [3]
UN A veszélyes árúk szállítására használt besorolási szám.

2.5 EN 10028-3:2017

Alapanyagra vonatkozó előírás, ami behatárolja az ötvözők arányát.

Esetünkben a P460NL2 megnevezésű finomszemcsés acélra vonatkozik. Az adatok a 2. táblázatban láthatók.

2. táblázat Anyagminőség adatai

Megnevezés	száma	C. max	Si max	Mn	P max	S max	Al min	N max	Cr max	Cu max	Mo max	Nb max	Ni max	Ti max	V max	Nb+ Ti+V
P460NL2	1.8918	0,2	0,6	1,1 -	0,2	0	0	0	0,3	0,7	0,1	0,1	0,8	0	0,2	0,2

Az értékek tömegszázalékos arányban értendők. A hegeszthetőségre vonatkozó előírások a dolgozatom szempontjából nem releváns. Előírja a minimum folyáshatárt és szakító szilárdságot. Különböző hőfokokon teljesítendő ütemmunkát.

A 2. ábrában szereplő ötvözők: C-szén, Si-szilícium, Mn-mangán, P-foszfor, S-kén, Al-alumínium, N-nitrogén, Cr-króm, Cu-réz, Mo-molibdén, Nb-niobium, Ni-nikkel, Ti-titán, V-vanádium.

A dolgozatomban ezek az adatok szerepelni fognak ezért ebben a fejezetben nem tárgyalom tovább. [4]

2.6 EN 10163-3:2005

Az alapanyagok és gyártott alkatrészek felületi és javítási előírásait összesítő szabvány. Erre a szabványra több, gyártási előírás és szabvány hivatkozik. Meghatározza a maximális hibaméretet, mélységet és területet. Leggyakrabban az alkalmazott részegység a 1, 2, B-3-as fejezetben előírt hibahatárok. Kimondja, hogy a 8mm és 15mm

vastagság között lévő lemezek felületi hiba mélysége 0,4mmig megengedhető. Természetesen csak abban az esetben, ha a hiba mélysége az előírt minimum falvastagságot nem veszélyezteti.

A csiszolással történő javítást a következő képpen magyarázza:

Az olyan leköszörült részeken, amelyek vastagsága a tűréseket előíró európai szabványokban vagy EURONORM-okban előírt megengedett legkisebb vastagságnál kisebb, a termék egyik oldalán a legkisebb megengedett vastagságnál vékonyabb köszörült felületek összege ne legyen több az ellenőrzött felület nagyság 2%-ánál. A $12,5m^2$ -nél nagyobb felületű termékek esetében a megengedett legkisebb vastagságnál vékonyabb leköszörült felületrész mértéke ne legyen több $0,25 m^2$ -nél. A hegesztéssel történő javítás nincs engedélyezve. [4]

3. Vizsgálatok bemutatása.

A fémek alakításakor bekövetkező hibákat a roncsolásos és roncsolásmentes vizsgálatokkal ellenőrizhetjük. Elvégzésük nem csak fontos, hanem követelmény. Dokumentálásuk nélkül a dolgozatomban gyártott edényfenék nem szállítható a tartálygyártó felé!

A felsorolásban csak a számunkra fontos vizsgálatokra térek ki.

3.1 Roncsolásmentes vizsgálatok

Azokat a vizsgálatokat, amelyek az anyagszerkezet és anyagfolytonosság megszakítása nélkül történnek, roncsolásmentes vizsgálatoknak nevezzük. Elvégzésük kötelező és elengedhetetlen. Alkalmazásukkal külső felületi és belső nem látható hibák is kimutathatók.

3.1.1 Vizuális megfigyelés

Felületi hibákról beszélünk, ha a kiterjedése a felületen vagy az anyagból a felületre kinyúlóan jelentkezik. Az anyagban létrejött repedés vagy zárvány ezzel a módszerrel nem azonosítható. Szemléltetése a 3. ábrán látható.

A vizsgálat módszere: a tisztítás, esetleg a maratás, majd a megfelelő megvilágítás mellett a szemrevételezés. Az eljárással csak azonosíthatjuk a hibát. A tényleges kiterjedésről pontos adatot nem ad.



3. ábra Szemrevételes vizsgálat

3.1.2 Mágnesesporos repedésvizsgálat

Ferromágneses fémek felületén, vagy felületének közelében lévő szabad szemmel nem, vagy alig látható folytonossági hiányok (repedések, zárványok, pórusosság stb.) kimutatására alkalmas módszer. A vizsgálandó darabot mágnesesen telített állapotba hozzák, felületét mágnesezhető anyagot tartalmazó szuszpenzióval vonják be. Ha a darabon a mágneses erővonalakkal szöget bezáró felületi hajszálrepedés van, akkor az erővonalak kitérnek. A vizsgálat elvégzésének módja a 4. ábrán látható.



4. ábra Mágnesporos vizsgálat tengelyen [5]

3.1.3 Folyadék behatolásos vagy penetráló folyadékos vizsgálat.

Porózus anyagok kivételével minden anyag felületi hibáinak kimutatására alkalmazható, a felületre kinyúló folytonossági hiányok, repedések stb. kimutatására alkalmas igen érzékeny vizsgálati módszer.

- A felület előkészítése, tisztítás csiszolással, drótkefével, egyéb anyagokkal (5. ábra.)



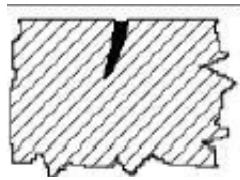
5. ábra Felületi hiba metszeti rajza [5]

- A penetráló folyadék felvitele, a szükséges technológiai időt ki kell várni, hogy a folyadék a lehető legmélyebb repedésbe is bejusson (6. ábra).



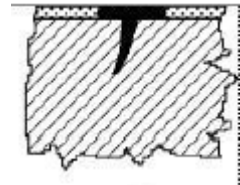
6. ábra Festék bejutása a hibába [5]

- A felesleges folyadékot el kell távolítani, mosó-tisztító folyadékkal. A hibában a festék megmarad. a 7. ábrán látható módon.



7. ábra Festék lemosása a felületről [5]

- Előhívás, értékelés a 8. ábrán látható. (általában krétaport visznek fel a felületre)



8. ábra Az előhívó anyag a festéket felszívja [5]

A repedésvizsgálati eljárással kimutatható felületi hibák:

- Korróziós feszültségi repedések
- Hideg repedés
- Meleg repedés
- Kösörülési repedés
- Szétnyílt repedés
- Porózusság
- Pórusfészek
- Felnyílt porózusság
- Szivacsos, porózus szerkezet

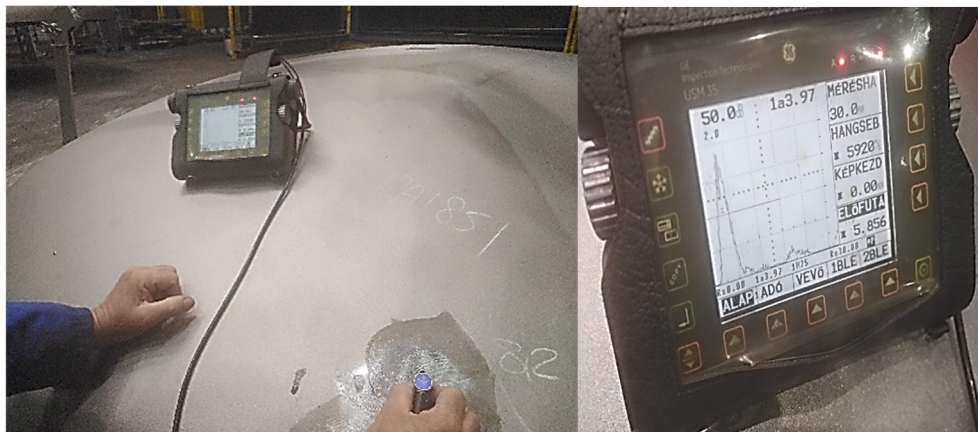
3.1.4 Ultrahangos vizsgálat

A nagyfrekvenciájú hanghullámok (ultrahang) a fémekben alig gyengülve, mint irányított sugarak haladnak, azonban határfelülethez érve visszaverődnek.

Határfelületnek minősül minden akusztikailag más keménységű közeg, pl. a darab belsejében lévő hibák és a darab hátlapja. Az ultrahang 100%-ban visszaverődik az acélfelületről, ha nem alkalmazunk csatoló anyagot. A csatoló közeg lehet víz, vagy olaj esetleg speciális paszta.

Impulzus visszhang módszer:

Impulzusvisszhang módszer esetén egy fej dolgozik felváltva, adó illetve vevő üzemmódban. Mivel az ultrahang terjedési sebessége az anyagban állandó, az oszcilloszkóp etalon darabbal való kalibrálása után, a darab vastagsága, ha hiba van, annak helye meghatározható, az a monitorról leolvasható. A vizsgálat a 9. ábrán látható. [5]



9. ábra "A" jel-képes műszer, hiba kijelzése

3.2 Roncsolásos anyagvizsgálat.

3.2.1 Keménység vizsgálat:

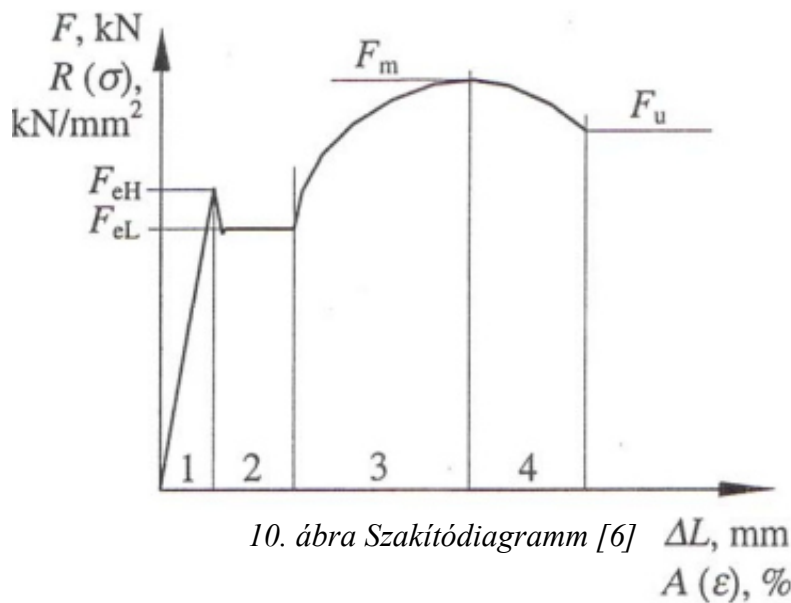
A vizsgálat során az anyag ellenálló képességét vizsgáljuk a felületbe benyomódó szerszám által kifejtett erőhatással szemben. A próbatest felületén szűrőszerszám által hagyott lenyomat paramétereinek mérése alapján számoljuk ki a minta keménységét. A behatoló szerszám anyaga és geometriája különböző lehet, így különböző

keménységvizsgálatok ismertek, mint például a Brinell, Vickers, Knopp, Rockwell és a Shore keménységmérés.

3.2.2 Szakítóvizsgálat:

A szakítóvizsgálat a leggyakrabban alkalmazott statikus vizsgálat. Általában nem közvetlenül a legyártott alkatrészen, hanem szabványosított alakú és méretű próbatesttel végzik. A szabványosított próbatestet szakítógépben szakadásig terhelik, és a vizsgálat során mérik a terhelőerőt, valamint a próbatest jeltávolságon belüli megnyúlását. Az erőhatásból és az általa létrehozott alakváltozásból következtetnek az anyag szilárdsági jellemzőire. A vizsgálatokat általában szobahőmérsékleten ($10-35^{\circ}\text{C}$) végzik, de szükség lehet magasabb, illetve alacsonyabb hőmérsékleten végzett vizsgálatokra.

Szakítással meghatározható anyagjellemzők a 10. ábrán látható:



- F_{eH} : a folyáshatár [N]
- F_u : a szakadás pillanatában mérhető erő [N]
- F_m a vizsgálat folyamán fellépő maximális erő [N]
- F_{eL} : a folyást fenttartó erő [N]

Szakítódiagramm:

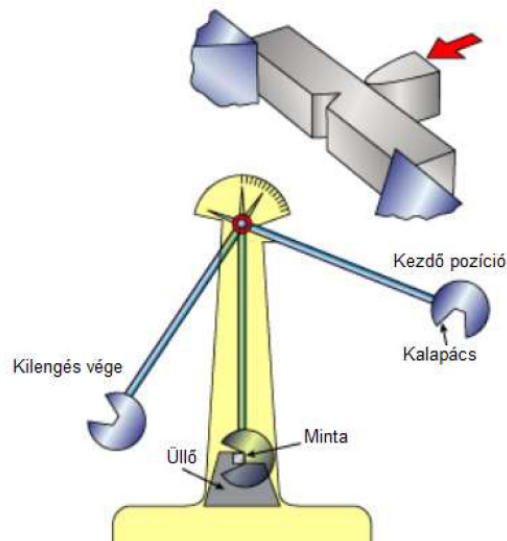
1. rugalmas alakváltozás szakasza.
2. folyás szakasza
3. egyenletes nyúlás szakasza
4. kontrakciós szakasz

- ε : a mérnöki nyúlás százalékban
- σ : a próbatestre ható feszültség [N/mm²]

Az európai szabványok, szabályok, előírások figyelembe vételével. A szerkezet tervezése mindig a folyáshatárra történik. [6]

3.2.3 Ütő vizsgálat:

A fajlagos ütőmunka a szerkezeti anyagok, elsősorban fémek szívósságának jellemzésére szolgáló mérőszám. Egy anyag annál szívósabb, minél nagyobb energia szükséges az eltöréséhez. A vizsgálathoz szabványos mérőeszközt, a Charpy-féle ütőművet és szabványosított próbatesteket használnak, ami a 11. ábrán látható. Az eredményül kapott mérőszám empirikus érték, elméletileg nem vezethető le az anyagok más szilárdsági tulajdonságaiból, az egyes anyagok közötti rangsorolásra alkalmas. A fajlagos ütőmunka az anyagminőségen és a technológián túl erősen függ a vizsgálat hőmérsékletétől is, és alkalmas az anyagok rideg törés elleni ellenállásának vizsgálatára.



11. ábra Charpy féle ütőmű [7]

Az ütőmunka vizsgálatának elvégzése is szabványos próbatest kialakítást kíván. Az 50-55mm-es hosszúságú négyzög alakú hasábon V vagy U alakú bemetszést kell készíteni. A hasáb hosszanti közepén V alakú bemetszésnél a vastagság 20%-ig, U alakú bemetszésnél a vastagság feléig készítik el. A vizsgálatot Georges Charpy francia tudós fejlesztette ki 1905-ben a 11. ábrán látható módon. A gép egy ingás ütőmű. Az ingát, mely jól csapágyazott tengely körül elfordítható rúdból és annak végén a nagy tömegű (15 vagy 30 kg) ütőfejből áll, meghatározott magasságról indítják. Amikor az ingát

elengedik, lefelé indul, felgyorsul, legnagyobb sebességét a pálya alsó pontján éri el, kezdeti helyzeti energiája mozgási energiává alakul. Ide helyezik a bemetszett próbadarabot, melyre az ütőfej ütést mér és eltöri. A töréshez szükséges munka csökkenti a mozgási energiát, így amikor az inga felfelé mozdul el, felső holtpontjának magassága nem éri el az indítási magasságot. Az inga mutatót vonszol magával, ami az ingának a törés után elért legmagasabb pontjánál megáll és utólag is leolvashatóan jelzi az ütőfej legmagasabb helyzetét. [7]

4. Alakítás, hőkezelés.

Külső erővel a legtöbb fémes anyag alakítható anélkül, hogy az anyagfolytonosság károsodna. A fémeknek ez a képlékenysége azon alapul, hogy az egyes kristályokon belül egy meghatározott feszültség átlépésekor az atomsorok egymáson úgy csúszhatnak el, hogy közben a köztük lévő összetartozás nem szűnik meg. a diszlokációknak nevezett atomrácshibák közreműködésével az atomsorok kristálytanilag kedvező síkok mentén csúsznak el. A folyási feltétel a Tresca-Mohr-féle elmélet szerint (csúsztatófeszültség-hipotézis):

$$k_f = \sigma_{max} - \sigma_{min} = \sigma_1 - \sigma_3$$

amiben a :

- k_f : az alakítási szilárdság [N/mm²]
- σ_1 : A feszültség x irányú komponense [N/mm²]
- σ_3 : A feszültség z irányú komponense [N/mm²]

Ha a fő feszültségekre érvényes:

$$\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$$

ahol a:

A feszültség tenzorhoz tartozó főfeszültségek: $\sigma_1 = \sigma_x$; $\sigma_2 = \sigma_y$; $\sigma_3 = \sigma_z$

Az alakítási szilárdság (k_f) olyan egytengelyű feszültségi állapotban fellépő valódi feszültség, amely az anyagtól, a hőmérséklettől, az alakváltozástól és az alakváltozási sebességtől függ. Figyelembe kell venni, hogy a fémes anyagok kristályos szerkezetűek. A túlzott igénybevételtől az alakváltozó képesség folyamatosan csökken, az alakváltozó képesség nagyobb lehet, ha magasabb hőmérsékleten alakítunk. Az alakváltozó képesség tehát döntően az alakítási hőmérséklettől függ. Az alakíthatóságra hatással van még az anyag állapota, az alakváltozás sebessége, a feszültségi állapot. A fémek alakításakor előnyben részesítik azokat az eljárásokat, amelyek nyomással alakítanak, mert ezekkel az eljárásokkal az anyag alakváltozó képessége jól kihasználható.

4.1 Melegalakítási hőmérséklet:

12. táblázat Acélok melegalakítási hőmérséklettartománya [7]

Anyag	Hőmérséklettartomány
Kis széntartalmú acél	900-1150
Közepes széntartalmú acél	850-1100
Nagy széntartalmú acél	800-1050
Mangánnal ötvözött acél	850-1100
Nikkellel ötvözött acél	850-1100
Krómmal ötvözött acél	870-1100
Krómmal és nikkellel ötvözött acél	870-1100
Krómmal és molibdénnel ötvözött acél	850-1050

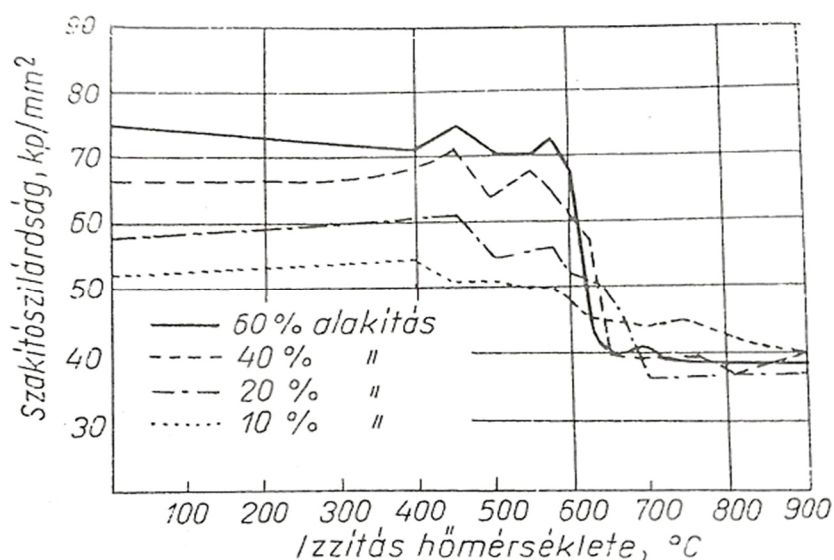
Minden egyes anyag melegalakításához csak egy meghatározott, szűk hőmérséklet tartomány alkalmas, amelyet egyéb tényezők még tovább szűkíthetnek, a 12. táblázatban.

Az alsó hőmérséklethatár a rekrisztalizáció hőmérsékletének közelében van, a felső hőmérséklethatárt a nagymértékű revésedés, a durva szemcseképződés, részben az elszéntelenedés vagy az összetételben, jelentkező változás és a repedésképződés határozzák meg. Arra kell törekedni, hogy a lehető legkisebb legyen a revésedés és a leégés, az anyag szerkezete ne változzék, lehetőség szerint nagy legyen az alakváltozó képesség a legkisebb alakítási ellenállás mellett. [7]

4.2 Lágyulás, újrakristályosodás.

A hidegen alakított acélt 500-600°C-nál magasabb hőmérsékletre hevítjük, akkor a deformált krisztallitok helyett új szemcsék képződnek. Ez a folyamat az újrakristályosodás. Ezzel egyidejűleg a szilárdsági jellemzők is az alakítás előtti értéküket kapják vissza, vagyis az acél kilágyul. A diszlokációk a nagyobb hőmérséklet következtében mozgékonyabbá válnak, részben megszűnnek, részben átrendeződnek. Belőlük az alakításkor az eltorzult krisztallitokon belül olyan határfelületek képződnek, melyek a régebben ismert klasszikus kristályhatárokkal ellentétben kismértékben eltérő orientációjú kristályrészeket választanak el egymástól. E kisszögű szubkristályhatárok képződése folytán a deformált rácsszerkezetek feszültségei csökkennek, ami a szilárdsági tulajdonságokat is megváltoztatja. A keménység és a szilárdság csökken, az alakíthatóság

növekszik. Kismértékű alakítás után ezzel a lágyulási folyamat be is fejeződik, erősebb alakítás után viszont az izzítás hőmérséklet emelése során az újrakristályosodás és a szemcsedurvulás következik. Az újrakristályosodás (rekrisztalizáció) az alakított fémek izzításakor lejátszódó legfontosabb folyamat, mely kristályosodási magok képződése és növekedése folytán teljesen új kristályszerkezet kialakulásához vezet. Az új szerkezet lényegesen kevesebb diszlokációt tartalmaz, mint az alakított így sokkal állandóbb is, szilárdsági tulajdonságok szempontjából pedig a lágyított állapotnak felel meg. Az erősebben alakított fém újrakristályosodás a finomabb szemcsézet kialakulásához vezet, mert több erősen deformált pont volt benne. Az újrakristályosodási folyamatokat a fémek tisztasága erősen befolyásolja. Minél kevesebb szennyeződés van a színfémekben, annál alacsonyabb hőmérsékleten indul meg az újrakristályosodás. Ez a jelenség azzal magyarázható, hogy a szennyező atomok hiányában a diszlokációk annyira mozgékonyak, hogy egyenletes és további izzítás folyamán is állandó hálózattá tudnak egyesülni. A technikai vasfajták mindig szennyezettek ezért náluk mindig máshogy kell eljárni. Az izzítás hőmérsékletének a különböző mértékben alakított 0,1% karbon tartalmú acél szilárdsági tulajdonságaira gyakorolt hatását a 13. ábra diagramjai mutatják. Ezekből a következő következtetést vonhatjuk le:

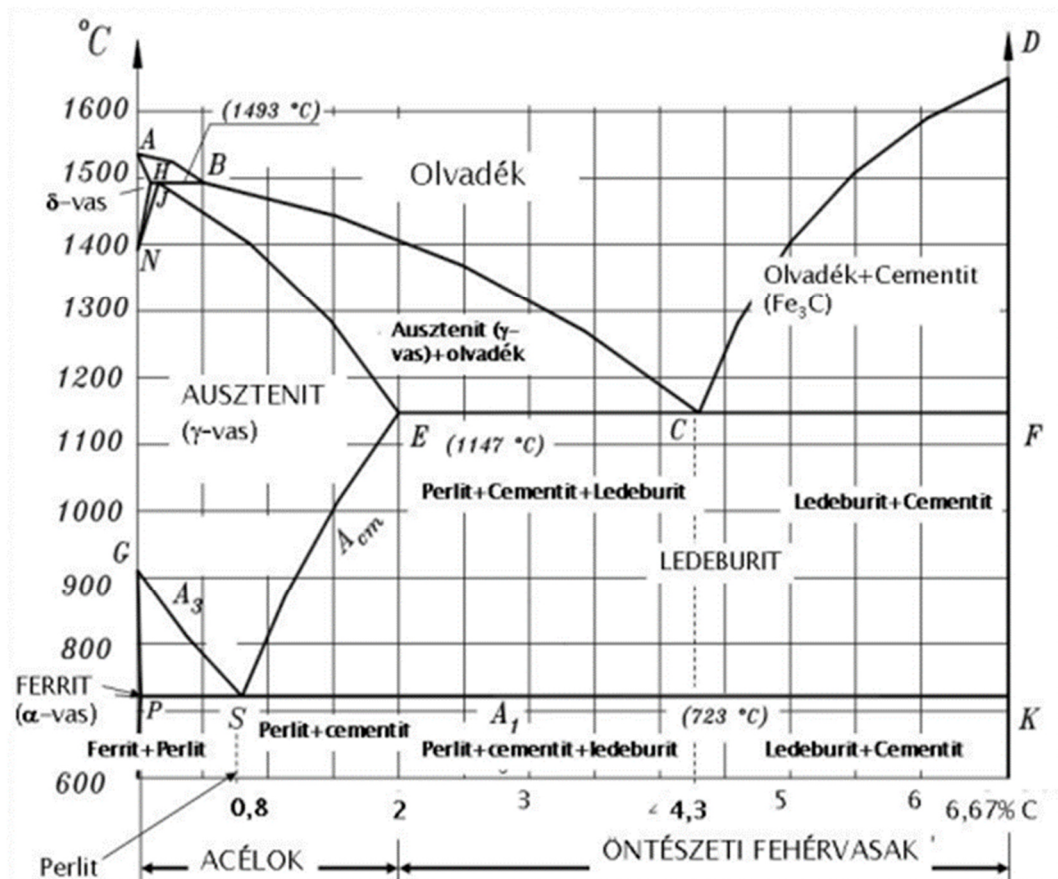


13. ábra Hidegen alakított 0,1% szén-tartalmú acél szakító szilárdságának változása a lágyítási hőmérsékletének függvényében [8]

A hidegalakítás után tapasztalható szilárdsági értékek kb. 400-450°C-ig változatlanul megmaradnak, sőt egyik másik próbatestnél némi szilárdságnövekedés is van. Ezen a

hőmérsékleten túlhaladva a szilárdság csökkenni kezd, ami feltehetően a belső feszültségek feloldását és a poligonizálódás lefolyását jelzi. [8]

4.3 Keménységfokozó hőkezelési eljárások.



14. ábra Vas-vaskarbid ötvözetek állapotábrája.[9]

A keménységfokozó eljárásoknál a kopásálló, martenzites szövetszerkezet kialakítása a cél, illetve a kemény fémvegyületek kiválásának elősegítése. Az ide tartozó hőkezelési eljárások:

- közönséges edzés,
- kombinált edzés,
- lépcsősedzés,
- mélyhűtés, mesterséges öregítés.

A közönséges edzés:

Edzésnek azt a hőkezelési eljárást nevezzük, amelynek során a 0,3 %-nál nagyobb C-tartalmú acélokat a G-S-K vonal fölé melegítik 30-50 °C, majd az ausztenitté alakulás után, a kritikus hűtési sebességnél gyorsabban hűtünk, hogy kemény martenzites szövetszerkezet jöjjön bennük létre. A hipoeutektoidos acélok esetében 723°C fölé kell hevíteni, hogy a teljes keresztmetszetében ausztenites szövetszerkezet alakuljon ki, amit majd gyors hűtéssel martenzitté lehet alakítani. Ennél alacsonyabb hőfoknál az ausztenit mellett még a ferrit is megjelenhet, ami nagyon lágy szövetelem. A hipereutektoidos acélokat nem hevítjük az S-E vonal fölé ausztenit mezőbe, csak az S-K vonal fölé. Itt nem kapunk tisztán ausztenites szerkezetet, de gyors hűtéssel kialakítható kemény martenzit, és mellette a szintén nagyon kemény másodlagos cementit. Nem rontja a szerkezet keménységét, a szilárdsági jellemzők szempontjából viszont sokkal kedvezőbb. Az ötvöztött acélok edzését a karbidok teljes feloldódása érdekében rendszerint jóval a 723°C meghaladó hőmérsékletre kell végezni. Edzésnél a hűtőközeg kiválasztásakor az acél kritikus hűlési sebességét kell figyelembe venni. Az eltérő kritikus hűlési sebessége függ a szénttartalomtól, az ötvözőktől és mennyiségüktől. A hűtőközeg lehet levegő, víz vagy olaj. Az általános mód a közönséges edzés. Hevítés, hőntartás, folyamatos hűtés. Legtöbb acél esetében az eljárás kielégítő eredményt hoz. Az edzéshez több feltétel is szükséges:

- megfelelő szénttartalom,
- edzési hőmérséklet,
- kritikusnál gyorsabb hűtés.[9]

A különböző szén-tartalmú acélok szövetszerkezeteinek hőmérséklete a 14. ábrán látható.

5. A hibás fenéklemez gyártási folyamata.

Általánosságban vett alakítási alkalmazást két fő részre bonthatjuk. Beszélhetünk meleg illetve hideg alakításról. A vasúti tartályfenekek technológiai előírásukat tekintve meleg gyártással készülnek. Ezek a termékek teljesen szokványos tároló, szállító tartályokhoz készülnek. A szokványosságot az üzemi felhasználás során szükséges nyomáson értem. A Technokov kft.-nél nagyobb darabszámban megrendelt fenekek 4bar nyomáson működnek. Ezeket gravitációs tartályoknak nevezik. A feltöltésük és lefejtésük nem kíván különleges eljárást. Sem szívó (negatív nyomású), sem nyomást generáló berendezést.

A vizsgált LPG tartálykocsikhoz megrendelt P460NL2 minőség és a hozzá tartozó követelmények, még a tartályfenék gyártásban nagy rutint szerzett Technokov kft.-nek is fejtörést okozott. Cégünk korábban ezzel a minőséggel ekkora méretben nem találkozott. Ezért is kezdett nehezen a sorozatgyártás beindítása. Bár szerszámkészletünk hatalmas mégsem találtunk optimálisat a gyártáshoz. A beérkezett néhány darabos kezdő megrendelés nem tette lehetővé egy új szerszám legyártását, hiszen ez több millió forintos beruházást jelentett volna, amit a teljesített megrendelés haszna sem fedezett. Kényszer megoldásként a technológia igyekezett egy köztes megoldást alkalmazni. A lehetőségeinkhez mérten a következő technológiai utasítás született.

5.1 Kezdeti technológiai utasítás

- **Darabolás:** Táblalemezt felrakni a vágó asztalára, majd a tárcsákat berajzolni, a tárcsa központját pontozóval bejelölni. A tárcsák kivágása rajz szerint. A vágás befejeztével az átmérő 3750mm-es tárcsákat leszedni. A tárcsákat a sorjától és vágási salaktól megtisztítani.
- **Sajtolás:** Süllyesztéket beszerelni.
Átmérő 3021 mm-es húzógyűrű, átmérő 3021 mm-es nyomógyűrű, átmérő 2790 mm-es mélydomború felsőrész.
- Hevítés 890-900°C-ra
- Elősaajtolni két meleggel két gyűrű között kisméretű kezdetéig peremesre húzni annyira, hogy a nagyrádiusz íve érjen bele a tárcsába.
- **Domborítás:** R 2432 mm-es domborító szerszámokat (alsó és felsőrész) felszerelni és domborítás után leszerelni.

- Az elősajtolat tálat ráhelyezni a domborítógépre, majd több nyomással hidegen domborítani. A tál forgatása közben a nyomásoknak takarniuk kell egymást. Alakváltozás megengedett mértéke MSZ EN 13445-4:2005 szerint ($F > 5\%$) miatt a gömbsüveget hőkezelní (normalizálni kell) átmérő 3520mm elért méretnél.
- Felhevíteni 650-670°C-ra, kb. 16 perces hőn tartással, közben az előgyártmányt forgatni kell a kemencében. Majd hő felvétel után nyugvó levegőn hűlni, hagyni. Hevítéskor a maximális hőfokot nem szabad átlépni.
- Az elősajtolat tálat ráhelyezni a domborítógépre, majd több nyomással hidegen domborítani. A tál forgatása közben a nyomásoknak takarniuk kell egymást. Alakváltozás megengedett mértéke MSZ EN 13445-4:2005 szerint ($F > 5\%$) miatt a gömbsüveget hőkezelní (normalizálni kell) átmérő 3390mm elért méretnél.
- **Görgőzés:** R450 mm-es görgőket felszerelni.
- Az elődomborított gömbsüveget ráhelyezni a peremező gépre, majd pontos beállítás után rögzíteni és görgőzni hidegen belső R468mm-es sugárral. Átmérő 3250mm elért méretnél ismét hőkezelní kell.
- Felhevíteni 680-700°C-ra, kb. 16 perces hőn tartással, közben az előgyártmányt forgatni kell a kemencében. Majd hő felvétel után nyugvó levegőn hűlni, hagyni.
- Az elődomborított edényfeneket ráhelyezni a peremező gépre, majd pontos beállítás után rögzíteni és görgőzni hidegen belső R468mm-es sugárral. Átmérő 3150 mm elért méretnél ismét hőkezelní kell.
- **Körégető:** Az előgörgőzött edényfeneket a körégető, körbevágó berendezésre helyezni majd a bázispontokat a fenékhez tartozó sablonnal kijelölni. Az edényfenékre bázis magasság vágása az ablak nélküli legmagasabb pont kiválasztásával.
- **Görgőzés:** Az elődomborított edényfeneket ráhelyezni a peremező gépre, majd pontos beállítás után rögzíteni és görgőzni hidegen belső R468mm-es sugárral. Átmérő 3040 mmig behúzni méretre.
- **MEO:** A fenék teljes magasságát bemérni (840+20mm) Majd a bemért érték felett 3db ütő és 1db szakító próbapálcát rajzolni. A fenékre és a próbapálcákra a MEO által kiadott vizsgálati számot fel kell tüntetni. A próbapálcákat egyengetni és lemarní kell. Az ütőmunkája -40°C-on 50 J legyen. EN 10028-3

EN 13445-4 tétel 4.1, 4.2, 5.4.6 fejezet 9. és szaktópróba vizsgálatot a labornak el kell végeznie. Nem megfelelés esetén hőkezelní kell a MEO által megadott hőkezelési utasítás mintájára.

- **Körégetés**: Az edényfeneket a körégető, körbevágó berendezésre helyezni majd a bázispontokat a fenékhez tartozó sablonnal kijelölni. Az edényfeneket a ZZLP-24-10001 Rev. A rajz-A részlete szerint az élkiképzést kialakítani és a magasságot beállítani.
- **Élcsiszolás**: Az edényfeneket beállítani a csiszológépen, majd magasságot ellenőrizni a ZZLP-24-10001 Rev. A rajz szerint majd a B részlet szerint az élkiképzést kialakítani.
- **Szemcseszórás**: Külső-belső felületet revétleníteni. A felület minőség EN 10163 1 és 2-es rész, B osztály, 3. alcsoport szerint.
- **MEO**: Méretellenőrzés, ellenőrizni az ZZLP-24-10001Rev. A sz. rajz és EN 13445-4, 5.4 szerint. Az alapanyag ütőmunkája -40°C-on minimum 50 J legyen! EN 10028-3 és EN13445-4 tétel: 4.1; 4.2; 5.4.6 fejezet 9.

a külső: átm. 3040 +/-5 mm-t,

a kidőlés szöge: max.5° ; a bedőlés szöge: max.2° lehet.

a teljes magasságot: 840 +/-5 mm-t,

Ovalitás $D_i \max - D_i \min = \max 9 \text{ mm}$

Az utánvágott zónában a síklapúság tűrése max. 2 mm lehet két egymást követő csúcspont közötti távolság min 1550 mm a kerületen mérve. A minimális falvastagság 13,6 mm legyen. Az edényfenék maximális tömege: 1316 kg/db. Az edényfenék méreti tűrései EN13445-4 5.4.6. pontja szerint. Az edényfenek anyaga meg kell, feleljen a RID 6.8.2.1.11 ($ReH/Rm \leq 0,85$) és EN 13445-2 (4.1;4.2 pontok) Az edényfenék felületi minőség EN 10163 1 és 2 -es rész, B osztály, 3 alcsoport szerint. Az edényfeneket egyedi azonosító számmal kell beszámozni (ezt a számot kell beírni a mérési táblázatokba) Figyelem: minden edényfenék szakállrészére vízálló festéssel, rá kell írni: egyedi sorszámot, kerület értékét, magasságot és a súlyt.

5.2 A hiba vizsgálata



15. ábra A repedések elhelyezkedése a szakállrészen

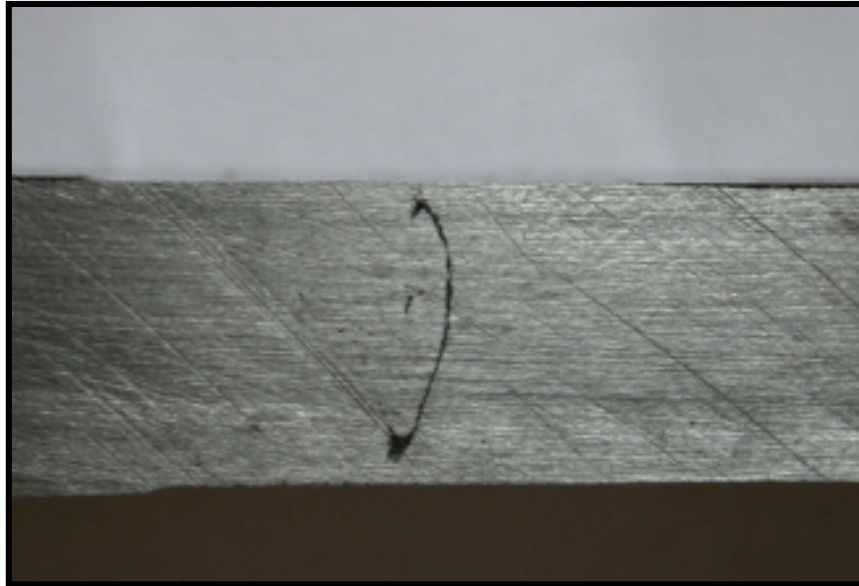
A termék a leírtak alapján elkészült és elhagyta az üzem területét. Néhány hétre rá a megrendelő általunk fel nem fedezett rendellenességet reklamált, ami a 15. ábrán látható. Az edényfenékek szakállrészen repedéseket jelentkeztek. A repedés nehezen volt látható de penetrálással kimutatható. A darabokat vissza szállítottuk és sajnálattal vettük tudomásul, hogy a reklamáció jogos.



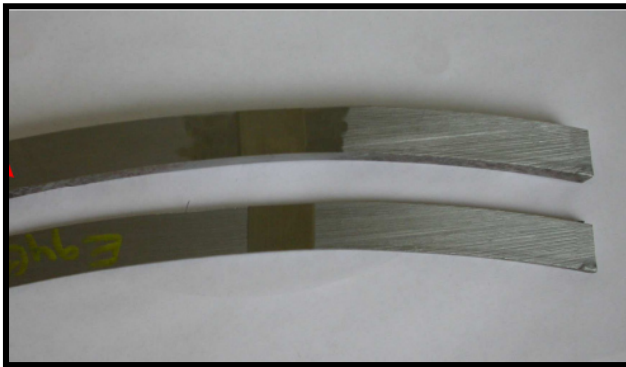
16. ábra Repedés jelölése az edényfenéken (a cég tulajdona)

Ismételt penetrálással és szemre vételezéssel megállapítottuk a hiba jelenlétét. Kialakulása okainak kutatására laborunk nem eléggé felszerelt, ezért külső segít bevonásával igyekeztünk megoldást találni. Megkeresésünkre a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Anyagtudományi és Technológiai Tanszék vizsgálta a hibát. dr Németh Árpád által kijelölt területet az edényfenékből a hőhatás elkerülése miatt vágókorong használatával távolítottuk el a 16. ábra alapján. Jelentésük a kivágott

mintából több kisebb próbatest (17. és 18. ábrán látható) vizsgálata alapján készült. A hibák feltárásához metallográfiai, roncsolásmentes és húzó vizsgálatot is végeztek.



17. ábra Repedés a csiszolaton (a cég tulajdona)



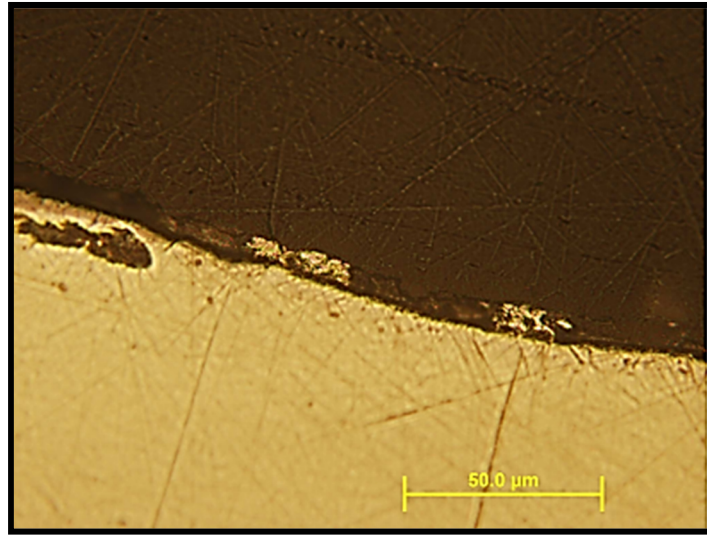
18. ábra A próbatestek oldalnézete (a cég tulajdona)



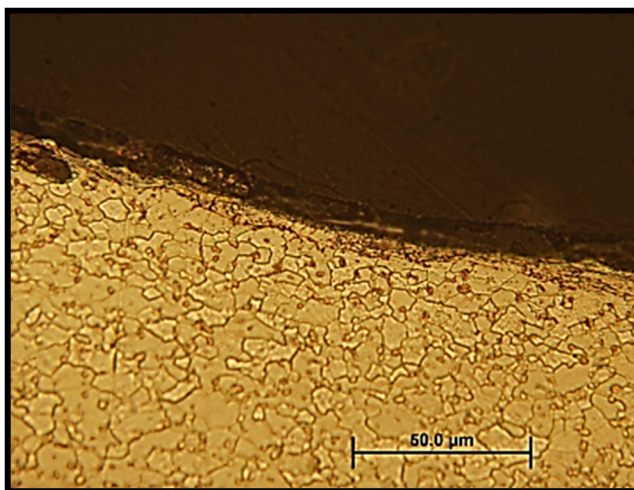
19. ábra a próbatestek felső nézete (a cég tulajdona)

A próbatestek az edényfenék repedést tartalmazó részéből vannak. A csiszolt felületen vizuálisan is jól látszik a repedés kiterjedése a 19. ábrán.

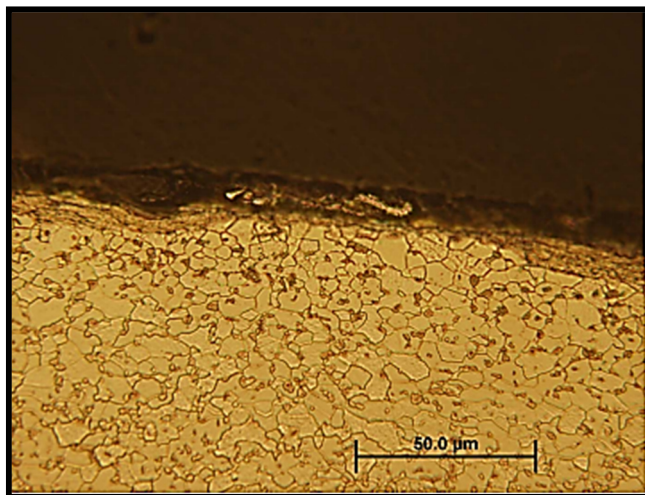
A metallográfiai vizsgálatokhoz elkészített metszetek és csiszolatok elektronmikroszkóppal és fémmikroszkóppal lettek vizsgálva. Készült keresztmetszeti csiszolat a zárványosság és repedés jellemzőinek meghatározásához a 20,21,22,23. ábrán. A szemcsenagyság vizsgálatához marószeres felületkezelést alkalmaztak. A hiba méretei: 2,69mm széles, 0,298 mm mély, 8,25mm hosszú.



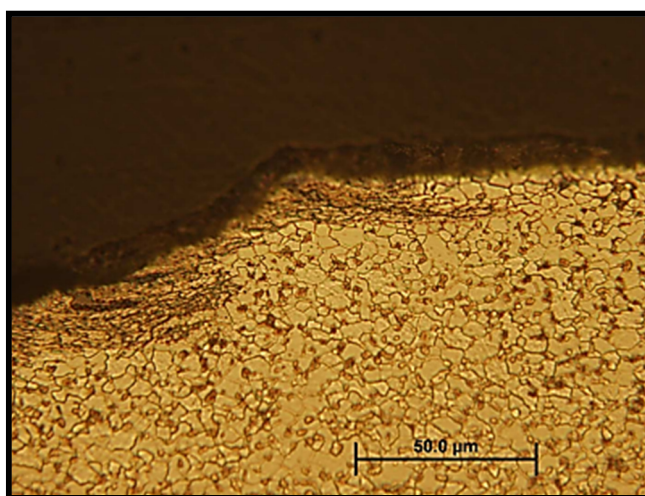
20. ábra Maratott csiszolat oxidációs réteggel (a cég tulajdona)



21. ábra Maratlan csiszolat oxidációs réteggel (a cég tulajdona)

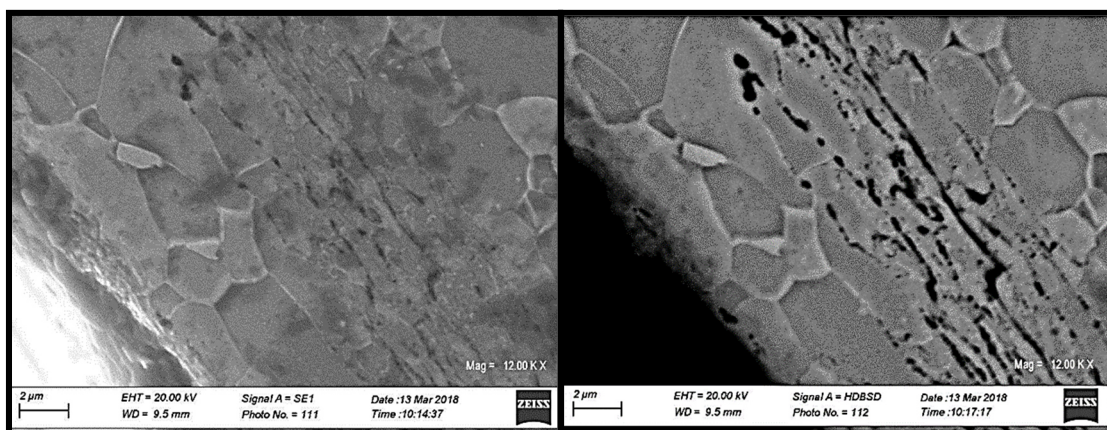


22. ábra A hibás felület mikroszerkezete és reklisztalizált réteg (a cég tulajdona)



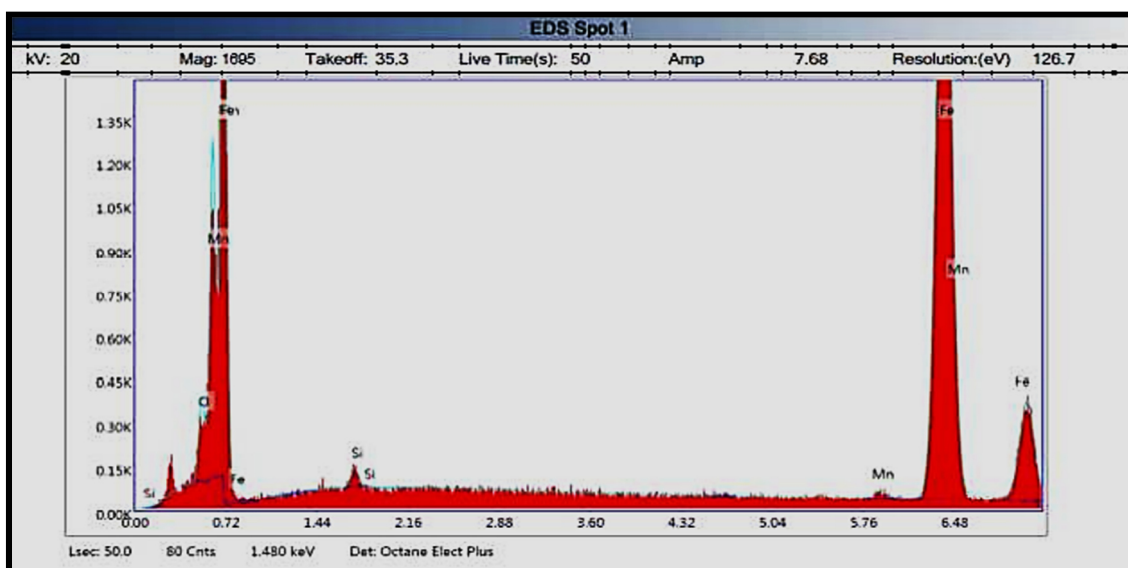
23. ábra A felületközeli réteg mikroszerkezete és a tovább terjedt repedés környezetében a reklisztalizált réteg (a cég tulajdona)

A vizsgálatok eredményéből következtethetünk arra, hogy a nyíró igénybevételből származó alakváltozás a repedések környezetében nagyobb volt, mint az anyag belsejében, ezért a reklisztalizáció lényeges szemcsefinomodást biztosított. A hiba keletkezése után a felületen jelentős oxidréteg keletkezett, melyet még követett képlékeny alakváltozás. A hiba valószínűsíthető okát az elektronmikroszkópos vizsgálat mutatja meg.



24. ábra A felületi réteg elektronmikroszkópi képe szekunder és visszaszórt elektronokkal (a cég tulajdona)

A 24.-es ábra 12000 szeres nagyított kép a felületközeli és felületi rétegről. A nyíródási réteggel.



25. ábra A hibafelületen 0,1 mm-es mélységben a kémiai mikroszondás elemzés összetételi eredményei (a cég tulajdona)

Az alapanyag összetevői és dezoxidensei (Fe, Mn, Si, Al) mellett számottevő oxigénmennyiség is kimutatható, ami a 25. ábrán látható. Ez az oxigénmennyiség valószínűsíthetően alapanyag gyártás során keletkezhetett. Az oxidok az alakítás során sorba rendeződhettek és így a repedések kiinduló helyei lettek. Az esetleges túlzott mértékű alakítás vagy helytelen hőkezelés is segíthetett. Hiszen a kemencében történő forgatás nehézkes. Így nem biztosítható, hogy a fenék minden egyes felülete ugyan azt a hőterhelést kapja.

6. A hiba kizárásának technológiája, vizsgálata.

6.1 Követelmények

A piaci igények azt mutatták, hogy az LPG gáztartályok kereslete növekedni fog. A vevői igények kielégítése érdekében nem hagyhattuk itt abba kísérletezést. A cégvezetés engedélyezte, hogy kicsit mélyebben is bele bonyolódjam a megoldás kidolgozásába. A fő irány mellett, ami a megfelelő és elfogadható termék előállítása, a Chemet tartálygyártó cég egy számomra szokatlan kéréssel kereste meg a társaságunkat. Kérésükben a P460NL2-es anyagminőség leírásában meghatározott mechanikai előírás kritériumait még szigorúbb tartományok közé szeretné szorítani. Kérésük célja az LPG tartályok gyártásának lehetősége egy szűk, de annál jövedelmezőbb piaci feltétel kivitelezése. A Dillinger Hütte hengermű által gyártott és Tüv-nél szabadalmaztatott Dillinal 460-630-as anyagminőségnek megfelelő tartályfenék gyártása. A szabadalmaztatott lemez az alábbi feltételeknek felel meg, ami a 26. 27. táblázatban olvasható:

26. táblázat az alapanyag kémiai előírása (1. melléklet)

Chemical composition in %

	C max.	Si	Mn	P max.	S max.	N max.	Al min.	Ni max.	V ¹⁾	Cr ²⁾ max.	Cu max.	Mo ²⁾ max.
Heat	0.20	0.10-0.60	1.00-1.70	0.020	0.005	0.025	0.005	0.40	0.10-0.20	0.30	0.20	0.10
Product	0.22	0.10-0.65	0.94-1.80	0.025	0.008	0.027	0.005	0.45	0.10-0.21	0.35	0.25	0.13

27. táblázat Az alapanyag mechanikai előírása (1. melléklet)

Plate thickness [mm]	Minimum yield Strength ReH ³⁾ [MPa]	Tensile strength Rm [MPa]	Minimum elongation A ₅ %
≤ 20	460	630 - 725	17

28. táblázat Az alapanyag mechanikai előírása (1. melléklet)

	Test temperature [°C]	Minimum impact values [J]
Dillinal 460/630 N	-20	27
Dillinal 460/630 NL	-40	27

Tehát a 20mm vagy annál vékonyabb melegen hengerelt acélok esetében a folyáshatár nem lehet kisebb mint, R_{eH} : 460MPa, a szakítószilárdság R_m : 630 – 725MPa között kell lennie. Az ütőmunka garantáltan minimum 27J, -40°C-on. A 28. táblázat mutatja. Számomra még nem látott érdekes kitétel, hogy a próbatest nyúlása maximum 17% legyen. Mivel ezeknek a feltételeknek megfelelő alapanyag beszerzése nagyon költséges ezért standard P460NL2 es lemezek beszerzésével indulunk a megrendelői igények szerinti kísérleti gyártásnak.

6.2 Alapanyag vizsgálat

Kereskedelmi osztályunk három hengerművel vette fel a kapcsolatot alapanyag beszerzése céljából. Liberty Galati S.A Romania, NLMK Europe és az Arcelor Mittal Ilseburg hengerműveiből kerültek megvételre a legyártandó méretnek megfelelő táblalemezek. A 3840 mm széles és 7700 mm hosszú táblákon, a jelölésem szerint ellenőrző vizsgálat céljából próbatesteket vágattam majd szabványos alakra marattam. Ezt követően a házi szakító vizsgálatot elvégeztem. Spektrográfias vizsgálatot nem tartottam szükségesnek és azt mi nem is tudtuk volna elvégezni. Semmi okunk nincs feltételezni, hogy a műbizonylaton kémiai ötvöző értékek nem felelnek meg a leírtaknak.

29. táblázat Az alapanyag mechanikai adatai (2. melléklet)

			d	a	b	S_0	L_0	F	F _m	ReH	R _m	A
			mm			mm ²	mm	kN	kN	N/mm ²	N/mm ²	%
										460	630-725	17
Nlmk		1		13,7	8,1	111,0	59,20	55,7	69,8	501,9	629,0	22,0
		2		13,9	8,0	111,2	59,26	53,6	68,8	482,0	618,7	22,0
Galatti		3		17,1	10,1	172,7	73,86	87,4	109,3	506,1	632,9	24,0
		4		17,0	9,6	163,2	71,80	84,0	104,1	514,7	637,9	27,0
Ilseburg		5		16,4	12,0	196,8	78,84	100,0	130,0	508,1	660,6	25,0
		6		16,3	12,0	195,6	78,60	94,1	124,5	481,1	636,5	27,0

A mart próbatesten a feszültség kiszámolásához szükséges méreteket megmértem és a megfelelő cellába beírtam, lásd a 29. táblázatban. A mért két értékből felszint számolok, $S_0 = a * b = [mm^2]$ ahol az:

- a = a próbatest szélessége [mm]
- b = a próbatest vastagsága [mm]

A táblázat automatikusan számolja a feszültség értékeket. A szakítóvizsgálat során leolvasott erő adatokat is a táblázatba írom. Folyáshatár: $ReH = S_0 * F = [kN/mm^2]$.

- F: a szakítóvizsgálat alatt a próbatestre ható húzóerő. [N]

Szakító szilárdság: $Rm = S_0 * F = [kN/mm^2]$. Az elvégzett vizsgálat eredményei is a 29. táblázatban olvashatók. A Galatti és az Ilseburgi lemezek eredményei szinte teljes mértékben hozták az előírt értékeket. A minimum nyúlási elvárását mindegyik lemez produkálta. Az NLMK lemezei az előírt folyáshatár értékeket hozták, viszont a szakító szilárdságuk, nem sokkal ugyan, de a kívánt tartomány alatt van. Ez az eltérés még nem kívánja a lemez kivonását a gyártásból, de mindenképpen figyelembe kell venni a kísérleti eljárás technológiai előírásainak meghatározásakor. Feltétlenül meg kell vizsgálni az alakítás előtti és utáni hőkezelés hatását a darabokon. A lemezeket egy kísérleti munkaszám alatt indítom, ezért azonos gyártási utasítást fog kapni. Az előző utasításhoz képest a hidegalakítást minél jobban kizárom és igyekszem melegen sajtolni tartályfenéknek majd azon belül hideg alakítással és hőkezeléssel a kívánt méretre munkálni. Igyekezve így elkerülni a túlzott alakítást és a repedések keletkezését. Fokozott figyelemmel kell lenni a feleslegesen magas hőhatásra is.

6.3 A kísérleti gyártás technológiája

Az általam kidolgozott utasítás a következő:

- **MEO**: Beadás előtt az alapanyag műbizonylatát azonosítani majd megvizsgálni.

Az alapanyagnak meg kell felelnie az alábbi leírásnak.

Anyagminőség P460 NL2 EN10028-3 Módosított WDTÜV-Wbl.531 (Dillinal 460/630NL), RID 2019-Teil 6.8.5 szabvány szerint.

Szilárdság: ReH min:460N/mm² Rm : 630N/mm²-725N/mm²

Ütőmunka bizonylat ISO-V keresztpróbából min 27J, -40°C-on

A lemez felülete felelejen meg: EN 10163-1,-2 B osztály 3. alcsoportjának.

A beadandó anyag vastagságát, szélességét, hosszúságát és szükség esetén az anyag keménységét megmérni. A mért értékeket a gyártási lapra, és ezen felül a mért vastagságot a szerszám utalvány lapra felírni.

A lemez felületét meg kell vizsgálni, mert korrodált vagy nagy felületen mechanikai sérült lemez a gyártásba nem adható

- **Szekátor:** Segédeszköz beállítása a vágáshoz.

Beállítani D:3800mm-es tárcsa kivágásához a két jelölő tű távolságát R:1900mm távolságra.

Figyelem: Leszedés előtt a tárcsák hengerlési irányát jelölni kell. Táblalemezt felrakni a vágó asztalra majd berajzolni a központot és jelölni a mágneses központosító pontos rögzítéséhez.

Figyelem: Minden tárcsán a beütést fehér markerrel körbe kell jelölni. A számozás helye a tárcsa közepétől kb 900mm-re kell elvégezni a hengerlési iránynak merőlegesen. A benyomás mélysége max 0,5mm. A tárcsába beütni az egyedi azonosítót.

- **2000t vízhidraulikus sajtoló:** Süllyesztéket beszerezni:

Átmérő 3095 mm-es húzógyűrű.

Átmérő 3172 mm-es nyomógyűrűt 770mm-es lábbal a nyomóasztalra felszerelni.

Átmérő 3058-mm es mély felsőrészt a nagy pótasztalra felszerelni.

A beszerezni kívánt szerszámok elhelyezkedése:

FM 3058,0 mm mélydomború felsőrész

G3095,0 mm gyűrű

G3172 mm gyűrű

- **D2 Hevítő gázkemence:**

Hevítés 820-840°C-ra (Hevítéskor a maximális 840°C-ot nem szabad túllépni)

- **2000t vízhidraulikus sajtoló:**

Balesetvédelem: Az anyagmozgatást nagy körültekintéssel, művezető jelenlétében szabad végezni.

Elősajtolni 760-840°C között 4meleggel 2 gyűrűből húzva peremesre 80mm-es peremet hagyni.

1. meleg: 50 bar ráncfogás; 80-100 bar dugó nyomás; kb. 400mm mélyre

2. meleg: 30 bar ráncfogás; 80-100 bar dugó nyomás; kb. 520mm mélyre

3. meleg: ráncfogás nélkül; 80-100 bar dugó nyomás; kb. 640mm mélyre

4. meleg: ráncfogás nélkül; 80-100 bar dugó nyomás; kb. 760mm mélyre

Számozása kívül legyen.

- **2000t vízhidraulikus sajtoló:**

Süllyesztéket beszerelni és készre sajtolás után kiszerezni.

Átmérő 3095 mm-es húzógyűrűt 880mm lábra és kettő sor bugára felszerelni

Átmérő 3172 mm-es nyomógyűrűt 350mm lábbal a nyomóasztalra felszerelni

Átmérő 3058 mm-es mély felsőrészt nagy pótasztalra felszerelni.

A készre sajtolat edényfenék leszedésére a felsőrésztől, 3 lehúzó lemezt kell odakészíteni kb. 120°-ra elhelyezve egymástól a fenék területén.

- **2000t vízhidraulikus sajtoló:**

Az áthúzás előtt grafitos vízzel a felsőrészt és a húzógyűrűt vastagon le kell kenni, a gyűrűről való könnyebb leesést ezzel elősegítve. Készre sajtolni melegen pontos beállítás után, ráncfogás nélkül áthúzni átmérő 3068mm-re 760-840°C között. Ha az edényfenék nem esik le a bélyegről magától, akkor az oda készített lehúzó lemezeket a két gyűrű közé helyezni. Védve a bélyeget a sérüléstől a lemezeket hozzá érinteni majd 1-2mm távolságra visszahúzni a fent lévő tartályfenék felett. Miután a dolgozók biztonságos távolságra álltak a bélyeg mozgatásával le kell segíteni a munkadarabot a bélyegről. Az első darab sajtolása után a műszakvezetőnek vagy a csoportvezetőnek a terméket meg kell mérnie, ezt követően minősítenie kell. A többi darabot a dolgozónak kell ellenőrizni. Probléma fellépésekor a gyártást abba kell hagyni és a műszakvezetőnek jelezni kell.

Süllyesztéket a sajtolás után ki kell szerelni.

- **Körégető lángvágófejjel:**

Körégető és segédeszközök beállítása a vágáshoz. Figyelem! A lehető legnagyobb magasságba kell síkra körégetni! A levágott karimából szabványos próbatest kialakításhoz megfelelő hosszúságú darabot (2db 200mm, 2db 250mm) ki kell vágni. Az edényfenéket beállítani a körégetőn, majd a belső magasságot a lehető legmagasabbra bemérni (min. 860mm-re), a peremrész méretre vágása sík peremre. A lángvágás után a vágott területet simára le kell köszörülni. Az éleket legömbölyíteni a Boldrini-görgőző szerszáma minőségének megőrzése érdekében. Az első darab peremleégetése után a dolgozónak a terméket meg kell mérnie majd művezetőnek vagy csoportvezetőnek a terméket minősítenie kell. A

többi darabot a dolgozónak kell ellenőrizni. Probléma fellépésekor a gyártást abba kell hagyni és jelezni kell a művezetőnek.

- **HC-32-12-6 konveijorpályás szóróberendezés:**

Kis sugarat kívül-belül revétleníteni a boldrini görgőzés előtt.

- **Boldrini görgőző:**

R450 mm-es görgőt felszerelni és görgőzés után leszerelni. A lesajtolt feneket ráhelyezni a peremezőgépre, majd középen rögzíteni és peremezni hidegen belső R472mmes sugárra, valamint az edényfenék külső kerületét 9600 +0/-6 mm-es méretre. Az ovalitás mértéke max15mm.

- **D2 Hevítő gázkemence:**

Hőkezelní: 720-740°C-ra hevíteni. Melegítés közben a feneket egyenletesen forgatni kell. Majd nyugodt levegőn hagyni, kihűlni.

- **Boldrini görgőző:**

R450 mm-es görgőt felszerelni és görgőzés után leszerelni. A lesajtolt feneket ráhelyezni a peremezőgépre, majd középen rögzíteni és peremezni hidegen belső R472mmes sugárra, valamint az edényfenék külső kerületét 9550 +10/-10 mm-es méretre. Az ovalitás mértéke max15mm.

- **D2 Hevítő gázkemence:**

Megeresztés 600°C-on. Melegítés közben a feneket egyenletesen forgatni kell.

- **Vizsgálat:**

Minden edényfenék levágott karimájából ütő és szakítópróbaapálcát kell venni. a próbaapálcákat berajzolni, majd rajzolás szerint a lángvágóval kivágni, szükség szerint a próbaapálcát egyengetni kell. A próbaapálcába az egyedi azonosítót beütni, a fenékre a vizsgálati számot hőálló markerrel fel kell írni.

Ütőmunka:-40°C-on minimum 27J, Szakító próba: ReH min:460N/mm² Rm: 630N/mm²-725N/mm² Reh/Rm=max 0,85, a vizsgálatot a labornak kell elvégezni és kiértékelnie. A vizsgálat nem megfelelése esetén a fenekeket hőkezelní kell a MEO által megadott előírások szerint!

- **HC-32-12-6 konveijorpályás szóróberendezés:**

Külső-belső felületen revétleníteni. (3x3perc)

Minden edényfenék azonosítószámának jól láthatóságát ellenőrizni, Eltérés esetén az azonosítót ismételtén át kell bélyegezni.

- **Ronzani Macro 4025 CNC Szalagcsiszoló:**

Belső csiszoláshoz a szerszámgépet beállítani és a csiszoló szalagot kiválasztani. A támasztó görgőket a fenék méretéhez beállítani. A munkadarab nullpontját felvenni, programban rögzíteni, a programot betölteni és a program szimulációján az esetleges követési hibát ellenőrizni. Szükség esetén a technológiával egyeztetni, a hibát korrigálni. Az átmérő 3040mm-es edényfenék pontos beállítása után a feneket belül teljesen lecsiszolni. Minden csiszolási ciklus után a falvastagságot ellenőrizni kell. Az edényfenék minimum falvastagsága nem lehet az előírtnál vékonyabb!

- **Ronzani Macro 4025 CNC Szalagcsiszoló:**

Külső csiszoláshoz a szerszámgépet beállítani és a csiszolószalagot kiválasztani. A munkadarab nullpontját felvenni, programban rögzíteni, a programot betölteni és a program szimulációján az esetleges követési hibát ellenőrizni. Szükség esetén a technológiával egyeztetni, a hibát korrigálni. . Az átmérő 3040mm-es edényfenék pontos beállítása után a feneket belül teljesen lecsiszolni. Minden csiszolási ciklus után a falvastagságot ellenőrizni kell. Az edényfenék minimum falvastagsága nem lehet az előírtnál vékonyabb!

- **Vizsgálat:**

LPG tankokba beépítendő tartályfenekeknél az alábbi repedéseket kiszűrendő vizsgálatokat kell elvégezni:

Az edényfenék teljes felületét PT (folyadékbehatásos) vizsgálatot, MSZ EN ISO 3452-1 szerint.

Az edényfenék kis sugarát, szakállrészét MT (mágnesezhető poros) vizsgálatot MSZ EN ISO 17638 szerint.

Az edényfenék szakállrészén ÚT (ultrahangos) vizsgálatot MSZ EN ISO 17640 szerint kell elvégezni.

A vizsgálatokhoz irányadóak lehetnek a hegesztéseknél használt vonatkozó szabványok.

Repedés észlelése esetén értesíteni kell a Technológiai főmérnököt és a javító intézkedésekről gondoskodni.

A vizsgálatról jegyzőkönyvet kell készíteni!

- **Körégető lángvágófejjel:**

Körégető és segédeszközök beállítása vágáshoz. Figyelem: MEO engedélye nélkül TILOS le körégetni a feneket. Csak az eredményes repedés vizsgálat, ütő és szakító vizsgálat elvégzése után lehet az edényfeneket megmunkálni. Körégetés után minden edényfenék külső szakállrészére, hőálló markerrel fel kell írni az egyedi azonosítót, munkaszámot, magasságot, kerületet.

Az edényfeneket beállítani a körégetőn, a belső magasságot bemérni $823+7/-0$ mm-re és aszimmetrikus DV (= külső 30° $f=7+1/-0$ mm-ig, majd belül 30° -ra) Peremrészt méretre vágni M3040-146MD35ANN-01 ver.1. számú rajz szerint. Vágás után a szennyeződések a fenékből el kell távolítani és a vágáskor kialakult sorját le kell csiszolni. Az első darab peremleégetése után a műszakvezetőnek vagy a csoportvezetőnek a terméket minősítenie kell. Probléma fellépésekor a gyártást abba kell hagyni. A technológiát értesíteni kell.

- **Ronzani Macro 4025 CNC Szalagcsiszoló:**

Csiszoláshoz a szerszámgépet és a szerszámot beállítani. Támasztógörgőket beállítani, munkadarab nullpontját felvenni, gépbe rögzíteni, a programot betölteni és a program szimulációján a követési hibát ellenőrizni. Az átmérő 3040mm-es edényfenék pontos beállítása után a fenék peremrészét lecsiszolni M3040-146MD35ANN-01 számú rajz szerint. A fenék síklapúsága max. 6mm lehet. Az első darab peremcsiszolása után a műszakvezetőnek vagy a csoportvezetőnek a terméket minősítenie kell. Probléma fellépésekor a gyártást abba kell hagyni. A technológiát értesíteni kell.

- **HC-32-12-6 konveijorpályás szóróberendezés:**

A fenéken csipesznyomok nem lehetnek, ezeket csiszolással el kell távolítani. Külső-belső felületen revétleníteni. (3x3 perc) Az edényfenék külső-belső felületét szemcse szórni, SA 2,5 ISO 8501 szerint. Az edényfenék teljes felülete meg kell, hogy feleljen az EN 10163-2 szabvány, B-3 osztályának. Szemcseszórás után minden edényfenék külső szakállrészére fel kell írni az egyedi azonosítót, kerületet, magasságot.

- **Kézi művelet:**

A számozás helyét le kell csiszolni és a fenék szélétől kb.1000 mm-re kell elhelyezni az M3040-146MD35ANN-01 számú rajz szerint. A számozást be kell keretezni fehér vagy sárga vízálló festékkel.

Számozást a kézi pontjelölővel (FlyMarker) kell elvégezni. A fenék számozásában szerepelni kell az adag-próbaszámnak, anyagminőségnek, a Technokov kft gyártómű jelének és az egyedi azonosítószámnak. A gravírozás mélysége max. 0,5mm. A fenék szakállrészére fel kell tüntetni az egyedi azonosítószámot, kerületet, magasságot, súlyt.

- **MEO:**

A vevő minden edényfenékről mérési jegyzőkönyvet kér. A fenekeket méret szerint párosítani kell. A kerületben meghatározott párok közötti maximális eltérés 4mm lehet.

Méretellenőrzés és átvétel az EN 13445-4, DIN 28013 és M3040-146MD35ANN-01 számú rajz szerint.

Mérni kell:

a fenék külső kerületét: 9550 ± 10 mm-t

a belső magasságot: 827 ± 0

a minimális falvastagságot: 14,6 mm-t

a síklapúságot: max. 6 mm-t

a szakállrész kidőlését: 5°

a szakállrész bedőlését: 2°

az ovalitást: $D_{max} \leq 15$ mm

a peremmegmunkálást: M3040-146MD35ANN-01 számú rajz szerint

a számozás elhelyezését: A fenék szélétől a hengerlési irányra merőlegesen kb. 1000mm-re

Az edényfenék teljes felülete meg kell, hogy feleljen az EN 10163-1 és EN 1063-2 szabvány B osztály 3-as alcsoportjának.

7. Gyártásközi vizsgálatok

A gyártás indításkor a megmunkálás közben ki kellett tűzni bizonyos mérföldköveket, amikor mindenképpen MEO jelenlétre van szükség. A sajtolási hőfokok mérése mindenképpen szükséges. A görgözési méretek pontos beállítása hőkezelés és megeresztés előtt. Elengedhetetlenül ellenőriznünk kell a hőkezelési és megeresztési hőfokokat. Ezeknek az eljárásoknak, az előírás szerinti végrehajtása kiemelkedően fontos, az alakítás mértéke miatti anyagfáradás kiküszöbölésének szempontjából. A technológiai utasításban megfogalmazott méretre görgőzés után, házi vizsgálatot kell végeznünk, hogy a megeresztési hőfok valóban elég lesz e, vagy közbelső hőkezelést kell alkalmaznom. Valóban az általam vélt mechanikai eredményeket kapom? Ha a technológiai eljáráshoz rosszul határoztam meg a hőkezeléskor használt hőfokokat, akkor az anyag "elengedheti magát". A mechanikai értékek az előírt határok alá kerülhetnek. Ekkor edzést kell alkalmazni, ami egy ekkora terjedelmű munkadarab esetében nehézkes, sőt kihívás. Ha a hőfokok túl alacsonyak, akkor az anyagfáradás veszélye továbbra is fennál.

A megeresztés előtt tehát el kell végezni a szakítóvizsgálatot. Csak az eredményes lezárásuk után van értelme folytatni a roncsolásmentes eljárásokkal. A fenekekből kivettem a próbatestnek való hasábokat. Azokat szabványos kialakításúra munkáltattam, a szakító és ütővizsgálatot elvégeztem. Eredményeit az alábbi 30. táblázatban prezentálom:

7.1 Melegalakítás (sajtolás) utáni vizsgálatok.

30. táblázat Sajtolás utáni roncsolásos vizsgálati eredmények. (3. melléklet)

		d	a	b	S ₀	L ₀	F	F _m	ReH	R _m	A	Einzelwerte\ Values			wert\ Avg.
		mm			mm ²	mm	kN	kN	N/mm ²	N/mm ²	%	J			
Sajtoló															
NLMK	1		15,1	7,8	117,8	60,9919	53,0	89,0	450,0	755,6	25,0	13	16	9	12,6667
	2		15,0	7,7	115,5	60,3987	51,0	88,3	441,6	764,5	24,0	18	21	15	18
Galatti	3		15,2	7,7	117,0	60,8	57,9	85,7	494,7	732,2	24,0	11	17	13	13,6667
	4		15,0	7,6	114,0	60,0052	56,1	88,8	492,1	778,9	15,0	14	10	22	15,3333
Ilsenburg	5		15,2	8,1	123,1	62,3592	59,3	95,3	481,6	774,0	15,0	24	17	20	20,3333
	6		15,3	7,9	120,9	61,7868	55,9	83,6	462,5	691,7	20,0	21	15	23	19,6667

Az adatokat kiolvastva látható, hogy a sajtolási hőfokok meghatározása alkalmazható. Az NLMK lemeze egy kicsit alul teljesít, de ez nem okozott meglepetést. Görgőzés után vett mintákból vonhatunk majd le olyan következtetést, ami ezeknek a lemezeknek a felhasználását kizárja, vagy más technológia kidolgozását igényli.

Előzetesen következtethető, hogy a képlékeny hideg alakítás miatt a feszültség adatok magasabb értéket fognak mutatni. Az ütőmunka helyreállításához valószínűleg egy megeresztést kell majd alkalmaznunk. A méretre alakítás után, de a végső hőkezelés előtt ismét mintákat vágattam. A szakító és ütő vizsgálatot elvégeztem. A vizsgálat eredményeit a következő 31. táblázatban foglalom össze:

7.2 Hidegalakítás (görgőzés) utáni vizsgálatok.

31. táblázat A görgőzés utáni vizsgálati eredmények (4. melléklet)

		a	b	S ₀	L ₀	F	F _m	ReH	R _m	A	temp	Einzel- werte \ Values			Mittel- wert \ Avg.
		mm		mm ²	mm	kN	kN	N/mm ²	N/mm ²	%	°C	J			
								460	630-725	17	40				
NLMK	1	15,5	9,0	139,5	66,377886	65,6	89,3	470,3	640,1	20,0	-43	19	16,5	14,3	16,6
	2	15,6	9,0	140,4	66,591664	66,3	88,9	472,2	633,2	19,0	-42	21	22	16	19,7
Galatti	3	15,1	9,4	141,9	66,955879	76,6	92,1	539,7	648,9	17,0	-44	24,7	27	23,5	25,1
	4	15,4	9,3	143,2	67,257102	84,0	95,3	586,5	665,4	17,0	-40	29	23	25,9	26,0
Ilseburg	5	15,2	9,3	141,4	66,81894	94,2	117,0	666,4	827,7	16,0	-41	25,4	22	19	22,1
	6	14,7	9,4	138,2	66,063094	93,7	107,0	678,1	774,4	17,0	-41	18,5	24	20,7	21,1

A görgőzés utáni vizsgálatok ígéretesek. Az NLMK lemeznél ismét tapasztalható az elmaradás. A kísérleti gyártást továbbra is ugyan azzal a technológiai utasítással folytatom. A megeresztést elegendőnek látom a tervezői előírás követelményeinek beállításához. Az NLMK lemeze előre láthatólag nem fogja hozni a kívánt értékeket. Ezzel az anyaggal további hőkezelési eljárásokat kell végezni. Mindenképpen szükséges megvizsgálni a megeresztés utáni eredményeket, ami a 32. táblázatban láthatók.

7.3 Megeresztés utáni vizsgálatok

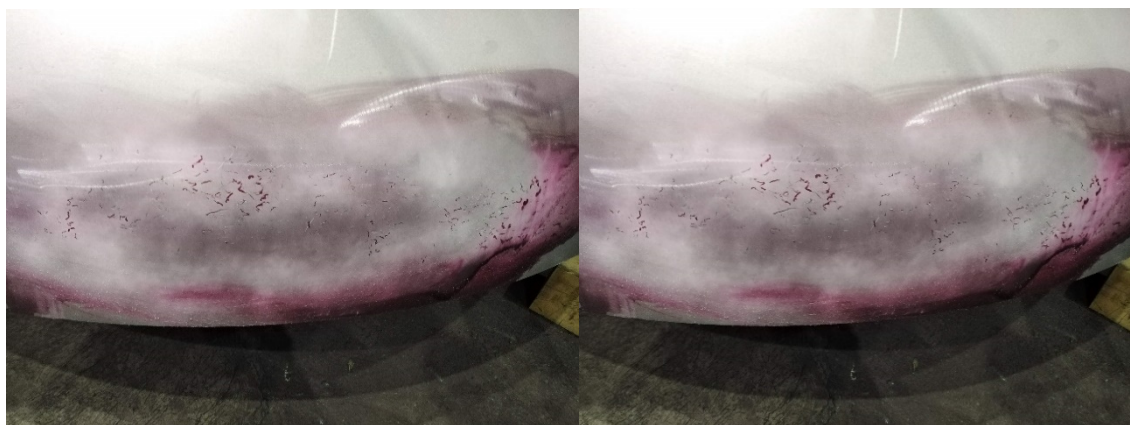
32. táblázat A megeresztés utáni vizsgálati eredmények. (5 melléklet)

		d	a	b	S ₀	L ₀	F	F _m	ReH	R _m	A	Prüf- temp./Tem p	Einzel- werte/Values			Mittel- wert/ Avg.
		mm			mm ²	mm	kN	kN	N/mm ²	N/mm ²	%	°C	J			
									460	630-725	17	-40				27
NLMK	1		15,1	8,2	123,8	62,5	56,9	75,3	459,5	608,1	17,5		160	96	175	143,66667
	2		15,0	7,9	118,5	61,2	55,1	69,5	465,0	586,5	17,0		152	113	104	123
Galatti	3		15,3	8,2	125,5	62,9	65,1	85,0	518,9	677,5	18,5		146	130	116	130,66667
	4		15,5	8,1	125,6	63,0	65,8	80,6	524,1	642,0	20,0		133	160	134	142,33333
Ilseburg	5		15,1	7,9	119,3	61,4	67,8	78,6	568,4	658,9	18,0		153	105	170	142,66667
	6		15,2	8,2	124,6	62,7	64,1	83,5	514,3	669,9	18,0		66	54	92	70,66667

A Galatti és az ilsenburgi lemez alkalmas az általam kidolgozott technológiával a Chemet megrendelésének megfelelő gyártáshoz. Természetesen az NLMK alapanyagából gyártott fenekeket sem dobom ki. Ha valamelyik értéke miatt nem felel meg, akkor egy alacsonyabb kritériummal rendelkező minőségnek értékesíthetjük. A Fő cél természetesen az ebben a gyártásban való megfeleltethetőség. Ehhez ismét próbát veszünk, és a laborban próbálom további hőkezelési eljárással a megfelelő értékeket beállítani. Addig viszont, a két előírásoknak megfelelő tartályfenék, további roncsolásmentes vizsgálat alá vonható.

7.4 Felület ellenőrzés

PT vizsgálattal kezdem, a 33. ábrán látható. A gyártási utasításokban szereplő külső és belső csiszolást a kollégáim elvégezték majd nekiláttam a vizsgálatnak. A vizsgálat végeztével a szakállrészen több repedésre utaló "kivérzés" látható.



33. ábra Penetrálás vizsgálat eredménye.

A felületet a vizsgálatához szükséges anyagoktól megtisztítottam. A repedéseket megvizsgálva a következő következtetésre jutottam. A hőkezelés előtt és után is a munkadarab visszahűlt a környezeti hőmérsékletre. Ebben a formában további

megmunkálás tekintetében hidegalakításról beszélünk. A két görgő közé fogott, forgás mellett nyomó és húzó erő alakította fém felületét, nyújthatta annyira, hogy az alakító mozgás miatt egymásra vasalta ezeket a vékony rétegeket. A rétegek között kohéziós kapcsolat nem lép fel ezért csak egymást takarják. A penetrációs festék a rétegek közé juthat és hibaként mutatkozhat a vizsgálat során. A falvastagság ellenőrzése után a csiszoló kollégámat megkértem, hogy legalább 0,4-0,6 mm-t szedjen le a falvastagságból. Ennek a vastagságnak már elégnek kell lenni a hiba kicsiszolásához.



34. ábra Ismételt folyadékbehatásos vizsgálat részlete.

Az ellenőrzés megnyugtató eredményt mutatott, ami a 34. ábrán látható. Csiszolással eltűntek a felületi repedések. Így a terméken az UH és MT vizsgálatokat is el lehet végezni. A vizsgálatok eltérés nélkül záródtak le. Ennek fényében a Galatti és ilsenburgi lemezekből gyártott fenekek megfelelnek a tervezői mechanikai és az általános szabványokban foglalt előírásoknak.

8. A kísérleti gyártás lezárása

Térjünk vissza egy kicsit az NLMK lemezből gyártott fenékhez. Az ausztenites acélokra jellemző lapközepes köbös rácsszerkezete 723°C felett alakul. A magasan ötvözött acélokra jellemzően ennél valamivel több hőt viszünk be. A laborba 3 próbatestet marattam, azokon három különböző hűtést alkalmazva készítettem elő. Az első munkadarabot 850-860°C-ra hevítettem majd nyugvó levegőn hűlni hagytam szoba hőmérsékletre. A második próbatestet 850-860°C-ra hevítettem és fűvott levegővel hűtöttem szoba hőmérsékletre. A harmadik próbatestet 850-860°C-ra hevítettem és vízhűtéssel gyorsan 1-2 másodperc alatt, kritikus hűtéssel szoba hőmérsékletre vittem. Az utolsó eljárást közönséges edzésnek hívjuk, Az anyag jelen pillanatban rideg és törékeny ezért 600 C°-os megeresztésre van szükség. Az eredményeket a 35. táblázatban közlöm.

35. ábra Az NLMK-s alapanyagból gyártott fenékek próbatestjének hőkezelt adatai.

(6. melléklet)

			d	a	b	S ₀	L ₀	F	F _m	ReH	R _m	A	Prüf- temp./Tem p	Einzel- werte\ Values			Mittel- wert\ Avg.
Próbatestek hőfokai.			mm			mm ²	mm	kN	kN	N/mm ²	N/mm ²	%	°C	J			
										460	630-725	17	-40				27
1	860	nyugvó		14,9	8,3	120,0	62,5	54,2	70,3	451,7	585,8	17,5	-42	39	35	36	36,66667
2	860	fűvott		15,3	8,1	123,9	63,7	56,8	75,9	458,3	612,4	17,0	-41	29	37	28	31,33333
3	860	vízhűtés		15,1	8,2	123,8	63,3	58,2	78,4	470,0	633,2	17,2	-41	25	32	28	28,33333

Az 1.-es számú próbatest eredményeinek eltérése szinte elhanyagolható a kiinduló adatokat figyelembe véve. A lassan hűlő acélban a rácsszerkezetnek bőven volt ideje visszaalakulni. Valamivel jobb, de még mindig nem megfelelő feszültség értékeket hozott. Ez a hőkezelés nem megfelelő.

A 2.-es próbatestnél valamivel dinamikusabb hűtést alkalmaztam ezért a folyáshatár és a szakítószilárdság valamennyivel nagyobb értéket mutattak, de ez még mindig elmarad a tervezői előírásnak megfelelő határoktól. A hűtés sebessége még mindig nem megfelelő.

A 3.-as próbatest eredményei kielégítőek. Minden vizsgált adat az előírás szerinti értéket produkálta. A gyors hűtéssel a folyás és szakítás eredményei jóval a szükséges érték felett helyezkedtek, de az ütőmunka szinte nulla. Ezért kell megeresztetni. A rideg és törékeny anyag normalizálódik. Ezzel a hőkezelési eljárással a tartályfenékek megfelelhetnek az előírásoknak.

Mielőtt a technológiával és a managementtel közlöm a sikeres eljárást, a mérnöki szemléletet és gondolkodásmódot kell előtérbe helyeznem. A laborban sikerült

kísérletekkel bebizonyítani, hogy az alapanyagból előállítható a rendelésnek megfelelő munkadarab. Erre alapozva kijelenthetem-e az NLMK lemezek gyártási biztonságát? El lehet végezni a szükséges hőkezelést az edényfenéken? Nem! Amit a laborban sikerül egy 100-200 grammos próbatesttel bizonyítani azt nehezen tudjuk kivitelezni egy 1500kg-os munkadarabbal. Sem a terjedelme sem a tömege nem teszi lehetővé, hogy ilyen gyorsan ekkora felületet egységesen tudjunk hűteni. A fenekeknek a korábban már taglalt sorsa lesz. Átminősítést, esetleg az edényfenék átmunkálását fogom javasolni. Az NLMK Europe lemeze ezzel a kémiai összetétellel számunkra nem alkalmazható. Mindazonáltal a kísérleti vizsgálatok alapján kijelenthetem, hogy az általam kidolgozott technológiával a Galatti és az Ilsenburg hengerművek által gyártott alapanyagokból biztonsággal készíthetünk a Chemet előírásainak megfelelő tartályfeneket.

Óbudai Egyetem

Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

Anyagtudományi és Gyártástudományi Intézet



9. Szinopszis

Név, Neptun kód: Nádas János, PYFPWA

Szakdolgozat címe: A nyomástartó vasúti gáztartályfenék meghibásodásának vizsgálata.

Szakdolgozatom az LPG (Liquefied Petroleum Gas) vasúti szállítására alkalmas nyomástartó tartály edényfenékek, gyártási nehézségeinek megoldását egy valós reklamáción és megrendelési igényen keresztül mutatom be. Az általános szállításra felhasznált tartályok palettája széles, ezért egy bizonyos termékcsoporthoz a mélydomború 3040 mm átmérőjű, P460NL2 anyagminőségű edényfenékre koncentráltam.

A dolgozat első felében a gyártásra vonatkozó szabványokat és előírásokat ismertetem. Bemutatom a vizsgálati módszereket. Elvégzésük a termék megfelelőségének szempontjából elengedhetetlen, némelyik kötelező. A szabványok és direktívák szabályozzák a geometriai, a kémiai összetétel, a mechanikai tulajdonságok, valamint egyéb, a szállítandó anyag miatt szükséges biztonsági előírásokat. Ismertetem az edényfenék gyártásra vonatkozó alakítási és hőkezelési szakirodalmakat. Ismertetem a reklamáció tárgyát, a kivizsgálás eredményeit.

Saját munkám a további biztonságosan kivitelezhető gyártási technológia kidolgozása, ami megoldja a reklamációban ismertetett eltérést. Ebből a célból három európai hengermű lemezével kísérletezem. Az általam kidolgozott technológiai utasítás közben elvégzett vizsgálatok eredményeit részletesen ismertetem. A megfelelő termék előállításához véleményem szerint elengedhetetlen a meleg technológia. A sík tárcsa hevítőkemencébe kerül. A hevítőkemencébe kerülve 820-840°C-ra hevitem. A sajtoló berendezés alá kb. 760-800°C-osan kerül alakításra. A gyűrűn való teljes átnyomást szakaszos alakítással, többszöri melegítéssel és sajtolással érem el. Ekkor további hidegalakítást írok elő. Mértéke a teljes alakításnak csak töredéke. Az edényfenéket ekkor is hőkezelni kell. Az általam írt technológia helyessége ebben a szakaszban bizonyosodik be. Roncsolásos anyagvizsgálat elvégzéséhez próbatesteket vágok ki a munkadarabból. A próbatestek szakításakor a folyáshatárnak (ReH) minimum 460 N/mm², a szakító szilárdságnak 630-725 N/mm² között kell lennie. Az ütésenergia -40°C-on minimum 27J. Következő lépésben az

előírt roncsolásmentes vizsgálatok elvégzésével bizonyítom a korábban keletkezett hiba kiküszöbölését. A gyártás közben folyadékbehatásos (PT), ultrahangos (UT), mágnesporos (MT) vizsgálatot végeztem.

A kísérleti gyártás sikerrel zárul. A reklamációban szereplő hiba a vizsgált hat darab fenéken nem jelentkezett. Az tervezői dokumentumban írt mechanikai értékeket négy edényfenéknél sikerült produkálni. Hatalmas sikerélmény a megváltoztatott technológia helyessége. A gyártás során nagy hangsúlyt fektettem az előírások betartatásának. A tervező mérnöki kritériumok magasak, gyártástechnológiai követelmények embert próbálóak. A betartásuk kötelező, hiszen 3040mm-es átmérőjű edényfenéket készítünk egy 110m³-es LPG vasúti gáztartályhoz.

Óbudai Egyetem

Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

Anyagtudományi és Gyártástudományi Intézet



10. Summary

Name, Neptun code: János Nádas, PYFPWA

Dissertation title: Investigation of the failure of the heads pressure-bearing railway gas tank.

In my thesis, I would like to present some solutions for production difficulties of bottom side at pressure tank for LPG (Liquefied Petroleum Gas) rail transport through a real complaint and order request. The palette of containers used for general transport is comprehensive, therefore I concentrated on a certain product group, it's deep-convex 3040 mm diameter, P460NL2 material quality container bottom.

In the first half in my thesis, I describe the standards and regulations for production. Will be introduce the test methods. Those tests are fundamentals in order to ensure of the product's conformity, some of them are mandatory. The standards and directives are regulating the geometrical, chemical composition, mechanical properties, and other safety regulations which is required by transported safety regulations. I will describe the technical literature on shaping and heat treatment to produce bottoms of vessel. It will explain the subject of the complaint and the results of the investigation.

My own work is the development of further safely production technology, which also solve the nonconformities mentioned in the complaint. For this reason, I am experimenting with plates from three European rolling mills. I will describe in detail the results of the tests carried out during the technological instruction I developed. In my opinion, that the warm technology is fundamental for the production of the right product.

The flat disc is placed in a heating oven, it's warming up approximately 820-840°C. After it will bring under the pressing equipment, the disk temperature is between 760-800°C. The full pressure through the ring is achieved by intermittent forming, multiple heating and pressing. At that time, I requested further cold forming. The extent of this is only a fraction of the total formation. The bottom of the vessel must also be heat treated. The prescribed technology has correctness will be verified at this stage.

When tearing the test pieces the yield strength (R_{eH}) must be at least 460 N/mm², and the tensile strength must be between 630-725 N/mm². The operation of impact work at -40°C is at least 27J. Into the next step, I demonstrate how is possible to eliminate to the previously created error by performing the prescribed non-destructive tests. During the production, I perform liquid impact (PT), ultrasonic (UT), and magnetic powder (MT) investigation.

Trial production successfully closed. The failure picture (from the complaint) did not appear on the six bottoms tested. With mechanical values written in the design document were re-produced four pot bottoms. The correctness of the changed technology is a huge sense of success. During production, I placed great emphasis on compliance with the regulations. The design engineering criteria are high, the production technology requirements are really chalanging. Compliance with the regulations is mandatory, as we make a 3040mm diameter bottom vessel for a 110m³ LPG railway gas

Felhasznált irodalom

- [1] DIN28013 Gewölbte Böden – Korbbogenform, mit niedrigem zylindrischem Bord
- [2] https://mkeh.gov.hu/piacfelugyeleti_muszaki
- [3] <http://bte.hu/index.php/hu/hungary/vasut-rid>
- [4] <http://szabvanykonyvtar.mszt.hu>
- [5] Dékánné Kovács Judit Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet
1085 Budapest, Baross u. 52. Felelős kiadó: Nagy László főigazgató
- [6] Magyarkúti József Kiadja a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet
1085 Budapest, Baross u. 52. Felelős kiadó: Nagy László főigazgató
- [7] Szabó Ödön: A vas és acélipar gyakorlati metalográfiái 2. átdolgozott bővített kiadás
Műszaki könyvkiadó Budapest 1968
- [8] Billingham-Feldman: A sajtolás és zömítés Műszaki könyvkiadó Budapest 1977
- [9] Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó. Dr Pék Lajos Anyagszerkezetten és anyagvizsgálat 2015.
- [10] https://oszkdk.oszk.hu/storage/00/01/58/93/dd/1/Anyagszerkezetten_es_anyagvizsgalat.pdf



DILLINGER HÜTTE GTS

DILLINAL 460/630

HIGH STRENGTH FINE GRAINED STEEL

Material Data Sheet Edition April 2005

DILLINAL 460/630 is a weldable normalized fine grained steel which is characterised by a minimum yield strength of 460 MPa and a minimum tensile strength of 630 MPa.

DILLINAL 460/630 is mainly applied for the construction of tanks for the transport of liquefied gas with road and rail vehicles where the weight minimisation plays an important role.

Product description

Designation and range of application

DILLINAL 460/630 can be supplied in two qualities: DILLINAL 460/630 N and DILLINAL 460/630 NL. They are modified steels of the type P460 according to EN 10028-3:2003. They are approved in accordance with VdTÜV-material data sheet 531 "Hochfester, legierter Feinkornbaustahl 460/630 für Einsatztemperaturen bis -40 °C" (High Strength Alloyed Fine Grained Steel 460/630 for design temperatures down to -40 °C) for application as:

- pressure vessel installations according to AD2000 series W1/W10 and HP
- tank installations according to RID and ADR

This material data sheet applies to heavy plates with thicknesses from 7 to 20 mm.

Production

BOF-converter process and metallurgical ladle treatment; fully killed, fine grained steel with addition of nitrogen fixing elements.

Chemical composition in %

	C max.	Si	Mn	P max.	S max.	N max.	Al min.	Ni max.	V ¹⁾	Cr ²⁾ max.	Cu max.	Mo ²⁾ max.
Heat	0.20	0.10-0.60	1.00-1.70	0.020	0.005	0.025	0.005	0.40	0.10-0.20	0.30	0.20	0.10
Product	0.22	0.10-0.65	0.94-1.80	0.025	0.008	0.027	0.005	0.45	0.10-0.21	0.35	0.25	0.13

¹⁾ No other microalloying elements except V

²⁾ Cr+Mo ≤ 0,30 % (heat)

Delivery condition

Normalized, unless otherwise agreed.

An additional tempering in accordance with EN 10028-3:2003 (8.2.1) may be necessary.

If the plates are delivered in the as rolled condition (AR) the testing of the mechanical properties is provided on the basis of separately heat treated specimens in the condition normalized and stress relieved (N+S), unless otherwise agreed.

Mechanical properties in the condition N+S

It is assumed that the entire vessel is stress relieved. Accordingly, the verification of the mechanical properties is performed on simulated stress relieved samples.

If no stress relieving of the vessels is scheduled, the testing of the mechanical properties on specimens in the condition normalized (N) or normalized and tempered (N+T) can be agreed upon.

Tensile test at ambient temperature – transverse test specimens – in accordance with EN 10002-1

Plate thickness [mm]	Minimum yield Strength R_{eH} ³⁾ [MPa]	Tensile strength R_m [MPa]	Minimum elongation A_5 %
≤ 20	460	630 - 725	17

³⁾If not apparent, the yield strength $R_{p0.2}$ is indicated in accordance with EN 10028-1.

Impact test on Charpy-V-transverse test specimens in accordance with EN 10045-1

	Test temperature [°C]	Minimum impact values [J]	Minimum impact values [J] ⁴⁾
Dillinal 460/630 N	-20	27	45
Dillinal 460/630 NL	-40	27	45

⁴⁾Only upon special inquiry.

The specified values are minimum values for the average of 3 tests. No individual value is to be less than 70 % of the specified minimum. For plate thickness below 10 mm the test will be carried out on Charpy-V-type specimens with reduced width. The minimum impact value will be reduced proportionally to the reduction of the specimen's cross section.

Testing

Sampling, testing method and tests are in accordance with EN 10028-1, unless otherwise agreed.

The plates are delivered with inspection certificate 3.2 (3.1.A) or under special conditions with 3.1 (3.1.B) in accordance with EN 10204. The kind of the inspection certificate has to be specified on the order.

Identification

Unless otherwise agreed the marking is carried out via steel stamps with at least the following information:

- steel designation (DILLINAL 460/630 N or NL)
- heat number
- number of mother plate and individual plate
- the manufacturer's symbol
- inspector's sign

Processing

The entire processing and application techniques are of fundamental importance to the reliability of the products made from this steel. The user should ensure that his design, calculation and processing methods are aligned with the material, correspond to the state-of-the-art that the fabricator has to comply with and are suitable for the intended use. The customer is responsible for the selection of the material. The recommendations in accordance with EN 1011-2 should be observed.

Formability

The plates can be hot or cold formed. Even in case of appropriate hot forming an additional tempering can be necessary particularly for thin plates due to the accelerated cooling within the forming tool.

Flame cutting and welding

The DILLINAL 460/630 steels' aptitude for flame cutting and welding has been proved. The verification of the toughness properties is performed on welding specimens with basic filler metal and a cooling time $t_{8/5}$ between 8 and 25 seconds. The recommendations in EN 1011-2 should be followed accordingly.

Heat treatment

Generally a stress-relieving treatment is performed on the whole vessel after welding. The stress-relieving treatment should be performed at temperatures between 530 °C to 560 °C. The time-temperature-parameter in accordance with EN 10028-3 must not exceed the value 16.7 for DILLINAL 460/630 N and 16.35 for DILLINAL 460/630 NL. The holding time depends on the purpose and should not exceed 150 minutes even for heat treatments in several cycles. For holding time above 90 minutes the lower limit of the temperature range should be aimed at. Cooling in still air.

The stress-relieving treatment can be omitted if no corrosive media will be transported in the vessels and if allowed by the applicable regulations.

Tolerances

Unless otherwise agreed, tolerances are in accordance with EN 10029, with class B for the thickness.

Surface quality

Unless otherwise agreed, the provisions in accordance with class B2 of EN 10163-2 are applicable.

General technical delivery requirements

Unless otherwise agreed, the general technical delivery requirements in accordance with EN 10021 apply.

General note

If special requirements, which are not listed in this material data sheet, are to be met by the steel due to its intended use or processing, these requirements are to be agreed before placing the order. The information in this data sheet is a product description. This data sheet is updated as occasion demands. The latest version is available from the mill or as download at www.dillinger.de.

Sales organisations:**Germany**

Vertriebsgesellschaft
Dillinger Hütte GTS
Postfach 104927
D-70043 Stuttgart
Tel: +49 7 11 61 46-300
Fax: +49 7 11 61 46-221

France

DILLING-GTS Ventes
Immeuble Pacific
TSA 10001
F-92070 La Défense CEDEX
Tel: +33 1 41 25 87 28
Fax: +49 68 31 47 99 90 09

For your local representative
please contact our coordination
office in Dillingen:

Tel: +49 68 31 47 23 85
Fax: +49 68 31 47 99 24 72

AG der Dillinger Hüttenwerke

Postfach 1580

D-66748 Dillingen/Saar

e-mail: info@dillinger.biz

<http://www.dillinger.de>

Tel: +49 68 31 47 34 50

Fax: +49 68 31 47 99 34 50

Schmelze Nr.\ Charge number	Probe Nr.\ Test number	Zeichen\ Sign	Maß vor dem Bruch\ Dimension before tearing					Belastung an der Streckgrenze\ Loading at yield point	max. Belastung\ Max.loading	Schreckgrenze\ Yieldpoint	Zugfestigkeit \ Tension strength	Dehnung\ Extension	Kontraktion\ Contraction	Biegefestigkeit\ Bending strength	Streckgrenze\ Yieldpoint	Prüftemperatur\ Temperature		ISO-V / 300		
			d	a	b	S ₀	L ₀	F	Fm	ReH	Rm	A	Z	δBh	ReH		Prüf-temp.\ Temp	Einzelwerte\ Values		Mittelwert\ Avg.
			mm			mm²	mm	kN	kN	N/mm²	N/mm²	%	%	N/mm²	N/mm²	°C	°C	J		
Nlmk		1		13,7	8,1	111,0	59,20	55,7	69,8	501,9	629,0	22,0								
		2		13,9	8,0	111,2	59,26	53,6	67,8	482,0	609,7	22,0								
Galatti		3		17,1	10,1	172,7	73,86	87,4	109,3	506,1	632,9	24,0								
		4		17,0	9,6	163,2	71,80	84,0	105,1	514,7	644,0	27,0								
Ilsenburg		5		16,4	12,0	196,8	78,84	100,0	130,0	508,1	660,6	25,0								
		6		16,3	12,0	195,6	78,60	94,1	124,5	481,1	636,5	27,0								

Arbeits nr.\Job		Nennung\ Name of product:							Zeichnungsnr.oder Größe\ Dimension:			Zeugnisnr\Voucher number:				
		sajtolt														
Schmelze Nr.\ Charge number	Probe Nr.\ Test number	Zeichen\ Sign	Zugprobe\ Tearing test							Kerbschlagprobe\ Impact strength test						
			Maß vor dem Bruch\ Dimension before tearing					Belastung an der Streckgrenze\ Loading at yield point	max. Belastung\ Max.loading	Schreckgrenze\ Yieldpoint	Zugfestigkeit \Tension strength	Dehnung\ Extension	ISO-V / 300			
			d	a	b	S ₀	L ₀	F	Fm	ReH	Rm	A	Einzel- werte\ Values		wert\ Avg.	
			mm			mm ²	mm	kN	kN	N/mm ²	N/mm ²	%	J			
Sajtolt																
NLMK		1		15,1	7,8	117,8	60,9919	53,0	89,0	450,0	755,6	25,0	13	16	9	12,6667
		2		15,0	7,7	115,5	60,3987	51,0	88,3	441,6	764,5	24,0	18	21	15	18
Galatti		3		15,2	7,7	117,0	60,8	57,9	85,7	494,7	732,2	24,0	11	17	13	13,6667
		4		15,0	7,6	114,0	60,0052	56,1	88,8	492,1	778,9	15,0	14	10	22	15,3333
Ilseburg		5		15,2	8,1	123,1	62,3592	59,3	95,3	481,6	774,0	15,0	24	17	20	20,3333
		6		15,3	7,9	120,9	61,7868	55,9	83,6	462,5	691,7	20,0	21	15	23	19,6667

Arbeits nr.\Job number:		Nennung\ Name of product:						Zeichnungsnr.oder Größe\ Dimension:						Zeugnisnr\Voucher number:			
Schmelze Nr.\ Charge number	Probe Nr.\ Test number	Zeichen\ Sign	Zugprobe\ Tearing test										Kerbschlagprobe\ Impact strength test				
			Maß vor dem Bruch\ tearing				Belastung an der Streckgrenze\ Loading at yield point	max. Belastung\ Max.loading	Schreckgrenze\ Yieldpoint	Zugfestigkeit \Tension strength	Dehnung\ Extension	Kontraktion\Contracti on	ISO-V 10 / 300				
		a	b	S ₀	L ₀	F	Fm	ReH	Rm	A	temp	Einzel- werte\ Values		Mittel- wert\ Avg.			
	mm			mm ²	mm	kN	kN	N/mm ²	N/mm ²	%	°C	J					
									460	630-725	17	40					
		NLMK	1	15,5	9,0	139,5	66,377886	65,6	89,3	470,3	640,1	20,0	-43	19	16,5	14,3	16,6
			2	15,6	9,0	140,4	66,591664	66,3	88,9	472,2	633,2	19,0	-42	21	22	16	19,7
		Galatti	3	15,1	9,4	141,9	66,955879	76,6	92,1	539,7	648,9	17,0	-44	24,7	27	23,5	25,1
			4	15,4	9,3	143,2	67,257102	84,0	95,3	586,5	665,4	17,0	-40	29	23	25,9	26,0
		Ilseburg	5	15,2	9,3	141,4	66,81894	94,2	117,0	666,4	827,7	16,0	-41	25,4	22	19	22,1
			6	14,7	9,4	138,2	66,063094	93,7	107,0	678,1	774,4	17,0	-41	18,5	24	20,7	21,1

Arbeits nr.\Job number:		Nennung\ Name of product:							Zeichnungsnr.oder Größe\ Dimension:				Materialgüte	Zeugnisnr\ Voucher number:				
Schmelze Nr.\ Charge number	Probe Nr.\ Test number	Zeichen\ Sign	Zugprobe\ Tearing test										Kerbschlagprobe\ Impact strength test					
			Maß vor dem Bruch\ tearing					Belastung an der Streckgrenze\ Loading at yield point	max. Belastung\ Max.loading	Schreckgrenze\ Yieldpoint	Zugfestigkeit \Tension strength	Dehnung\ Extension		ISO-V 10 / 300				
			d	a	b	S ₀	L ₀	F	F _m	ReH	R _m	A	Prüf- temp.\Tem p	Einzel- werte\ Values			Mittel- wert\ Avg.	
			mm			mm ²	mm	kN	kN	N/mm ²	N/mm ²	%	°C	J				
												460	630-725	17	-40			27
NLMK		1		15,1	8,2	123,8	62,5	56,9	75,3	459,5	608,1	17,5	-42	160	96	175	143,66667	
		2		15,0	7,9	118,5	61,2	55,1	69,5	465,0	586,5	17,0	-40	152	113	104	123	
Galatti		3		15,3	8,2	125,5	62,9	65,1	85,0	518,9	677,5	18,5	-41	146	130	116	130,66667	
		4		15,5	8,1	125,6	63,0	65,8	80,6	524,1	642,0	20,0	-41	133	160	134	142,33333	
Ilseburg		5		15,1	7,9	119,3	61,4	67,8	78,6	568,4	658,9	18,0	-40	153	105	170	142,66667	
		6		15,2	8,2	124,6	62,7	64,1	83,5	514,3	669,9	18,0	-41	66	54	92	70,66667	

Arbeits nr.\Job number:		Nennung\ Name of product:							Zeichnungsnr.oder Größe\ Dimension:				Materialgüte	Zeugnisnr\Voucher number:				
Schmelze Nr.\ Charge number	Probe Nr.\ Test number	Zeichen\ Sign	Zugprobe\ Tearing test									Kerbschlagprobe\ Impact strength test						
			Maß vor dem Bruch\ tearing Dimension before					Belastung an der Streckgrenze\ Loading at yield point	max. Belastung\ Max.loading	Schreckgrenze\ Yieldpoint	Zugfestigkeit \Tension strength	Dehnung\ Extension		ISO-V 10 / 300				
			d	a	b	S ₀	L ₀	F	Fm	ReH	Rm	A	Prüf- temp.\Tem p	Einzel- werte\ Values		Mittel- wert\ Avg.		
			mm			mm ²	mm	kN	kN	N/mm ²	N/mm ²	%	°C	J				
Próbatestek hőfokai.										460	630-725	17	-40	27				
	860	1		14,9	8,3	120,0	62,5	54,2	70,3	451,7	585,8	17,5	-42	39	35	36	36,666667	
	860	2		15,3	8,1	123,9	63,7	56,8	75,9	458,3	612,4	17,0	-41	29	37	28	31,333333	
860 1mp	600 megeresztés			15,1	8,2	123,8	63,3	58,2	78,4	470,0	633,2	17,2	-41	25	32	28	28,333333	