



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem

Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

A SZERSZÁMACÉLOK HŐKEZELÉSI PARAMÉREINEK OPTIMALIZÁLÁSA A SZERSZÁM LEGKEDVEZŐBB TULAJDONSÁGAINAK ELÉRÉSE CÉLJÁBÓL

OE-BGK
2022.

Hallgató neve:
Hallgató törzskönyvi száma:

Név: Ringeisz István
T005220/FI12904/B



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

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

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Ringeisz István
Szakdolgozat száma: SZD21020512437631
Törzskönyvi száma: T005220/FI12904/B

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: gépészmérnöki
Specializáció: gépészmérnöki - CAD-CAM-CNC

A dolgozat címe: A szerszámacélok hőkezelési paramétereinek optimalizálása a szerszám legkedvezőbb tulajdonságainak elérése céljából

A dolgozat címe angolul: The tool steels heat treatment parameters optimization to achieve the favorable properties of the tool

A feladat részletezése: 1. Tekintse át a szakirodalom alapján a szerszámacélok választékait, felhasználási területeit és tulajdonságait!

2. Ismertesse a szerszámacélok hőkezelési technológiáit!

3. Tanulmányozza a hőkezelési paraméterek hatásait a szerszámacélok tulajdonságaira!

4. Válasszon ki egy szerszámacél minőséget, határozza meg annak az optimális hőkezelési diagramját!

5. Végezze el a kiválasztott minőségű szerszámacél hőkezelését a meghatározott diagram alapján!

6. Végezzen vizsgálatokat a hőkezelt próbatesten és értékelje az eredményeket!

Intézményi konzulens neve: Dr. Tóth László

Külső konzulens neve: ~~Uri Szabó Dezső~~
Munkahelye: ~~Titán'94 Kft~~

Külső konzulens neve: ~~Dr. Bitay Enikő, Sapientia~~
Munkahelye: ~~Erdélyi Magyar Tudományegyetem~~

A kiadott téma elévülési határideje: 2022. 12. 15.

Beadási határidő: 2022. 12. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2022. 10. 31.

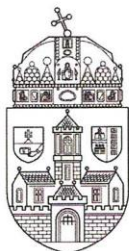


Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:

belső konzulens

.....
külső konzulens



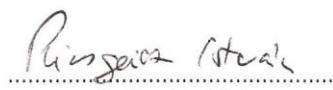
ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

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

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott 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, 2022.12.13.


.....
hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés.....	1
2.	Tekintse át a szakirodalom alapján a szerszámacélok választékát, felhasználási területeit és tulajdonságait	2
2.1	Szerszámacélok:	2
2.2	Ötvöztelen szerszámacélok.....	2
2.3	Hidegalakító szerszámacélok.....	4
2.4	Melegalakító szerszámacélok	6
2.5	Műanyagalakító szerszámok.....	8
2.6	Gyorsacélok	9
3.	Ismertesse a szerszámacélok hőkezelési technológiáit	11
3.1	Lágyítás.....	11
3.2	Újrakristályosító lágyítás	11
3.3	Teljes lágyítás	12
3.4	700°C alatti hőmérsékletű lágyítás.....	13
3.5	Izotermás lágyítás.....	13
3.6	Edzés.....	14
3.7	Megeresztés.....	15
3.8	Feszültségcsökkentő izzítás	16
3.9	Normalizálás.....	17
3.10	Mélyhűtés	18
4.	Tanulmányozza a hőkezelési paraméterek hatásait a szerszámacélok tulajdonságaira	19
4.1	Hevítés:	19
4.2	A hőntartás ideje:	20
4.3	Hűtés:.....	21
4.4	Hűtőközegek:	22
4.5	Víz, mint hűtőközeg:	22
4.6	Olaj:	22
4.7	Sófürdők:	23
4.8	A levegő és gázok hőhatása:	23

4.9	Gáz technológiák:.....	23
4.10	Védőgázok:.....	24
4.11	Vákuumtechnológia:	24
5.	Válasszon ki egy szerszámacél minőséget, határozza meg annak az optimális hőkezelési diagramját	26
6.	Végezze el a kiválasztott minőségű szerszámacél hőkezelését a megtervezett diagram alapján.....	31
7.	Végezzen vizsgálatokat a hőkezelt próbatesten és értékelje az eredményeket	34
8.	Összefoglalás	39
9.	Summary	40
10.	Irodalomjegyzék	41

1. BEVEZETÉS

Azért választottam ezt a témát, mert mindig is érdekelték a hőkezelési technológiák. Tanulmányaim alatt ez az érdeklődés csak tovább erősödött bennem. Szerettem volna még jobban elmélyülni ebben a témában.

Témaválasztásomban a szakmai kíváncsiság vezérelt, amikor kiválasztottam ezt a témát. Külön motivált az is, hogy rengeteg szakmai irodalom található a témában amiket fel tudok használni a dolgozatomban.

Dolgozatomban be szeretném mutatni a 1.2379 anyagminőségű erősen ötvöztött acél tulajdonságait, optimális hőkezelését és diagramját. Különböző próbatestek segítségével vizsgálatokat végzek. Amiket kiértékelek.

A dolgozatom hat fő részre tagolódik. A dolgozatom első felében bemutatóm a szakirodalom segítségével a különböző szerszámacélok hőkezelési eljárásait. A második részében vizsgálatokat végzek, elemzem és értékelem a kapott eredményeket.

Köszönetet mondok Dr. Tóth László tanár úrnak, aki az elejétől fogva segített az elméleti és gyakorlati információkkal. Megosztotta velem a szakmai tapasztalatait, észrevételeit. Neki köszönhetem, hogy értékes tudásra tettem szert amit felhasználhattam a szakdolgozatom írásánál.

2. TEKINTSE ÁT A SZAKIRODALOM ALAPJÁN A SZERSZÁMACÉLOK VÁLASZTÉKÁT, FELHASZNÁLÁSI TERÜLETEIT ÉS TULAJDONSÁGAIT

2.1 Szerszámacélok:

Szerszámacélok csoportosítása:

- ötvözetlen;
- ötvözött: - hidegalakító szerszámacélok;
- melegalakító szerszámacélok;
- műanyagalakító szerszámacélok;
- gyorsacélok. [1]

Számos követelményeket támasztanak a szerszámacélokkal szemben:

- szívósság;
- mérettartóság;
- átedzhetőség;
- kopásállóság;
- éltartósság;
- keménység;
- ütéssel szembeni ellenállás;
- szilárdság;
- csekély alak és méretváltozás hőkezeléskor;
- megfelelő hővezető képesség. [1]

2.2 Ötvözetlen szerszámacélok

Azokat az acélokat tekintjük ötvözetlen szerszámacéloknak, amelyeknek a C tartalma 0,4-1,4% között van és nem tartalmazzak szándékosan bevitt ötvözőket. Ebbe a csoportba tartozó acélok a keménységét edzett állapotban a martenzit keménysége határozza meg. Alacsony hőmérsékletű megeresztés követően a martenzit megeresztődik és csökken a keménysége. Az átedzhetőség kicsi. Az ötvözetlen szerszámacélok jelölése, ötvöző tartalmukat és keménységüket az 1. táblázat mutatja be. [1]

Számos felhasználási területük létezik:

- menetfúrók;
- vésők, pontozók;
- borotva és késpengék;
- reszelők, fejszék. [1]

1.táblázat: Ötvöztelen szerszámacélok jelölése, C, Mn tartalmuk, keménységük [1]

EN jele	Korábbi MSZ jele	Anyagszám	C, [%]	Mn, [%]	Edzett min. HV	Lágyított max. HV
C45U	S 45	1.1730	0.42-0.50	0.6-0.8	600	190
	S 60		0.57-0.65	0.6-0.8	700	190
C70U	S 71	1.1520	0.65-0.74	0.15-0.30	850	185
C80U	S 81	1.1525	0.75-0.84	0.15-0.30	850	190
C90U	S 91	1.1535	0.85-0.94	0.15-0.30	850	195
	S 101		0.95-1.04	0.15-0.30	940	200
C105U	S 111	1.1545	1.05-1.14	0.15-0.30	940	210
C120U	S 121	1.1555	1.15-1.24	0.15-0.30	940	215
	S 131		1.25-1.40	0.15-0.30	1000	220

Jellemző tulajdonságaik:

- szívósabbak azok az acélok amelyeknek alacsony a karbontartalmuk;
- kis mértékű átedződés;
- akár 10-30%-ot is elérheti a maradék ausztenit mennyisége az edzés után;
- 200°C-ot nem érheti el a felhasználási hőmérsékletük.

Az ötvöztelen szerszámacélok alkalmazási területeit a 2. táblázat mutatja be.[1]

2.táblázat: Ötvözetlen szerszámacélok alkalmazási területei [1]

C45U	1.1730	Építőipari szerszámok, ásók, sarlók, csekély igénybevételű kéziszerszámok
C70U	1.1520	Kalapácsok, háztartási kések, satupofák, számos kéziszerszám
C80U	1.1525	Fúrók, kések, faipari kéziszerszámok, kör és szalagfűrészek
C90U	1.1535	Gyalukések, kotrógépek, kézi lemezollókések
C105U	1.1545	Reszelők, gravírmárók, fúrók, gyalukések, vésők
C120U	1.1555	gumi iparihengerek, szalagfűrészek

2.3 Hidegalakító szerszámacélok

Karbon tartalmuk 0,6%-1,4% között van. A maradék ausztenit mértéke 10-30% is lehet edzés után. Kedvezőbb a szívóssága azoknak a hidegalakító szerszámacéloknak, amelyek kis karbon tartalommal rendelkeznek. Főként, akkor szokták alkalmazni a hidegalakító szerszámacélokat, amikor az üzemi hőmérséklet nem haladja meg a 200°C-ot. Romlik a keménységük, ha ennél magasabb hőmérsékleten alkalmazzák ezeket az acélokat. Leginkább koptató és nyomó igénybevételek érik ezeket az acélokat. Főbb ötvözőik a Mn, Mo, Cr, Ni, V, W.

Alapanyag gyártási eljárások közül a hagyományos ívfényes acélgyártáson kívül széles körben alkalmazzák az átolvasztott gyártási technológiákat mint például az elektrosalakos eljárást (pl.Böhler Isodur) vagy a porkohászati úton gyártott alapanyagot mely a Böhlernél a Microclean elnevezést kapta. A hidegalakító szerszámacélok megjelölését, ötvözőit és alkalmazási területeit a 3. táblázat mutatja be. [2]

Fontosabb tulajdonságaik az alábbiak: - nagy keménység;

- jó szívósság;
- megfelelő megmunkálhatóság;
- nagy rugalmassági határ;
- nyomással és ütéssel szembeni ellenállóság;
- csekély alak és méretváltozás hőkezeléskor;
- jó kopásállóság. [2]

Csoportosítása a hidegalakító szerszámacéloknak:

- eutektoidos mangánacélok (pl.:70MnMoCr8);
- króm-wolfrám ötvöztetésű hipoeutektoidos acélok (pl.: 60WCrV8);

- krómmal gyengén ötvözött hipereutektoidos acélok (pl.: 102Cr6);
- nagy króm tartalmú erősen ötvözött ledeburitos acélok (pl.: X153CrMoV12). [2]

Számos felhasználási területei vannak a hidegalakító szerszámacéloknak:

- hidegfolyató szerszámok;
- hajlító szerszámok;
- kivágó- és lyukasztószerszámok;
- mángorló szerszámok;
- hideghengerek;
- szerszámtartók;
- érmeverő szerszámok;
- porsajtoló szerszámok;
- menethengerlő szerszámok;
- szerszámtartók, görgők;
- hidegsajtoló szerszámok;
- hidegfolyató szerszámok;
- húzószerszámok. [2]

3.táblázat: hidegalakító szerszámacélok megnevezése, ötvözők és alkalmazásuk [2]

Böhler megnevezés	C [%]	Si [%]	Mn [%]	Cr [%]	Mo [%]	V [%]	Alkalmazás
K100	2,00	0,25	0,35	11,50	-	-	vágó-kivágó szerszám
K105	1,60	0,35	0,30	11,50	0,60	0,30	olló, körkés
K107	2,10	0,25	0,40	11,50	-	-	sorjázó, üregelőtüske
K110	1,55	0,30	0,30	11,30	0,75	0,75	vágó-kivágó szerszám
K245	0,63	1,10	1,10	0,60	-	-	szorító/feszítő szerszám
1.2363	1,00	0,30	0,60	5,20	1,10	0,30	menethengerlő
K340	1,10	0,90	0,40	8,30	2,10	0,50	vágó-kivágó szerszám
K353	0,82	0,70	0,40	8,00	1,60	0,60	furnérkések

2.4 Melegalakító szerszámacélok

A melegalakító szerszámacéloknak nevezzük azokat az acélokat amelyek üzemelésük közben is tartósan elviselik a 200°C feletti hőmérsékletet. 200°C feletti hőmérséklet olyankor jön létre, amikor a szerszámacél érintkezik a megmunkált forró anyagokkal. [2]

Főbb ötvözői: Cr, Mo, W, Ni, Co

Számos követelmény támasztunk a melegalakítóacélokhöz:

- jó hővezető képesség;
- termikus kifáradással szembeni ellenállás;
- jó forgácsolhatóság;
- nagy melegszilárság;
- jó melegszívósság;
- csekély hőkezelési méretváltozás;
- jó ellenállás a folyékony fém okozta erózióval;
- egyszerű hőkezelés;
- megeresztés állóság;
- esetenként bevonatolhatóság;
- nagy melegkopásállóság. [1,2]

A melegalakító szerszámacélok főbb csoportjai:

- sorjázószerszámok;
- kovács és sajtolósüllyesztékek;
- fémöntő szerszámok, kokillák és nyomásos öntőszerszámok;
- rúd és csősajtoló szerszámok. [1]

A melegalakító szerszámacélok szállítása általában lágyított állapotban történik. Lágyított állapotban végzik a megmunkálást. Csak a megmunkálás után következik a hőkezelés. Kedvező tulajdonságai miatt egyre gyakoribb, hogy a melegalakító szerszámacélokat használják műanyagalakító szerszámokhoz. [2]

Gyártási eljárásai között a hagyományos mellett (Böhler ISODISC) széleskörben alkalmazzák az elektrosalakos átolvasztást (Böhler ISOBLOC), a vákuumos átolvasztást (Böhler VMR), melynek hatására homogénebb, tisztább, keresztmetszetükben egyenletesebb szívósságú alapanyagot kapunk mely tulajdonságok hatására jelentősen hosszabb élettartalmú szerszámokat gyárthatunk. A melegalakító szerszámacélok alkalmazási területeit, ötvözőit és keménységüket a 4. táblázat mutatja be. [2]

4.táblázat: melegalakító szerszámacélok alkalmazási területei, jelölésük és keménységük. [2]

Szerszámelem megnevezése	Megmunkált ötvözet	Böhler jel illetve EN- számjel	Keménység, szívósság
öntőkamra	Al, Mg	W300, W400, W302, W303, W404	44-48 HRC
		W360	50-56 HRC
	Cu	W320, W321, W303, W403	40-44 HRC
		W360	48-52 HRC
öntődugattyú	Al, Mg	W300, W400, W302	42-46 HRC
	Cu	W320, W321	38-43 HRC
		W360	48-52 HRC
formák és formabetétek	Zn, Sn, Pb	W300, W400, W302	44-48 HRC
	Al, Mg	W300, W400, W302, W303, W403	44-48 HRC
	Al	W720	55 HRC
	Cu	W320, W321, W303, W403	40-44 HRC
		W360	48-52 HRC
magok, mozgó betétek, mozgó magok	Al, Mg	W300, W400, W302, W303, W403	44-48 HRC
		W360	50-56 HRC
	Cu	W320, W321, W303, W403	40-44 HRC
		W360	48-52 HRC
szerszámkeretek	-	M200/M238	1000 Mpa
s kilövő tartólapok	-	1.1730	650 MPa
kilökök	-	W302	43-50
		W360	50-56

2.5 Műanyagalakító szerszámok

Nagy sajtoló nyomással, nem túl magas hőmérsékleten történik a műanyagok alakítása. Általában 200-400°C között történik a műanyagalakítás. Jellemzően bonyolult alakúak a szerszámok. Sajtolás közben erős koptató, erodáló, korróziós hatás éri a szerszámokat. [1]

Főbb tulajdonságai a műanyagalakító szerszámoknak:

- jó hővezető képesség;
- hőállóság;
- szikraforgácsolhatóság;
- krómozhatóság;
- jó forgácsolhatóság;
- korrózióállóság;
- átedzhetőség;
- hegeszthetőség;
- fotomarathatóság;
- PVD bevonatolhatóság;
- jó kopásállóság;
- jó polírozhatóság. [1]

Felhasználási területei a műanyagalakító szerszámoknak:

- melegen alakító eljárás szerszámai;
- szerszám normáliák;
- flakonfúvó szerszámok;
- fröccsöntő szerszámok;
- extrudáló szerszámok. [1-2]

Főbb acéltípusok műanyagalakító szerszámokhoz:

- előnemesített acélok;
- ötvözetlen szerszámacélok;
- edzhető, korrózióálló acélok;
- betétben edzhető acélok;
- nitridálható acélok;
- hideg és melegalakító ötvözött szerszámacélok. [1,2]

A műanyagalakító szerszámacélokgyárthatók hagyományos utón, elektrosalakos átolvasztással (Böhler ISOPLAST), vákuumos átolvasztással (Böhler VMR), illetve porkohászati utón (Böhler MICROCLEAN). A műanyagalakító szerszámacélok jelöléseit, ötvözőit és alkalmazási területeit az 5. táblázat mutatja be. [2]

A műanyagalakító szerszámok közül egyeseket előnemesített állapotban forgalmazzák, így 30-42 HRC keménységűek és megmunkálás után nem szükségeltetik hőkezelés. Ilyenek pl. az M200, M201, M238, M268VMR, M261, M461, M303, M314, M315 Böhler minőségek.

5. táblázat: műanyagalakító szerszámacélok jelölése, ötvözők és alkalmazásuk [2]

Böhler megnevezés	C [%]	Si [%]	Mn [%]	Cr [%]	Mo [%]	Ni [%]	Alkalmazás
1.1730	0,45	0,30	0,70	-	-	-	alátétlapok
1.2162	0,21	0,30	1,30	1,20	-	-	fogaskerek
1.2764	0,19	0,30	0,30	1,30	0,20	4,10	fröccsöntő szerszámok
Böhler M200	0,4	0,40	1,50	1,90	0,20	-	gumialakító szerszámok
1.2311	0,4	0,30	1,50	1,90	0,20	-	gumialakító szerszámok
Böhler M238	0,38	0,30	1,50	2,00	0,20	1,10	szerszámkeretek
Böhler M268	0,38	0,30	1,50	2,00	0,20	1,10	sajtoló szerszámok

2.6 Gyorsacélok

Ezeket az acélokat főként forgácsolásra és alak kialakításra alkalmazzák. Erősen ötvözött acélok, akár 20-30%-ban tartalmaznak ötvözőket. Magas hőmérsékleten is megőrzik a keménységüket. Megeresztésállóak 600°C-ig.

Manapság a korszerű tömegtermelésben egyik meghatározó formaadó eljárás a forgácsolás. Szinte minden szerszámot gyorsacélból készítenek a kedvező tulajdonságai miatt. A gyorsacélok jelölése, ötvözőit és alkalmazási területeit a 6. táblázat mutatja be. [1,2]

Gyorsacélok jellemzői:

- jó szívósság;
- edzhetőség és átvezethetőség;
- nagy kopásállóság;
- nagy keménység;
- megeresztésállóság.

Fontosabb ötvözői: Al, C, Co, Cr, Mo, V, W

Felhasználási területei:

- menetfúrók;
- dörzsárak;
- marók;
- csigafúrók;
- esztergakések;
- lyukasztó és kivágó bélyegek;
- menetmetszők. [1-2]

6.táblázat: gyorsacélok Böhler jelölése, ötvöző tartalmuk és alkalmazási területük [2]

Megnevezés	C [%]	Si [%]	Mn [%]	Cr [%]	Mo [%]	V [%]	W [%]	Co [%]	Alkalmazás
S500	1,10	0,50	0,20	3,90	9,20	1,00	1,40	7,80	dörzsár, üregelő
S600	0,90	0,25	0,30	4,10	5,00	1,80	6,20	-	menetvágó, metsző
S705	0,92	0,40	0,30	4,10	5,00	1,90	6,20	4,80	gyalukés, profilkés
S290	2,00	0,50	0,30	3,80	2,50	5,10	14,30	11,00	marók
S390	1,64	0,50	0,30	4,80	2,00	4,80	10,40	8,00	alakító bélyegek
S590	1,29	0,60	0,30	4,20	5,00	3,00	6,30	8,40	finom kivágók
S690	1,35	0,60	0,30	4,10	5,00	4,10	5,90	-	alakító bélyegek
S790	1,29	0,60	0,30	4,20	5,00	3,00	6,30	-	finom kivágók

3. ISMERTESSE A SZERSZÁMACÉLOK HŐKEZELÉSI TECHNOLÓGIÁIT

3.1 Lágycítás

Célszerű lágycítani, ha az acél keménysége nagyobb a kívántnál. Egyensúlyi állapothoz közeli állapotba hozása a lágycítás célja. Könnyebben forgácsolhatóak az acélok, ha előtte lágycítást alkalmazunk.

Megnövekedett keménységet okozhat a, ha a hidegalakított terméket alakítjuk illetve, ha a melegalakítás utáni hőkezelés lehűtése ilyen sebességű. Ilyenkor részlegesen beedződött az acél.

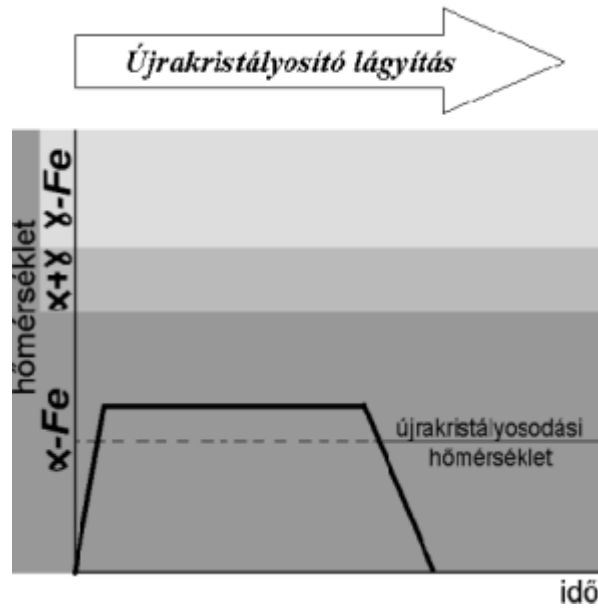
Lágycítást alkalmazunk főként hidegalakított termékeknél és az ötvözött acéloknál amiket melegalakítás után levegőn való lehűtés követ.

Kivitelezése 700-800°C-ról lassan visszahűteni a kemencében. Azokat az acélokat amik erősen ötvözöttek azokat magas hőmérsékleten ún. diffúziós lágycítást alkalmaznak. [3]

3.2 Újrakristályosító lágycítás

Hőkezelésnél alakítatlan szemcsék képződnek az alakított szemcsék kárára hidegalakított termékeknél. A szemcseméret függ a hevítés hőmérsékletétől és a időtartamától. Cél a finomszemcsés állapot elérése. Előfordulhat, hogy csak részleges lágycítást igényel a termék, ilyenkor elég a részleges újrakristályosítás is. Az 1. ábra mutatja be az újrakristályosító lágycítás T-t diagramját.

Ellenőrzés céljából keménység és szakító vizsgálat ajánlott. [3]

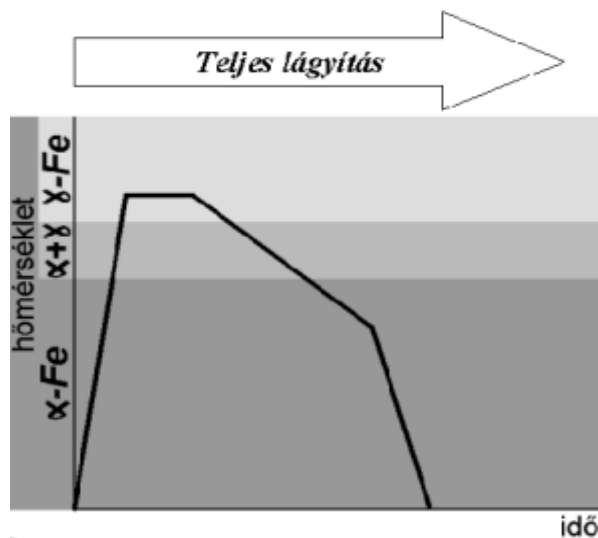


1. ábra: Újrakristályosító lágyítás T-t diagramja[3]

3.3 Teljes lágyítás

Teljes lágyítással lehet az edzett vagy részlegesen beedződött darabokat egyensúlyi állapotba hozni, ha szeretnénk még forgácsolást vagy hőkezelést alkalmazni.

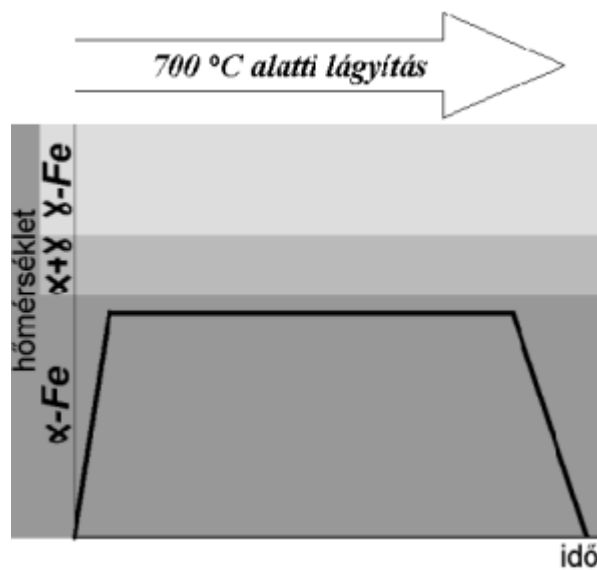
Hevítés során elkell érni a gammaállapot hőmérsékletét. Ezután lassú hűtés következik ameddig a gamma-alfa átalakulás végre nem megy 600°C-ig. Hűtés sebességétől függ a lágyulás. Levegőn folytatjuk a hűtést. Ötvözött melegalakított acéloknál végzünk teljes lágyítást, hogy forgácsolhatók legyenek. A 2. ábra mutatja be a teljes lágyítás T-t diagramját. Brinell keménység méréssel ellenőrizhetjük a kapott keménységet. [3]



2. ábra: Teljes lágyítás T-t diagramja [3]

3.4 700°C alatti hőmérsékletű lágyítás

Sikertelenül hőkezelt készre forgácsolt alkatrészeket szükséges újból hőkezelní, de előtte lágyítást kell alkalmazni rajtuk. Vetemedést és méretváltozás mehet végbe gamma-alfa átalakulás közben . A magas hőmérséklet miatt felületi revésedés és dekarbonizálódás is keletkezhethet ami rontja a hőkezelés eredményét. Ennek a kivédésére ausztenítesedést még nem okozó hőmérsékleten végzik el a lágyítást, hosszabb hőntartással. Hőntartás közben lágyul meg az edzett vagy részlegesen beedződött acél. Ismét egyensúlyi állapotba kerül. A teljes lágyításnál drágább eljárás. A 3. ábra mutatja a be a 700°C alatti hőmérsékletű lágyítás T-t diagramját. [4]



3.ábra: 700°C alatti lágyítás T-t diagramja [3]

3.5 Izotermás lágyítás

Képlékeny alakításhoz és forgácsoláshoz optimális szövetszerkezet és keménységű állapot létrehozáshoz alkalmazzák.

Ausztenítesítés után gyorshűtés, majd hőntartás, ameddig az átalakulás nem teljes. Ezután levegőn hűtés.

Izotermás lágyítás után egyenletes lemezvastagságú perlitet kapunk. Gyorsabb a folyamatos hűtésű lágyításnál.

Izotermás lágyítás után nem lesz homogén a keménység a kevésbé ötvözött és nagy keresztmetszetű daraboknál.

Csak kisméretű és bonyolult alkatrészek forgácsolása előtt alkalmazzák.

Mindig a képlékenyalakítás előtt végzik [4]

3.6 Edzés

Az edzés az acél maximális keménységének elérésére szolgál. Az acél edzésével martenzites szövetszerkezetet hozunk létre. Ausztenit gyors hűtése után martenzitet kapunk.

Kompromisszumos módon lehet csak meghatározni, az ausztenitesítés hőmérsékletét és a idejét és a lehűlés sebességét.

Számos feltételnek kell teljesülnie a megfelelő edzéshez.

megfelelő mennyiségű C-t kell tartalmaznia az acélnak (minimum 0,25%-t)

ausztenites szövetszerkezetű legyen az acél a hűtés megkezdése előtt

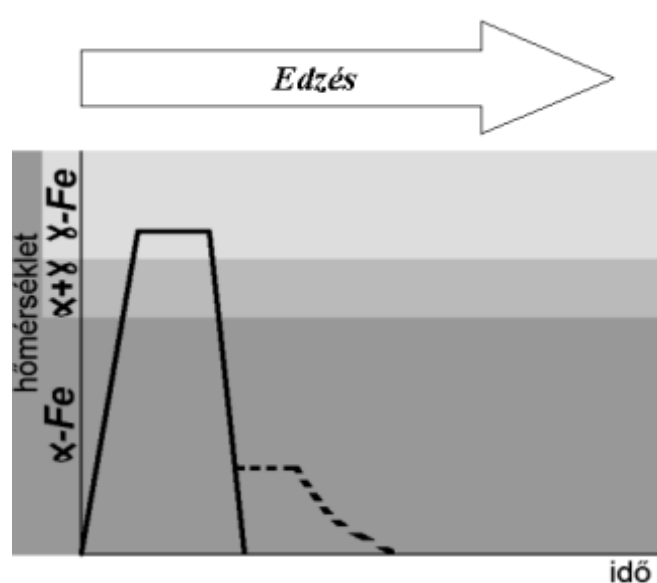
a darab belsejében nagyobb legyen a hűtési sebesség V_{kf} -nél

ausztenit nem maradhat vissza hűtés után

Az acélok edzhetősége olyan tulajdonság melynek során az acélt megfelelő hőfokra melegítve, majd az ezt követő gyors hűtés következményeképpen megkeményedik.

Az acélok átedzhetőségéről, akkor beszélünk amikor az acélt edzéssel elérhető keménysége a teljes keresztmetszetben megfigyelhető. A 4. ábra mutatja be az edzés T-t diagramját.

Edzési feszültség keletkezik a munkadarabban, ha méretcsökkenés vagy növekedés gátolva van. [4]



4.ábra: Edzés T-t diagramja [3]

3.7 Megeresztés

Megeresztés az edzés során kialakult feszültség csökkentésére szolgál. Ezzel megakadályozzuk, hogy a munkadarab rideg maradjon.

Alacsony hőmérsékletű megeresztésről, akkor beszélünk, ha 100-250°C végezzük el.

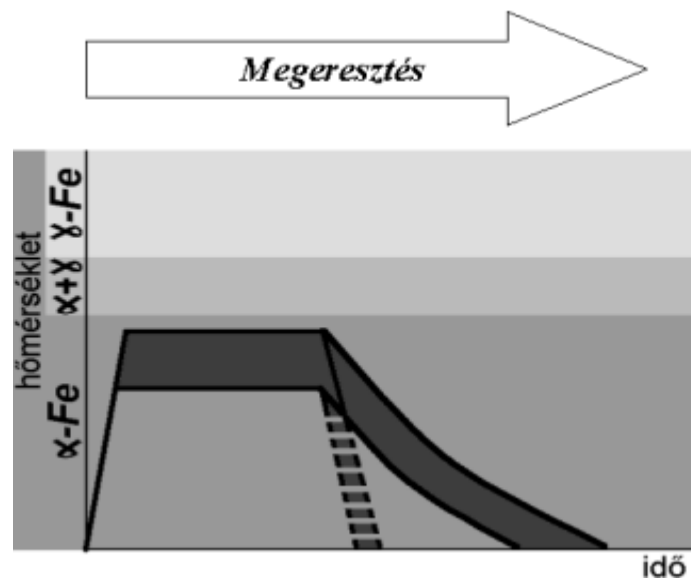
Felületen edzett, ötvöztelen, hidegalakító szerszámacélok alacsony megeresztéssel feszültség csökkentik.

Magas hőmérsékletű megeresztésről, akkor beszélünk amikor 400-700°C között történik a megeresztés.

Rúgóacélok, gyorsacélok, melegalakítható szerszámacélok feszültség csökkentésére használják.

Megfelelő megeresztési hőmérséklettel tökéletesen beállítható a kívánt szilárdság és szívósság. Figyelni kell arra, hogy a megeresztés hőmérséklete ne legyen nagyobb a munkadarab működési hőmérsékletétől. Az 5. ábra mutatja be a megeresztés T-t diagramját.

Általában 1-2 óra a megeresztés hőntartási ideje. Ezután levegővel hűtik a munkadarabot vagy olaj, víz hűtéssel, ha a munkadarab ridegségre hajlamos.[3]



5.ábra: Megeresztés T-t diagramja [3]

3.8 Feszültségcsökkentő izzítás

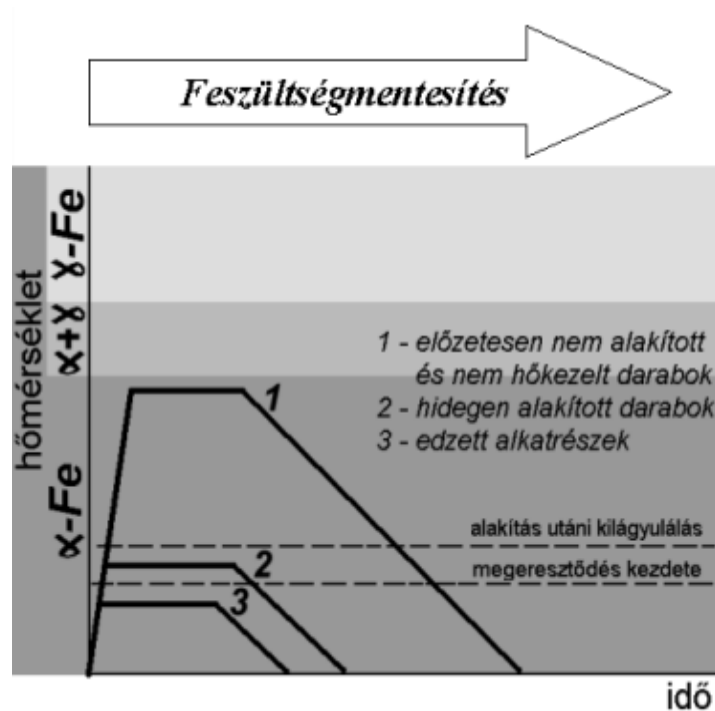
Az öntés, a meleg és hidegalakítás a forgácsolás hatására keletkezett feszültségek hőkezelését feszültségcsökkentő izzításnak nevezik.

Az acél belsejében lévő feszültséget, úgy csökkentjük, hogy szilárdsága és a szövetszerkezete nem változik. Ilyenkor 500-650°C melegítjük a munkadarabot és 1-2 órán hőntartjuk. Majd szabad levegőn illetve kemencével együtt hűtjük.

Ez az eljárás javítja a mérettartóságot, csökkenti a vetemedés esélyét, ellenállóvá teszi a ridegtörésnek.

Viszont nem lehet vele teljesen megszüntetni a maradó feszültségeket. Időigényes a kemencében hűteni. A 6. ábra mutatja be a feszültségcsökkentő izzítás T-t diagramját.

Számos helyen alkalmazzák. Kovácsolt, melegen hengerelt, hegesztett szerkezetek, darabok feszültségcsökkentésére. Öntvények saját feszültségének a csökkentésére. [3]



6.ábra: Feszültségcsökkentő izzítás T-t diagramja [3]

3.9 Normalizálás

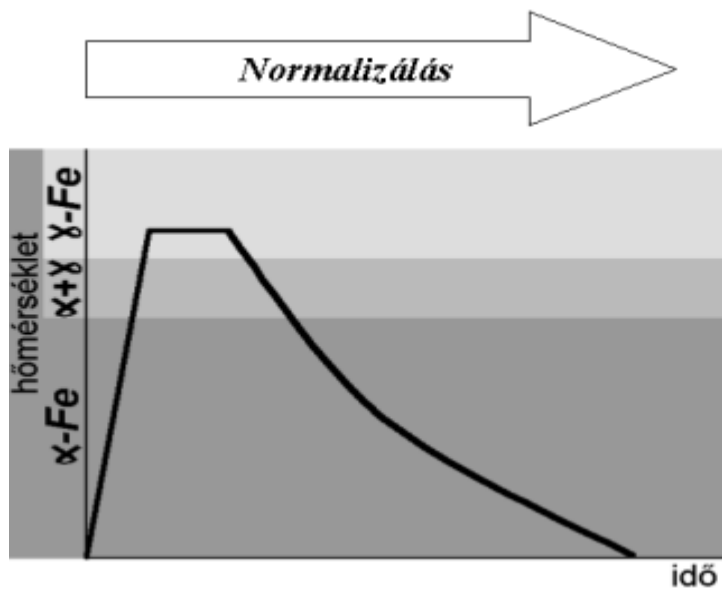
Normalizálással az eldurvult szemcseszerkezetből egyenletes szemcseszerkezetet kapunk. Normalizáló hőkezelés ausztenitesítésből és levegőn végzett hűtésből tevődik össze.

Közel egyensúlyi állapotot kapunk normalizáló hőkezelés után az ötvözetlen és gyengén ötvözött acéloknál egyaránt.

Alkalmazási területei a normalizálásnak megalakított, hengerelt, kovácsolt

Gyakran alkalmazzák alacsony karbon tartalomú acéloknál és a melegalakított termék esetén a normalizálást. A 7. ábra mutatja be a normalizálás T-t diagramját.

Azoknál az acéloknál amelyek allotróp átalakulással nem rendelkeznek nem alkalmazható. [3]



7.ábra: Normalizálás T-t diagramja [3]

3.10 Mélyhűtés

Edzés után a nagy C tartalmú, erősen ötvözött szerszámacélban mindig van ausztenit a martenzit mellett. A szerszámban működés közben a maradék ausztenit át tud alakulni martenzitté, ha nincs megeresztve. Ilyenkor rideggé válhat, ami töréshez vezethet. A maradék ausztenit csökkenti az acélok kopásállóságát. Továbbá csökkenti az acélok szilárdságát és keménységét. A maradó feszültségeket pedig növeli.

Ezt mélyhűtéssel és magas megeresztéssel lehet kiküszöbölni. Így a maradék ausztenit martenzitté alakul. Ez pozitívan befolyásolja a szerszám élettartamát. Növekszik a termelékenység. Csökkenti a szerszám élezésének vagy felújításának a gyakoriságát. Ezáltal az állásidők is rövidülnek.

Mélyhűtés közege lehet folyékony nitrogén vagy szárazjég és alkohol keveréke. A folyékony nitrogén hűtőközeg drágább. [5]

4. TANULMÁNYOZZA A HŐKEZELÉSI PARAMÉTEREK HATÁSAIT A SZERSZÁMACÉLOK TULAJDONSÁGAIRA

A hőkezeléssel tudatosan módosítjuk a szilárdhalmazállapotú anyag tulajdonságait, hogy az a számunkra előnyösek legyenek. Ilyen tulajdonság pl.: a szívósság, kopásállóság, szilárdság, stb.

A hőkezelés három részből tevődik össze. Természetesen hevítéssel kezdődik, majd a hőntartás következik és a hűtési szakasszal fejeződik be.

Számos szempont alapján csoportosíthatjuk a hőkezelési eljárásokat. Ezek a csoportok a termikus, a termokémiai és a termomechanikus hőkezelési eljárások.

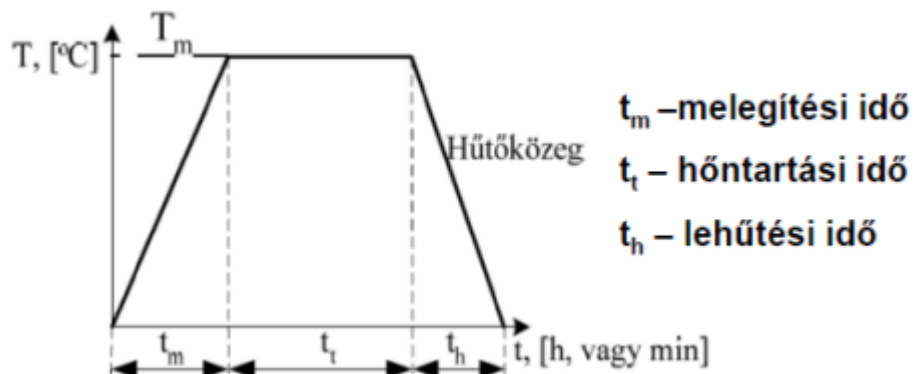
A hőközlés történhet a teljes keresztmetszeten illetve csak a felülethez közel. [4]

4.1 Hevítés:

Hőmérséklet különbség keletkezik a munkadarab felülete és belső részei közt a hevítés hatékonyságától függően. A különbség akár több száz °C-t is elérhet. Megnö a mérete és a térfogata a külső melegebb résznek. A belső magban nyomó a külső rétegben húzófeszültség keletkezik

Hőkezelés három szakaszból álló termikus ciklus. Ami hevítési, hőntartási és hűtési részből áll. A hőkezelés a munkadarab feszültségállapotának és szerkezetének befolyásolására szolgál, hogy a számunkra megfelelő tulajdonságokat kapjunk. Az így kialakult hőfeszültség annál nagyobb, minél nagyobb a külső és a belső részek közötti hőmérséklet különbség.

Hevítés során figyelni kell arra, hogy a munkadarab felülete lassan hevüljön fel. Legyen elég idő, hogy a munkadarab belseje is kellőképpen felhevüljön. Nagyon fontos, hogy a hevítési sebességet pontosan határozzuk meg, mert, ha túl gyors a hevítés repedések keletkezhetnek. Viszont, ha túl lassú a hevítési sebesség, akkor romlik a minőség, szemcsedurvulás történhet a munkadarabban. A 8.ábra szemlélteti az egyszerűsített hőkezelési ciklust. [4,5]



8.ábra: Egyszerűsített hőkezelési ciklus [4]

4.2 A hőntartás ideje:

A hőntartás idejét több minden is befolyásolja ilyen például a munkadarab geometriai mérete és elhelyezkedése, a hőkezelés célja, a hevítő közeg, a kemence típusa, az anyagminőség.

A hőntartás célja, hogy a fémteni folyamatok végbe menjenek és a hőmérséklet különbségek kiegyenlítése.

Minimálisra kell korlátozni a hőntartást ausztenitesítéskor, mert a hőmérséklet kiegyenlítődsé után szemcsedurvulás következik be. A hőntartási idő annál rövidebb, minél magasabb a hőmérséklet. A 7. táblázat mutatja be a különböző alakú munkadarabok formatényezőit.

Számításokkal, tapasztalati adatok és kísérleti eredmények által határozzák meg.

Hőntartás idejét optimalizálni kell, hogy a keletkező szövetszerkezet homogén legyen. [4,5]

Melegítési idő meghatározása:

$$t_m = L \times t_f \times k_f \times k_e \text{ [s]}$$

L: jellemző méret(mm);

t_f : fajlagos melegítési idő (s.mm⁻¹);

k_f : formatényező;

k_e : elhelyezkedésből adódó korrekciós tényező. [4]

7.Táblázat: Különböző alakú munkadarabok formatényezői (k_f) [4]

Munkadarab alakja	Jellemző méret, L (mm)	Formatényező, k_f
golyó	golyóátmérő	0,70
kocka	élhosszúság	0,70
henger	átmérő	1.0
hasáb	élhosszúság	1.0
gyűrű	gyűrűszélesség, gyűrűvastagság	1.5 1,5
lemez	vastagság	2
cső	falvastagság	2.0 rövid nyitott csőnél
		4.0 hosszú csőnél
		4.0 zárt csőnél

4.3 Hűtés:

Hűtésnél figyelembe kell venni a hűtés közegét és körülményeit, az anyagminőséget. Figyelnünk kell a lehülési sebességre, hogy minél kisebb legyen, mert így elkerülhetjük a repedéseket.

Gyorshűtést alkalmazunk, ha diffúziós folyamatokat szeretnénk meggátolni. Több közegben és lépcsősen is hűthetjük a munkadarabot, hogy ne legyen benne feszültség. Meg kell határozni a tervezésnél a hűtőközeget és annak a hőmérsékletét, magát az eljárást, és a hűtés körülményeit. A hűtést befolyásolja a hűtőközeg hőelvonó képessége., a hővezetőképessége, hőátadási tényezője és a párolgási hője.[4,5]

A hűtőközeg hűtésének a hatásossága: [5]

$$H = \frac{\alpha}{2\lambda} \cdot 1/m$$

H: hűtőközeg hűtésének a hatásossága

α : a hőátadási szám, J/m² x h x K;

λ : a fém hővezetési tényezője J/m x h x k

Ideális hűtésről, akkor beszélünk, ha az izzómunkadarab azonnal szobahőmérsékletre hűl. Az ilyen ideális hűtési közegnek a hűtési erélyessége végtelen nagy.[5]

Lehülési sebesség csoportosítása:

- Gyors hűtés;
- Normál hűtés;
- Lassú hűtés.

4.4 Hűtőközegek:

Hűtőközegek csoportosítása:

- kemence;
- levegő;
- olaj;
- sóolvadék, víz, vizes emulziók.

Kemence, mint hűtőközeg:

- lassú;
- szabályozott.

4.5 Víz, mint hűtőközeg:

- intenzív;
- hajlamos a forrásra;
- adalékok hozzáadásával javítható a hűtő hatása.

A víz, mint hűtőközeg hőátadási száma 20°C-on a legnagyobb. Meg is haladja az olaj és a sófürdő hőátadási számát széles hőmérsékleten. A víz hőátadása függ a víz hőmérsékletétől. Hátrány, hogy 500-700°C-on a víz hűtőátadási képessége csökken. Ez azért fordul elő, mert a munkadarabon egy vékony hártát hoz létre a gőz. A víz hűtőhatását szabályozhatjuk különböző adalékokkal. Például Aquapast-al. [5]

4.6 Olaj:

Az olaj hűtőhatása kisebb a víznél. Ugyanúgy vékony hártya képződik a munkadarabon 500-700°C, mint a víznél. Különlegesen kezelt és adalékolt edzőolajokkal csökkenthető a gőzhártya. Az olajok hűtőhatása 400-600°C-on a legnagyobb. A martenzitites átalakulás hőmérséklet tartományában már jóval kisebb. Nem romlik az olaj hűtőhatása, ha emeljük a hőmérsékletét. Az edzőolajok viszkozitása csökken magasabb hőmérsékleten. Ultrahang segítségével növelhető az olaj hűtőhatását. [5]

4.7 Sófürdők:

A meleg sófürdő a legjobb választás szerszámacélok edzéséhez. A sófürdő magasabb hőmérsékleten is hatékony. Hőelvonó képessége függ az áramlástól, a szennyeződések mennyiségétől. Az áramlás növeli a hőelvonási képességét a sófürdőnek. Keverő berendezéseket alkalmaznak a korszerű sófürdőknél.

Figyelní kell arra, hogy a fürdőből eltávolítsák az iszapot ami csökkenti a hőelvonó képességét. Helyi túlhevülést és robbanásszerű oxidációt okozhat az iszap jelenléte a fürdőben. [4]

4.8 A levegő és gázok hőhatása:

A levegő hűtőhatása elég kicsi, de az áramoltatási sebesség növelésével növelhető. Az iparban használt sűrített levegő vizet is tartalmaz ami könnyen repedéseket okozhat. Meg kell tisztani a fűvott levegőt a nem kívánatos víztől. A fűvott levegő nagy hátránya, hogy revésíti a munkadarab felületét. Célszerű nemesgázokat használni. A legjobba hidrogén, mint hűtőközeg. Az argon a legenyhébb. Veszélyes a hidrogén mivel robbanás veszélyes. 1050°C felett széntelenítő. A héliumot nem igazán használják a magas ára miatt. A legelterjedtebb a nitrogén hűtőközeg a vákuumos hőkezeléseknél. Körülbelül másfélszer nagyobb az áramoltatott nitrogén hűtőhatása mint a levegőé. Gazdaságos üzemeltetés 930-1100Mpa nyomás alatt érhetjük el. [4]

4.9 Gáz technológiák:

Zárt térben hevítik a gáz technológiás hőkezelés során a munkadarabot. Gázkeverékkel töltik ki a teret. Kettő gáztechnológiás hőkezelést különböztetünk meg a hőkezelés célja szerint.

Az egyik hőkezelésnél védőgázt alkalmazunk, hogy a felületi oxidációt, dekarbonizációt megakadályozzuk.

A másik hőkezelésnél karbonnal vagy nitrogénnel dúsítjuk, felület diffúziós úton. Ezt nevezzük termokémikus hőkezelésnek. [4]

4.10 Védőgázok:

Számos követelményt támasztunk a védőgázokkal szemben. Ilyen követelmény a védőgáz karbonpotenciálja, aminek meg kell egyeznie a munkadarab felületi karbon tartamával a hőkezelés során. Nem szabad oxidálnia a védőgáznak a munkadarab felületét. Szénhidrogén részleges elégetésével állítják elő a védőgázt. Nitrogént, vizet, oxigént, szénmonoxidot és széndioxidot tartalmaznak ezek a gázkeverékek. A részleges elégetés légfesleg tényezőtől függ a gázkomponensek aránya. Oxidáló és dekarbonizáló hatású a víz és széndioxid. A nitrogén az semleges. Karbonizáló hatású a metán és szénmonoxid.

Kiszámítható a gázkeverék összetétele a hőmérséklet függvényében. [4]

Régebbi berendezések kemencéjében is előállítható a védőgáz. Gázgenerátorokkal állítják elő a korszerű üzemekben. A gázgenerátor két külön részből áll. A külső ráfűtés térből és a gázbontás térből.

Exogázzal, akkor beszélünk, ha a részleges elégetés során a légfesleg tényezője olyan, hogy az égést önmagában fenntartja. Nem önfenn tartó az égés, ha olyan nagy a karbon potenciálja, hogy csak kis légfesleg tényezővel hozható létre. [4]

Nagy karbon potenciálú endogázt gázgenerátorral állítanak elő. Levegőt adagolva állítják be a karbon potenciált.

Endogázzal kompenzálható az oxidáló hatás, amikor a nitrogént védőgázként alkalmazzák, mivel a nitrogén mindig tartalmaz valamennyi oxigént.

A nemes gázok a legalkalmasabbak védőgázoknak, de a használatuk nagyon drága, ezért csak nagyon ritkán alkalmazzák ezeket. [4]

4.11 Vákuumtechnológia:

Vákuumtechnológiával lehet a legtisztább felületet elérni, mivel elpárolognak a vákuumban a felületi szennyeződések. Legjobb felületi védelmet kapjuk, ha a vákuumban hevítünk, mert bármilyen reakciót kizár. Csakis alaposan letisztított munkadarabokat szabad vákuumba helyezni, mert az esetlegesen a munkadarabon maradó szennyeződések párolgása hátráltatja, a kívánt mértékű vákuum kialakulását.

Sugárzásos hőátadás van vákuumban, ezért a felhevítés eleje nagyon lassú. A felhevítés gyorsítására nagy hőmérsékletű fűtőelemeket és fókuszált tükröző felületeket használnak,

hogy a sugárzást a munkadarabra fókuszálhassák. Erre a célra használnak még védőgázt és a hevítés elején és a vákuumot csak később állítják elő. [4]

A kemencét is le kell hűteni vákuumban történő edzésnél, nem csak a munkadarabot, az oxidáció elkerülése érdekében. Csak erősen ötvözött acélokat edzhetünk így módon.

5. VÁLASSZON KI EGY SZERSZÁMACÉL MINŐSÉGET, HATÁROZZA MEG ANNAK AZ OPTIMÁLIS HŐKEZELÉSI DIAGRAMJÁT

Szakdolgozatom írásához és a kiválasztott anyagminőségem hőkezeléséhez a Titán '94 Kft Lőrinciben újonnan épült zöldmezős beruházását használhattam. Magyarország egyik legmodernebb vákuum hőkezelő berendezésével képes -145°C és $+1350^{\circ}\text{C}$ közötti hőkezelő ciklusok elvégzésére.

Titán'94 Kft. egy Schmetz IU 72/1F 2RV 60x60x40 10 bar Cool Plus márkájú és típusú, 2020-as gyártmányú vákuumkemencét vásárolt, amit nagylelkűen a rendelkezésemre bocsátottak. A vezérlőprogram STANGE ELEKTRONIK GmbH által nyújtott SE-609 típus. A Titán'94 Kft. 20 éves szakmai tapasztalattal rendelkezik. A 9.ábrán a Titán 94 Kft Lőrinci zöldmezős beruházása látható.

Tevékenységük 70-80%-a az autógyártáshoz köthető. Folyamatos géppark fejlesztésükkel a legmodernebb hőkezelő cégek közé sorolható. Céljaik közé tartozik, hogy a vevőik a legjobb minőséget kapják.



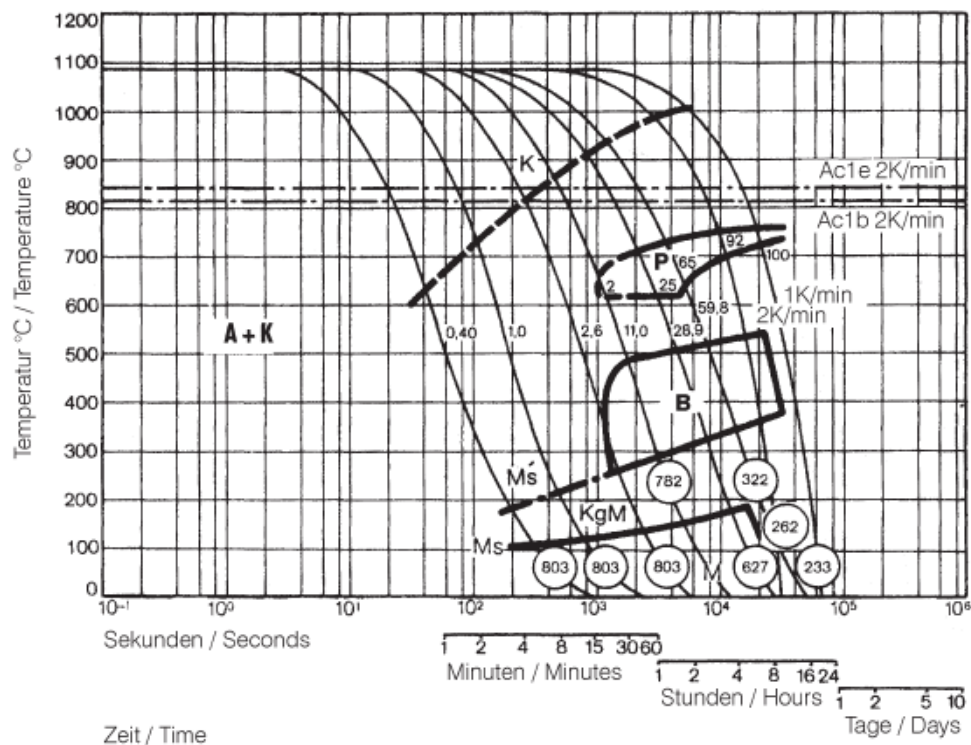
9.ábra: Titán 94 Kft. Lőrinci telephelye

Vizsgálataim céljával a Böhler K110 (Wstnr. 1.2379) anyagminőséget választottam, mivel manapság ez a leggyakrabban és legszélesebb körben használt hidegalakító szerszámacél minőség.

A K110 egy magas karbon és krómtartalmú, erősen ötvözött, öntött állapotban lédeburitos szövetszerkezetű, csekély hőkezelési méretváltozású hidegalakító szerszámacél. Ez az acél edzett és megeresztett hőkezelési állapotban nagyon jó abrazív kopásállósággal, magas nyomószilárdsággal és mindemellett jó szívóssággal rendelkezik. Speciális hőkezelés (magas hőmérsékletű edzés és háromszoros magas hőmérsékletű megeresztés) után nitridálható, plazmanitridálható, PVD illetve CVD bevonatolható és jól szikraforgácsolható [6-7]. Alkalmazása nagyon széles körű, a hidegalakításban joly-jocker anyagnak is nevezik. Gyártanak belőle vágó- és kivágó szerszámokat (vágólapok, bélyegek) különböző vastagságú acéllemezek, transzformátor – és dinamólemezek, műanyagipari, faipari bőr, gumi, textília anyagok megmunkálására. Felhasználják különböző ollók és kések alapanyagaként, hajlító, húzó és mélyhúzó illetve hidegfolyató szerszámok gyártására, de készül belőle menethengerlő, kerámia – és gyógyszeripari prészserszám, hidegalakító henger illetve mérőeszköz is.

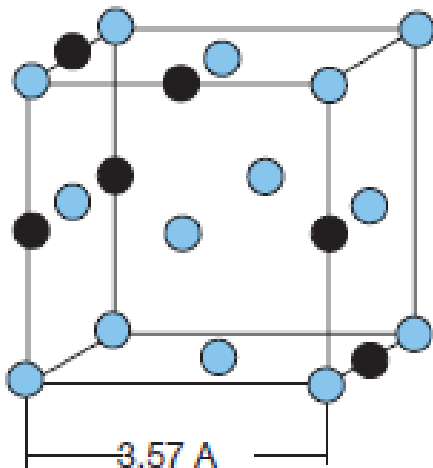
A szerszám alapanyagaként lágyított hőkezelési állapotú szerszámacélt használnak mely a K110-es minőség esetében legfeljebb 250HB keménységű lehet. Az anyag így könnyen marható, forgácsolható, fúrható. Forgácsolás után a keletkezett megmunkálás hatására keletkezett feszültségeket feszültségcsökkentő hőkezeléssel lehet minimalizálni. Feszültségcsökkentés után kezdődhet az edzés és a megeresztések. Az oxidáció és dekarbonizáció elkerülése végett a szerszámacélok hőkezelését ajánlott védőgázban illetve vákuumban végezni [8] Az edzés ausztenítésből és a kritikus hűtési sebességnél gyorsabb lehűtésből áll [9]. Az ausztenítés az ausztenítési hőmérsékletre való hevítésből és a homogén ausztenit kialakításából áll. A hevítés során az átalakulási hőmérsékletek alatt (Ac_1 Ac_3) hőkiegyenlítő lépcsőket alkalmaznak, hogy kiegyenlítődjön a hőmérséklet a felület és a mag között. Úgyszintén az ausztenítésési hőmérsékleten is van egy lépcső, mely kiegyenlítődést és az ausztenit homogenizálódását szolgálja, illetve magas hőmérsékleten a karbid oldásban van szerepe. Az ausztenítésési hőmérsékleten való hőntartásnál figyelembe kell venni az ausztenit szemcsedurvulási hatását is [10,11,12]. A vákuumkemencében történt ausztenítés után a hűtést ajánlott védőgázban, például nitrogén segítségével elvégezni. A hűtés célja az ausztenites szövet diffúziómentes átalakulása martenzitté, mely az M_s hőmérsékleten kezdődik el. A hűtési sebességet az anyagminőség C görbéje (8.ábra), valamint

a munkadarab méretei alapján kell megválasztani úgy hogy a munkadarab magjának a lehűlési görbéje érintse a bainites átalakulás kezdeti C görbéjét.

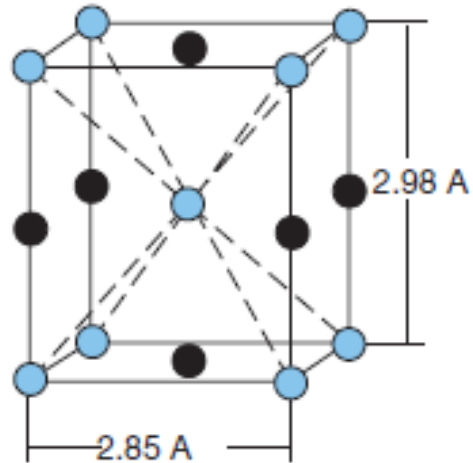


10.ábra K110 acél C görbéje

Az ausztenit-martenzit átalakulás diffúziómentes átalakulás, mely esetében a felületen középpontos köbös rácsú ausztenit egy torzult un. tetragonális ráccsá alakul (10. ábra), mely eredménye egy feszültséggel teli rideg martenzites szövet, de az erősen ötvözt nagy karbon tartalmú szerszámacélok esetében (pl. K110) mivel a martenzit befejezési hőmérséklet (M_f) negatív tartományba esik nincs ideje a teljes ausztenit-martenzit átalakulásnak így a szövetben maradék ausztenit is jelen van [13].



*Unit cell in an austenite crystal.
Face centred cubic (FCC).*



*Unit cell in a martensite crystal.
Tetragonal.*

11.ábra Ausztenit illetve martenzit rácsa

A maradék ausztenit jelenléte a szerszámokban belső feszültségeket okoz mely mikrorepedésekhez, repedésekhez, aztán szerszámtöréshez vezethet. A maradék ausztenit mennyiség csökkentése két módon érhető el, mélyhűtéssel és többszörös magas hőmérsékletű megeresztéssel [14-16].

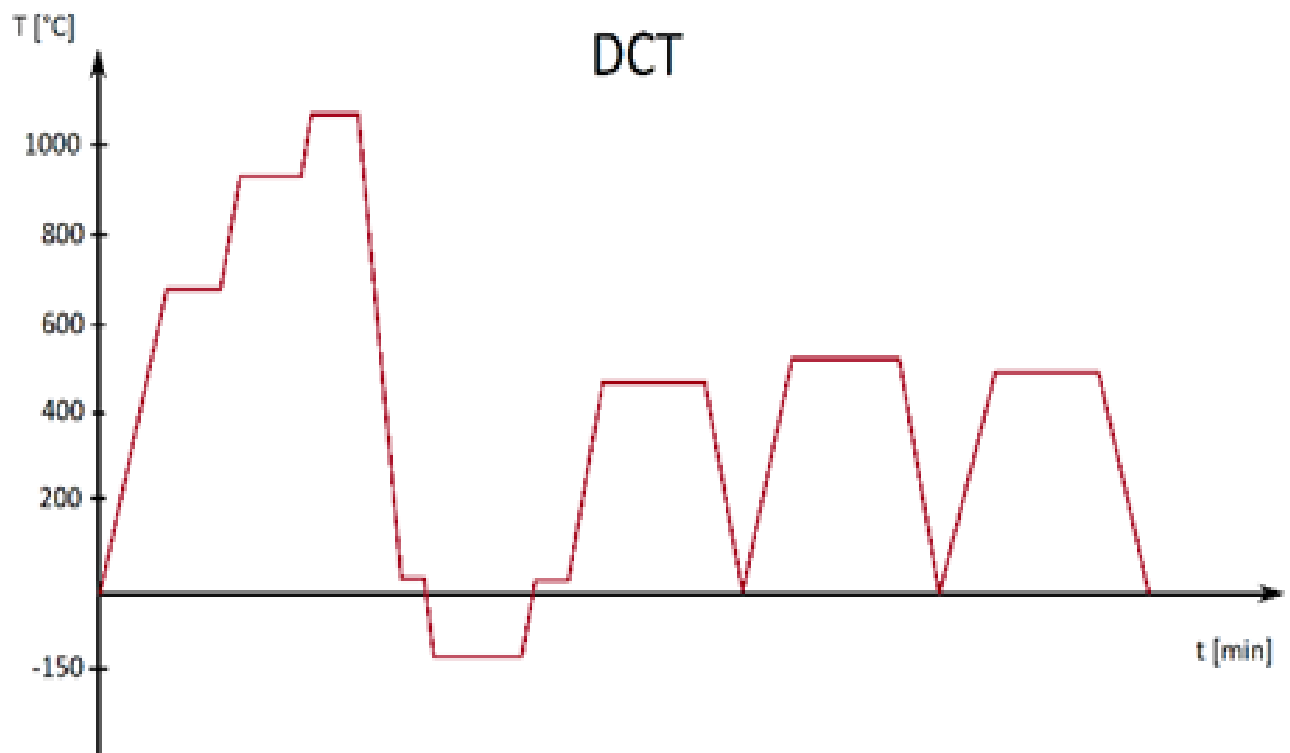
Mélyhűtés során az M_s hőmérsékleten elkezdődött ausztenit-martenzit átalakulás folytatódik, így csökkenve a maradék ausztenit mennyisége és elkezdődik a finom másodlagos karbidok kiválása. Mélyhűtés után háromszoros magas hőmérsékletű megeresztés ajánlott, mely alatt folytatódik a martenzites átalakulás, a martenzit megeresztődése, a szferoidit képződése és a finom, diszperz eloszlású másodlagos karbidok kiválása [17,18].

A fenti érveléseim alapján a Böhler K110 minőségű hidegalakító szerszámacél edzési és megeresztési diagramját a 12. ábra szerint határozom meg.

A feszültségcsökkentés után következne a magas hőmérsékletű edzés, a mélyhűtés és a háromszoros magas hőmérsékletű megeresztés. A hőkezelés optimális hőmérsékleteit az 5. táblázat ismerteti.

8.táblázat: A hőkezelés paraméterei

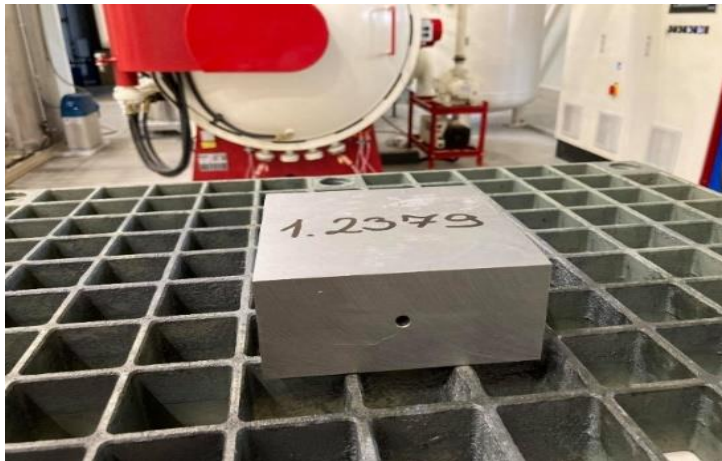
Feszcsökkentés	Hevítés lépcsők (°C)			Mélyhűtés	Megeresztések		
°C	Első lépcső	Második lépcső	Harmadik lépcső	°C	Első	Második	Harmadik
650	650	850	1070	-150	540°C	550°C	530°C



12.ábra K110-es szerszámacél optimális hőkezelési diagramja

6. VÉGEZZE EL A KIVÁLASZTOTT MINŐSÉGŰ SZERSZÁMACÉL HŐKEZELÉSÉT A MEGTERVEZETT DIAGRAM ALAPJÁN

A próbatestem egy 25x50x50mm-es Böhler K110-es minőségű rúd (13. ábra), melyet a Böhler Kapfenberg-i gyárából lágyított hőkezelési állapotban kaptam, keménysége 248HB volt. A próbatest közepébe egy 5mm-es furatot helyeztem el, ide lesz beillesztve a vezérlő termoelem.



13.ábra A próbatest furattal

A hőkezelést a Titán 94Kft, Lőrinci üzemének hőkezelőjében végeztem el. A tervezett hőkezelési technológia előtt az ultrahangos mosóban (14. ábra) felülettisztítást végeztem, hogy a vákuumkemencébe tisztán kerüljön be.



14.ábra Ultrahangos mosó berendezés

Mosás és szárítás után a próbatestet behelyeztem a Schmetz IU 72/1F 60x60x40 10 bar Cool Plus típusú vákuumkemencébe (15. ábra).



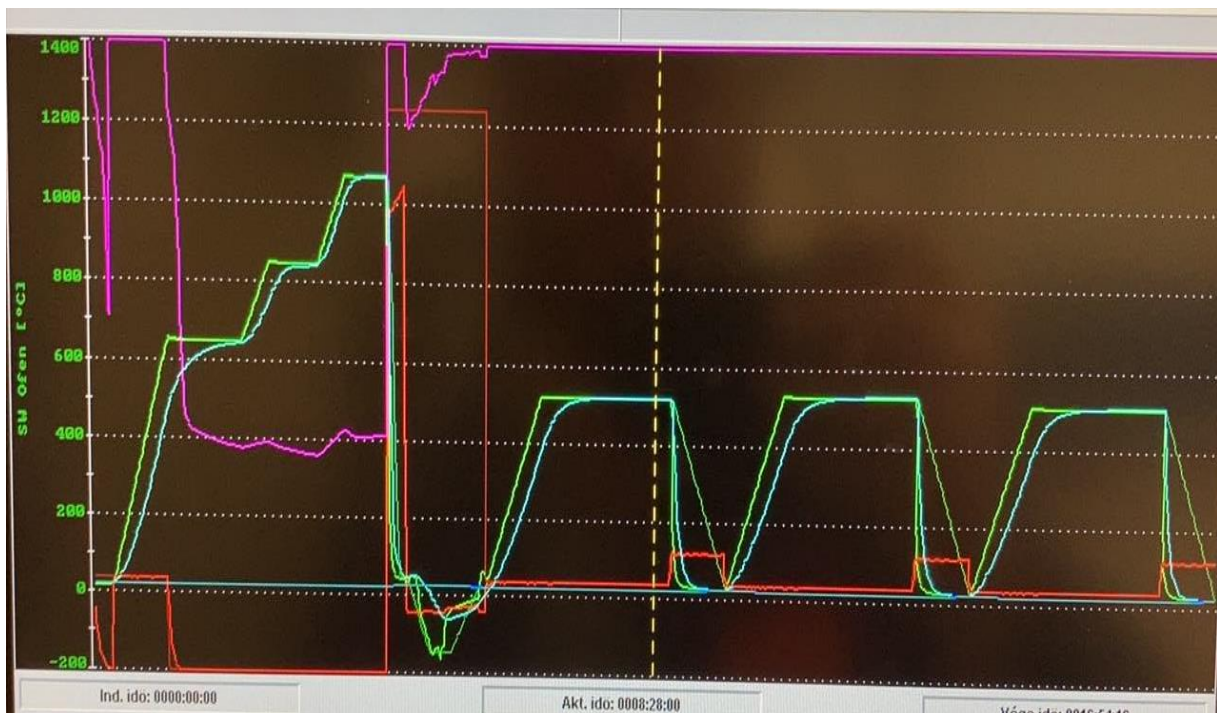
15.ábra Schmetz vákuum hőkezelő kemence

Ezután történt a tervezett optimális hőkezelési diagram szerint a kemence beprogramozása a Stange SE-609 típusú vezérlőbe (16.ábra).



16.ábra A vákuumkemence Stange vezérlője

A programozás elvégzése után történt a kemence beindítása. Először a vákuumszivattyú kapcsolt be, majd 16 perc múlva leálltak a vákuumszivattyúk és 2 bar nyomással elkezdődött a puffer tartályból a nitrogén védőgáz beáramlása a kemence légterébe. Amikor a kemence hőmérséklete elérte a 650°C leállt a nitrogén befűtás és elkezdődött a vákuumozás. A kemence hőmérséklete addig maradt 650°C-on ameddig a próbatestem közepén lévő termoelem is 650°C-ot mért. Utána már vákuumban folytatódott a hőkezelés. Még volt egy 850°C-os hőkiegyenlítő lépcső, aztán 1070°C-on a hőkiegyenlítő után még 15 percig tartott az ausztenit homogenizálódása ami után leálltak a vákuumszivattyúk és elkezdődött a hűtés 8baros nitrogén gáz befűtással. 50°C-on leállt a hűtés és 18 perc hőntartás után folytatódott, de ott már elkezdődött a folyékony nitrogén befecskendezése a kemence terébe és a porlasztott nitrogén pára lehűtötte a kemencét és aztán a próbatestet is -150°C-ra. Aztán egy órás hőntartás után leállt a folyékony nitrogén áramlás, beállt az 1,5 báros nitrogén atmoszféra, bekapcsolt a fűtés az első megeresztés hőmérsékletére, azaz 540°C-ra. A hőntartás a hőkiegyenlítő után még két órán keresztül tartott, miután leállt a fűtés és a kemence a próbatesttel lehűlt 20°C-ra. Az első megeresztést követte a második 550°C-on, aztán a harmadik 530°C-on (17. ábra).



17.ábra A Böhler K110-es próbadarab hőkezelési diagramja

7. VÉGEZZEN VIZSGÁLATOKAT A HŐKEZELT PRÓBATESTEN ÉS ÉRTÉKELJE AZ EREDMÉNYEKET

A vizsgálatokat a Titán 94 Kft, Lőrinci telephelyén a hőkezelő anyagvizsgáló laboratóriumában végeztem.

A hőkezelés után Rockwell C típusú keménységmérést végeztem (18. ábra).



18.ábra A hőkezelte próbatest keménységmérése

A keménységmérés eredményeit a 9. táblázat ismerteti.

Első mérés	Második mérés	Harmadik mérés	Mérések átlaga
60 HRC	61 HRC	60 HRC	60 HRC

9.táblázat Keménységmérési eredmények

A szövetszerkezeti vizsgálatokhoz a próbatestből mintát kellett kivágni, melyet szakszerűen kellett a vizsgálat előtt előkészíteni. Az első művelet a mintadarabok kivágása volt a Servocut 302 vágógéppel (19.ábra).



19.ábra Servocut 302 típusú vágógép

A kivágott mintadarabok miután gyantába beágyazásra kerültek a Forcipol 102 csiszoló-polírozógépen lettek mikroszkópos vizsgálatra előkészítve (20.ábra).



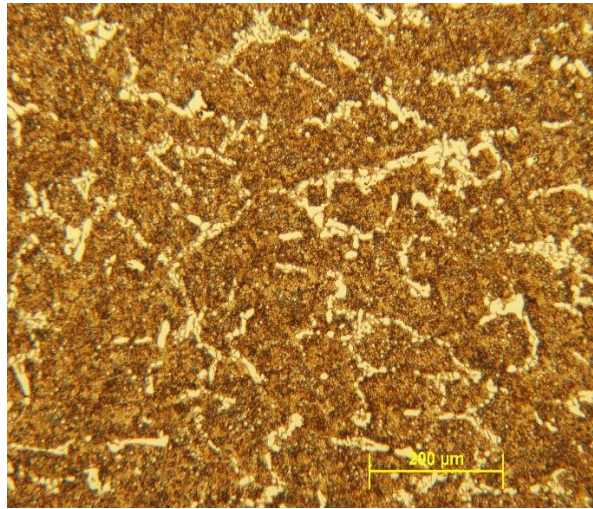
20.ábra Csiszoló-polírozó gép

A polírozott metallográfiai mintákat 5%-os Nitallal marattam, ezután a szövetszerkezeti vizsgálatot az Olympus CKX 53 optikai mikroszkópon végeztem (21. ábra).



21.ábra Optikai mikroszkóp

A 22.a ábrán a hőkezelés előtti, lágyított állapotú próbából kivett mintának a szövetszerkezeti képe látható, míg a 22.b ábrán az edzett, mélyhűtött és háromszor magas hőmérsékleten megeresztett minta szövetszerkezeti képe látható.



22.a Lágyított primer szerkezetű szövet



22.b. Optimálisan hőkezelt acél szövetszerkezete

8. ÖSSZEFOGLALÁS

Dolgozatom kutatási célja az volt, hogy a szerszámacélok esetében meghatározzam azokat az optimális hőkezelési paramétereket melyek a legkedvezőbb tulajdonságokat nyújtják a szerszámok felhasználásakor. A szerszámacél tulajdonságai nagyon fontos tényező mivel meghatározzák a felhasználhatóságot és a szerszám élettartalmát. Az acél tulajdonsága az összetételétől és a szerkezeti felépítésétől függ mely hőkezeléssel érhető el. A hőkezelt anyag tulajdonságait a hőkezelési paraméterekkel határozhatjuk meg. Ezek a hevítési illetve hűtési sebességek, a hőntartási idők és a hőmérsékletek. Az optimális hevítési és hűtési sebességeket a munkadarab geometriája illetve keresztmetszete határozza meg, a hőmérsékletek meghatározzák a kialakuló szövetszerkezeteket.

Kutatásom céljával a Böhler K110-es hidegalakító szerszámacélt választottam mivel számos szerszámacélról készült szakirodalom áttanulmányozása során valamint az ipari gyakorlatból szerzett ismeretek alapján ez az egyik leggyakrabban használt szerszám alapanyag. A szerszámalapanyag szövetszerkezeti képe a 22.a ábrán látható. Az egyensúlyi szövet szemcséi primer lédeburitos jellegű karbidokkal vannak körülvéve. A Böhler K110-es minőségű acélból készült szerszámok hőkezelésére többféle lehetőség adódik. Az edzést elvégezhetjük alacsony ausztenitesítési hőmérsékleten is mint pl. 1020°C-on, ebben az esetben ha 60HRC körüli keménységet akarok elérni akkor 220°C körül kell megereszteni, ebben az esetben a primer karbidok morfológiája kevésbé változik meg. Kapunk egy megeresztett martenzites szövetű, kevés maradék ausztenites és primer karbidos szövetet. Ez megfelelő keménységgel rendelkezik, de nem egy homogén szövet. Ennél jobb tulajdonságot biztosító szövetet kapunk magas hőmérsékletű pl. 1070°C-os edzési hőmérsékletet alkalmazva, amikor a primer karbidok egy része oldatba tud menni, viszont edzést követően több maradék ausztenit képződik mint az előző esetben, ezt a háromszoros magas hőmérsékletű megeresztéssel lehet csökkenteni. Ha mélyhűtést is alkalmazunk az edzés során, akkor szinte el is tűntethető a maradék ausztenit mivel az M_f hőmérséklet alá tudunk hűteni. Tehát a magas hőmérsékletű edzéssel, mélyhűtéssel és háromszoros magas hőmérsékletű megeresztéssel érjük el azt a szövetszerkezetet (lásd 22.b ábra) mely egy homogén szferoiditos szerkezet, finom diszperz másodlagos karbidokkal. Ez a szövetszerkezet adott keménység mellett a legjobb kopásállóságát és szívósságát biztosítja a Böhler K110-es minőségű acélból készült szerszámnak.

9. SUMMARY

The objective of my thesis is to designate optimal parameters as to shear steel which ensure the most beneficial properties when it comes to using tools. Such properties of shear steel are of utmost importance because these determine the usability and life span of tools. The properties of steel depend on its composition and structure which can undergo heat treatment. The properties of materials undergone heat treatment can be defined by heat treatment parameters. These include heating and cooling speeds, heat duration periods and temperatures. Optimal heating and cooling speed is determined by the geometry and cross section of the workpiece, whilst temperature degrees define the contexture processed. The objective of my research focuses on cold work steel Böhler K110, because it is one of the most frequently used raw material for tools according to professional literature and industrial best practices that I have studied. Fig. 22.a shows the contexture of this raw material. The particles of the balanced contexture are surrounded by carbides of primary ledeburite nature. There are many options for the heat treatment of tools made from steel Böhler K110. Treatment can be completed by low autenitizing temperature, e.g.: 1020°C. In this case, if hardness of around 60 HRC is required, it needs to be tempered at around 220°C, in which case the morphology of primary carbides will barely change. The result is a primary carbide contexture of tempered martensite contexture with negligible amount of residual austenite. This owns proper hardness but an inhomogeneous contexture. Applying high temperature treatment, e.g.: 1070°C will produce a contexture of better properties, when part of the primary carbides can go to solution. However, after treatment, more residual austenite is generated as opposed to the foregoing case, which can be reduced by tempering of three times higher temperature. If deep freeze is applied in the process treatment, nearly all of the residual austenite can be removed, because freezing can go under temperature M f. Therefore, high temperature treatment, deep freezing and tempering of three times higher temperature is able to produce a contexture (see Fig. 22.b) which owns a homogeneous spheroidite structure with secondary carbides of fine disperse. This contexture, in addition to its hardness, ensures the best durability against wear and tear as well as duration for tools made from steel Class Böhler K110.

10. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Dr. Tóth László, *Anyagok és technológiák II. Szerszámacélok előadás*, 1081, Budapest
- [2] *Szerszámacélok, nemesacélok*, Böhler Kereskedelmi Kft. Katalógus, Dunaharaszti, (2009)
- [3] Kisfaludy Antal, Borossay Béla: *Az acélok hőkezelésének alapjai*, oktatási segédlet, Budapest műszaki Főiskola Bánki Donát Gépészmérnöki Főiskolai Kar Anyagtudományi és gyártástechnológiai Intézet Anyag- és Alakítástechnológiai Intézeti Tanszék, 2004
- [4] Dr. Tóth László , *Új termelő kapacitások kialakítása* GNOP1.2.1-16-17-00165
- [5] Dr. Artinger István: *Szerszámacélok és hőkezelésük*; Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978
- [6]. L.Tóth, E.R.Fábián: *The Effect of Quenching and Tempring Treatment ont he Hardness and Microstructures of a Cold Work Steel*, International Journal of Engineering and Management Sciencis DOI:10.17667 (2019) pg.286-294.
- [7] Dr.Tóth László, Dr.Fábián Enikő Réka, Pártl Ferenc: *Az EN 1.2379 minőségű szerszámacél szerkezetiátalakulása különböző hőkezelési technológiák hatására*, XVIII. Hőkezelő és Anyagtudomány a Gépgyártásban Konferencia, (2018), ISBN 978-615-5270-51-2 pg.212-218.
- [8] Tilen Balasko, Maja Voncina, Jaka Burja, Barbara Setina Batic, Jozef Medved: *High-Temperature Oxidation Behaviour of AISI H11 Tool Steel*, Metals (2021), 11,758. MDPI.
- [9] Dr. Kisfaludy Antal, Réger Mihály, Tóth László: *Szerkezeti Anyagok II.* jegyzet (2010).
- [10] Martin Kurik, Jakub Lacza, Tomas Vlach, Jana Sobotava,: *Study of the Properties and Structure of Selected Tool Steels for Cold Work Depending ont he Parameters of Heat Treatment*, Materials and Technology, 51/4, (2017), pg.585-589.
- [11] László Tóth: *Examinations on the Properties and Structure of Tool Steel EN. 1.2379 due to Different Heat Treatments*, European Journal of MaterialsScience and Engineering, Vol.3 (2018)
- [12] Bozo Skela, Marko Sedlacek, Bojan Podgornik: *Microstructure and Heat Treatment of Hot Work Tool Steel Influence on Mechanical PropertiesandWear Behaviour*, Key Engineering Materials, ISSN 1662-9795, Vol. 767 (2018) pp.196-203.
- [13] Martin Kurik, Jakub Lacza, Tomas Vlach, Jana Sobotova: *Study of theProperties nd Structure of Selected Tool Steels for Cold Work Depending ont he Parameters of Heat Treatment*, Materials and Technology 51, 4, (20179, pg.585-589.

- [14] Muneo Yaso, Shuhei Hayashi, Shigekazu Kubata, Kuji Murakami: *Characteristics of Retained Austenite in Quenched High C High Cr Alloy Steel*, Materials Transactions, Vol.50, No.2, (2009), pg.275-279.
- [15] Dr.Tóth László, Uri-Szabó Dezső: *A mélyhűtés hatásai a szerszámacélok tulajdonságaira*, XIX. Hőkezelő és Anyagtudomány a Gépgyártásban Konferencia, (2020) , ISBN 978-615-5270-65-9 pg.33-40.
- [16] László Tóth: *The possibilities of the retained austenite reduction on tool steels*, European Journal of Materials Science and Engineering, Vol.6, (2021), DOI:10.36868, pg. 99-105.
- [17] Patricia Jovicevic-Klug, László Tóth, Bojan Podgornic: *Comparison of K340 Steel Microstructure and Mechanical Properties Using Shallow and Deep Cryogenic Treatment* , MDPI Coatings, (2022), 12,1296 DOI org./10.3390/coatings1291296.
- [18] Peter Jurci, Mária Domanková, Mária Hudakova, Jana Ptacinova, Matej Pesák, Peter Palcek: *Characterization of microstructure and tempering response of conventionally quenched , short and long sub zero treated PM Vanadis 6 ledeburitic tool steel*, Materials Characterization, 134 (2017), pg.398-415.