MISKOLCI EGYETEM
ANYAG- ÉS KOHÓMÉRNÖKI KAR
FÉMTANI TANSZÉK

GYAKORLATI ÚTMUTATÓ

PHARE HU 9705-0201-0006

Készítette: Kozsely Gábor
Lektorálta: Dr Mertinger Valéria
Dr Tranta Ferenc

Az acélok edzhetőségének vizsgálata

1. A gyakorlat célja

A gyakorlat keretén belül a hallgatók különböző acélok edzhetőségi vizsgálatát (Jominy vizsgálat) és ahhoz szorosan kapcsolódó számításokat (ideális kritikus és kritikus átmérő, keménység traverz meghatározása) végeznek el.

2. Ajánlás

A gyakorlat a negyedéves anyagmérnök és harmadéves kohómérnök hallgatók számára Fémtan III. c. tárgy keretén belül kerül elvégzésre, valamint a II. évfolyamos BSC hallgatók Fémtan I. c. tárgy keretén belül kerül elvégzésre A gyakorlat elvégzéséhez feltétlenül szükséges a vas-karbon diagram ismerete, a mikroszkópok használatának ismerete.

3. Elméleti alapok

Az edzhetőség fogalma

Az edzési művelet célja acélok esetén a mind teljesebb martenzites átalakulás és az ezzel járó nagy keménység elérése, függetlenül attól, hogy az edzés a technológia befejező, vagy csak közbenső művelete. Annak, hogy az acélt edzéssel kellően kemény állapotba hozhassuk, a következő feltételei vannak:

1. Az acél a hűtés kezdetén ausztenites állapotban legyen, legalább 50%-ban.
2. Az ausztenit karbon tartalma legalább 0,25% legyen.
3. A kritikusnál nagyobb legyen a hűtési sebesség.
4. A hűtés végén ne maradjon jelentős mennyiségű átalakulatlan (maradék) ausztenit.

Az edzett acél maradék ausztenit tartalmának hatása kettős. Egyrészt csökkenti a keménységet, mert az ausztenit sokkal lágyabb szövetelem, mint a martenzit, másrészt a későbbiek során izotermásan, kisebb-nagyobb mértékben bainitté alakul át, ami fajtérfogat növekedést okoz, s ezzel a gépalkatrészekben az esetek többségében káros feszültségek kialakulásához vezet, melynek hatására makroszkópikus deformáció is bekövetkezhet. A maradék ausztenit jelenlétét elkerülni nem lehet, mennyiségét az edzést követően alacsony hőmérsékletre történő hűtéssel lehet csökkenteni.

Az acélok edzése, edzhetősége szempontjából legnagyobb jelentősége a hűtési sebességnek van. Az ausztenites szövet csak akkor alakulhat át tisztán martenzitessé, ha a darab teljes egészében a felső kritikus sebességnél gyorsabban hűl M_s hőmérséklet alá. Az edzés során a darabnak az edzőfolyadékkal érintkező felülete mindig gyorsabban hűl, mint a közepe. A darab belseje a felülethez képest annál lassabban hűl, minél nagyobb a darab keresztmetszete, minél kisebb az acél hővezető képessége és időegység alatt minél több hőt

von el a hűtőfolyadék. Ha a darab mérete bizonyos határnál nagyobb, úgy a darab belsejében, a keresztmetszet magjában a hűlés sebessége a felső kritikusnál kisebb és ott a darab nem edződik át teljesen. Adott összetételű, adott hűtési körülmények mellett még mindenütt martenzitesen átalakuló méretet teljesen átedződött keresztmetszetnek nevezzük.

A gyakorlatban 100% martenzitet nem tudunk előállítani a darab belső részeiben. A szokásos követelményeknek megfelelően edzettnek nevezzük az 50%-ot, vagy annál több martenzitet tartalmazó darabot. Fokozott, dinamikus igénybevétel estében nagyobb martenzit mennyiség szükséges. Az ilyen rendkívüli esetekben megkövetelhetjük a darab középvonalában a 95% martenzitet tartalmazó szövetszerkezetet.

Az edzhetőség fogalmából következik, hogy a darab akkor edződött át, ha a középpontjában is képződött legalább 50% martenzit, illetve az adott feltételek szerinti mennyiség, ezt nevezzük átedződő keresztmetszetnek. Ez természetesen mindig nagyobb a teljesen átedződött keresztmetszetnél. Az acélok átedződését rendszerint hengeres próbatestekkel határozzuk meg. A középvonalában éppen 50% martenzitet tartalmazó próbatest átmérőjét kritikus átmérőnek nevezzük: Az átedzhetőség függ:

1. Az ausztenitesítés körülményeitől.
2. Az ausztenit szemnagyságától.
3. Az acél ötvözőitől: az edzhetőséget a kobalt kivételével minden ötvöző növeli.
4. A hűtőközegtől: a hűtési intenzitástól, a hűtési erélyességtől.

Annak érdekében, hogy az anyag tulajdonságát, edzhetőségét el lehessen választani a hűtési körülményektől, bevezették az ideális kritikus átmérő (D_I) fogalmát, mely annak a keresztmetszetnek az átmérőjét jelenti, amely a közepén 50%-ban martenzitesre edződne, ha a hengeres darabot –a valóságban nem létező- ideális hűtőfolyadékba merítve annak hőmérséklete pillanatszerűen a folyadék hőmérsékletére hűlne. Az ilyen folyadék hűtési erélyessége végtelen.

A hűtési erélyességet (H) az (1) egyenlettel adhatjuk meg, ezzel jellemezhetjük az adott hűtőközeget:

$$H = \frac{\alpha}{\lambda} \qquad (1)$$

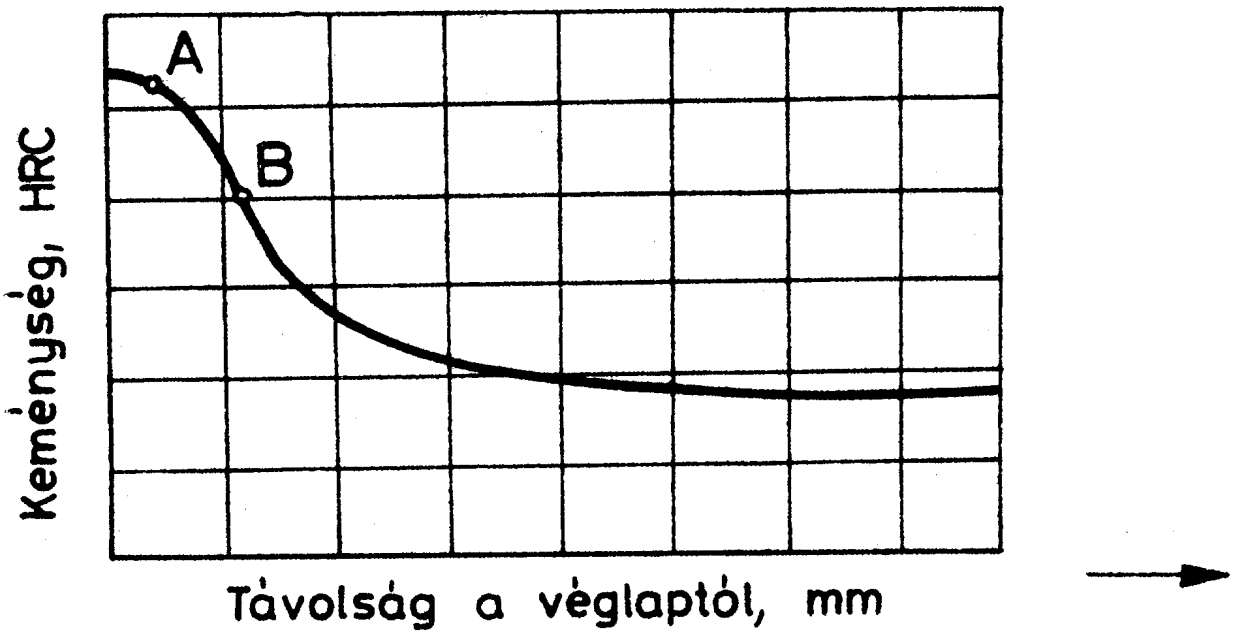
ahol: α- a hőátadási tényező
λ- a hővezetési tényező

Jominy vizsgálat és eredménye

Az edzhetőség kísérleti meghatározása a véglapedző kísérlet, vagy más néven Jominy-vizsgálat szolgál. A mérés elvégzéséhez az MSZ 9770-78 szabványt kell figyelembe venni. A vizsgálandó acélból 100 mm hosszú, 25 mm átmérőjű, az egyik végén peremmel ellátott hengeres próbát készítünk.

A próbatestet felhevítjük ausztenitesítési hőmérsékletre és ott hőntartjuk. Az ausztenitesítésnél célszerű figyelembe venni a belőle készülő gyártmány hőkezelési előírásait. Ausztenitesítés után a próbatestet függőleges helyzetben állványba fogva a véglapjára irányított vízsugárral le kell hűteni. A hűtés körülményei (a víz hőmérséklete, mennyisége, nyomása, a vízsugár magassága, a kifolyó cső mérete) befolyásolják a vizsgálati eredményt, ezért ezeket is előírja a szabvány. A lehűtött próbatest két szemközti alkotója mentén 8-9 mm szélesen lapfelületet köszörülve, azon a véglaptól kiindulva 1,5-2 mm-ként Vickers vagy Rockwell C keménységet kell mérni. A mérés helyének és mértékének pontos értékét diagramban ábrázolva a Jominy-görbe pontjait kapjuk, amelyeket összekötve a teljes görbe

megrajzolható. A próbatest véglapja, amelyet az áramló víz hűt, martenzites szövetű lesz. A véglaptól távolodva a lassúbb hűtés miatt a martenzit mellett illetve helyett bainit vagy ferrit+perlit jelenik meg. Így a lehűlt próbatesten együtt találhatjuk a különböző sebességgel végbement átalakulás termékeit. Az idealizált Jominy-görbe az 1. ábrában látható. Az inflexiós B pontja az 50% martenzitet tartalmazó szövetszerkezetnek felel meg.



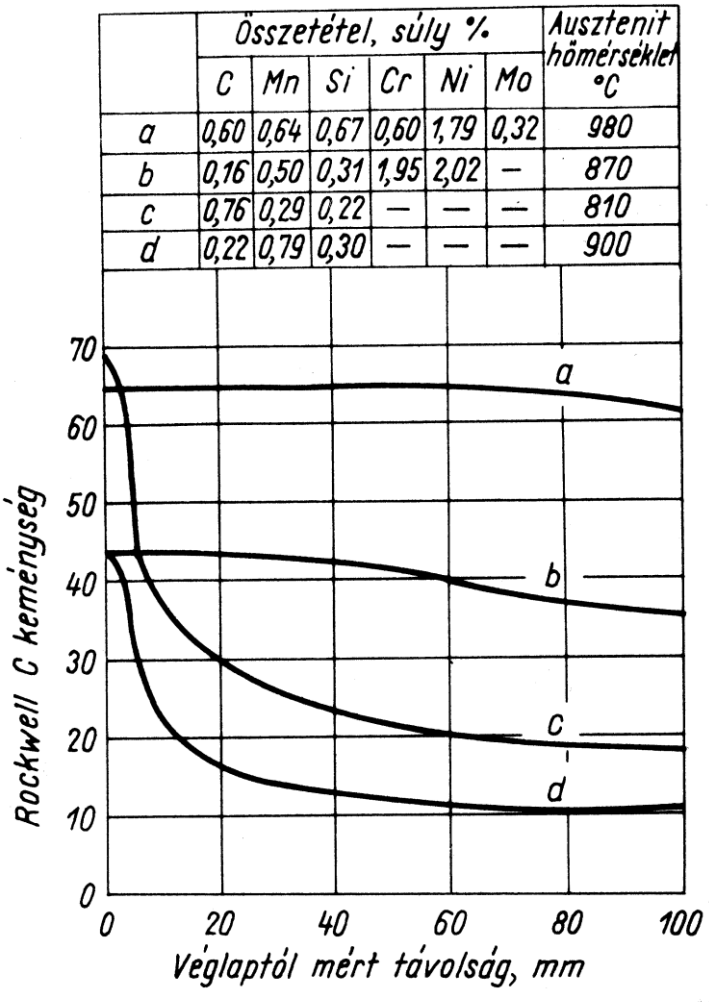
1.ábra
A Jominy-görbe idealizált alakja

A Jominy görbe az acél martenzitjének karbontartalmának megfelelő értékből indul ki és az ötvözőelemek mennyiségétől függően kisebb vagy nagyobb távolságban csökken le az acélra jellemző, lassú hűtésnél kialakuló szövetnek megfelelően keménység értékére.

Ha a minta erősen ötvözött, a próbatest teljes hosszában martenzites lehet, vagy az edzett véglaptól nagyobb távolságban jelenik meg a martenzit mellett a lágyabb szövetelem. Ilyenkor a keménység a próbatest teljes hosszában alig csökken a kiinduló keménységhez képest, ami viszont az acél martenzitjének jóformán csak a karbontartalmától függ. A 2. ábra *a* és *b* görbéje, mindkettő ötvözött, az *a* nagyobb a *b* kisebb karbontartalmú acél Jominy-görbéjét mutatja. Az ötvözetlen illetve gyengén ötvözött acélok Jominy-görbéje is az acél martenzitjének az adott karbontartalmától függő keménységi értékből indul, a martenzitet azonban fokozatosan kisebb keménységű szövetelemek váltják fel, s ennek megfelelően a görbe erős lejtés után az acélra jellemző ferrites+perlites szövet keménységének megfelelő értékhez közeledik. (2.ábra *c* és *d* görbe).

A Jominy-görbe egyes pontjainak értékét a szabvány előírásainak megfelelően J betűvel és számmal lehet megadni. Az egyik szám a keménység, a másik az edzett véglaptól mért távolság mm-ben. Ha a keménységet Vickersben mérték, akkor a HV jelet is mellé kell írni. Tehát J 35-15 azt jelenti, hogy az acél keménysége 35 HRC, az edzett véglaptól 15 mm távolságban. Vickers keménységmérésnél a J HV 350-15 értéket kell megadni.

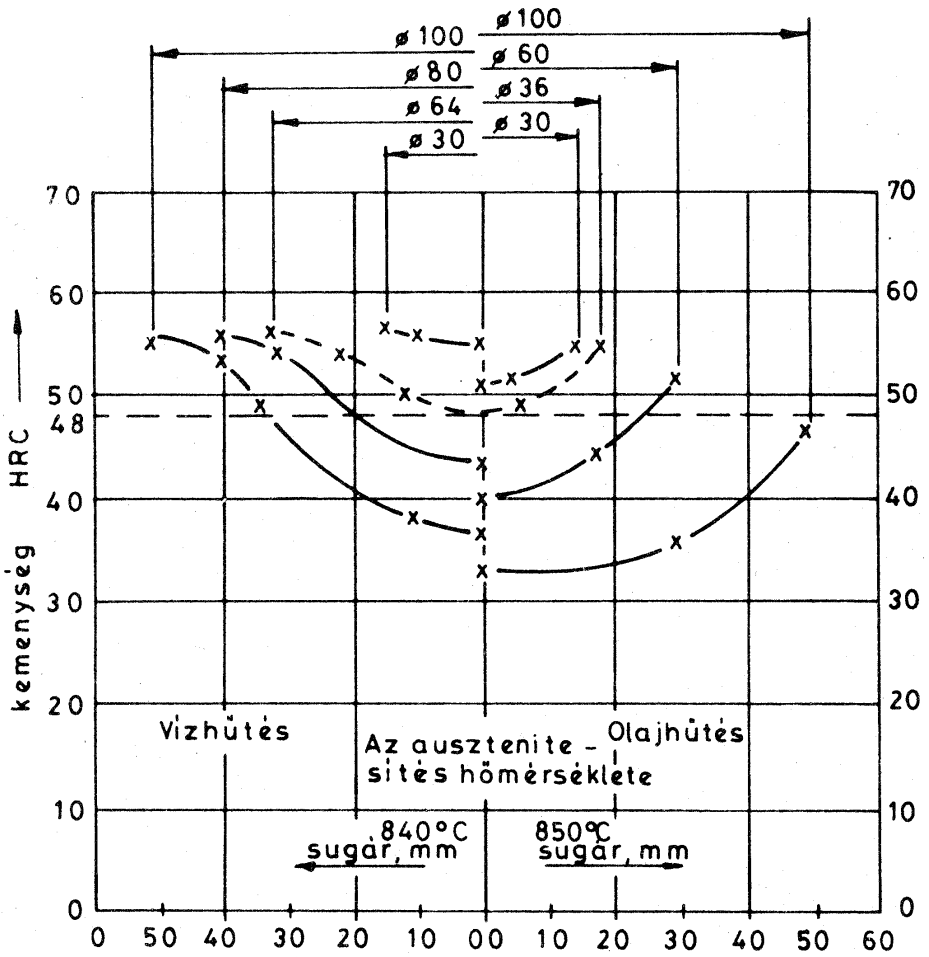
Ha keménység vagy távolsághatárokat akarunk előírni, akkor azt törtvonallal kell jelezni. J 45-6/18 az acél keménysége 45 HRC, az edzett véglaptól mért 6 és 18 mm közötti távolság valamely pontjában.



2.ábra
Ötvözött és ötvözetlen kis illetve nagy karbotartalmú acélok Jominy-görbéi.

Keménységtraverz

Legalább három különböző átmérőjű rudat, amelyik átmérője olyan, hogy nem edződik át teljesen, azonos módon gyorsan kell hűteni. Ezután a darabokat kettévágva a rúd átmérője mentén kellő számú pontban keménységet kell mérni. A mérési adatokat felrajzolva a felületről mért távolság függvényében, az adott összetételű és hűtési mód után az acélrúdban kialakuló keménységeloszlást, keménységtraverzet. A 3. ábrán a Cr1 acél keménység traverze látható víz és olajhűtésre 30-100 mm átmérőjű rudaknál. Az ábrákból az edzett és nem a edződött szelvényrész határa szintén megállapítható, mert ismerjük azt a keménységértéket , amely az acél karbontartalma szerint annak 50 % ban martenzites, vagy teljesen martenzites állapotához tartozik. A keménységnek ezt a kritikus értékét a keménységtraverz diagramjába vízszintes vonalként berajzoljuk, a keresztmetszetnek az a része, ahol a keménység meghaladja az edződés kritériumaként választott értékét edződött. Nyilvánvaló, hogy a keménységtraverz alapján a teljesen martenzitesre és az 50%-ban martenzitesre edződött kéreg vastagsága egyaránt megállapítható.

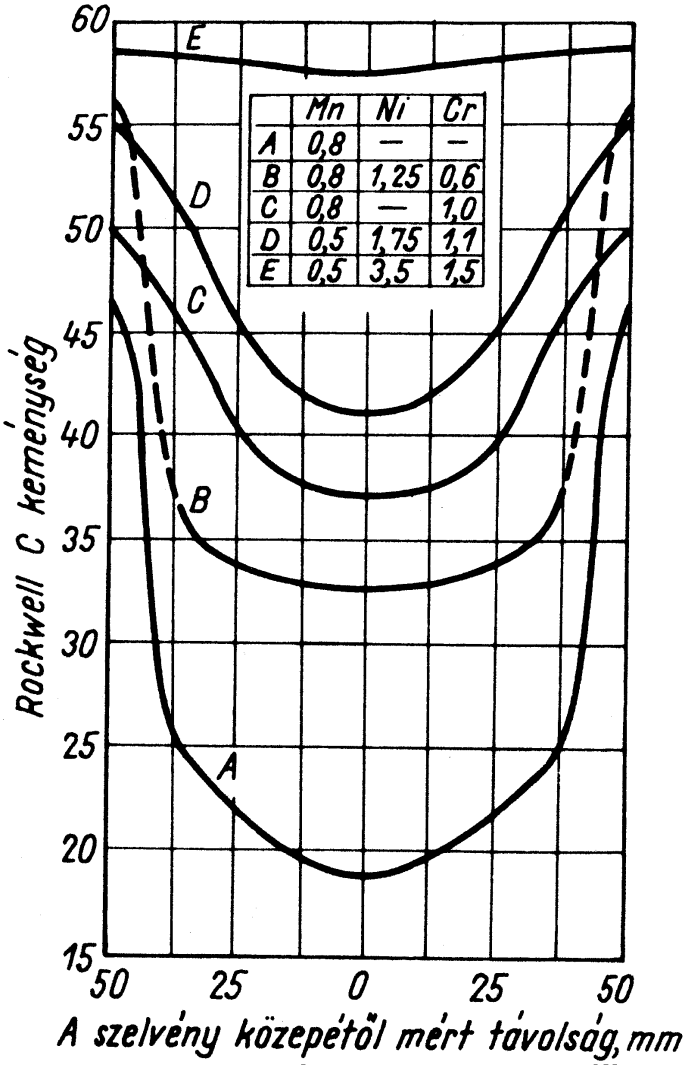


3.ábra
Különböző vízben és olajban hűtött rudak keménységtraverzei.

Bármely acél átedződött szelvényének nagyságát nyilvánvalóan az a körülmény határozza meg, hogy lehűtéskor a keresztmetszet közepének is legalább a felső kritikus sebességgel, illetve az 50% martenzit képződésével járó sebességgel kell lehűlnie. Az edződő keresztmetszet nagysága ennélfogva egyrészt a hűtés módjától, annak erélyességétől, másrészt pedig a kritikus lehűlési sebességet meghatározó körülményektől, nevezetesen az átalakuló ausztenit összetételétől függ.

Az átalakuló ausztenit összetételének hatása abból következik, hogy a kobalt kivételével valamennyi használatos ötvözőelem megnöveli a perlites és a bainites átalakulás folyamatainak időszükségletét, tehát csökkenti a kritikus lehűlési sebességet és nagyobb keresztmetszetben is átedzhető lesz a darab. Az ötvözött acél tehát mindig nagyobb keresztmetszetben edződik át, mint a hasonló karbontartalmú ötvözetlen vagy gyengén ötvözött acél. Ezt mutatja be a 4.ábra. A kobalt kivételesen csökkenti az edződő szelvény nagyságát.

Az edzhetőség meghatározása a keménységtraverznek alapján kísérleti munkával nagyon hosszadalmas és fáradságos munka. Az üzemekben az acélok Jominy-görbéinek meghatározása pedig rutinszerűen, a fejlődésnek mind több helyen automatikus berendezésekkel történik. Ezért fejlődtek ki olyan módszerek. amelyek a Jominy-görbe adatait felhasználva állapítják meg a keménységeloszlást.



4.ábra
Különböző mértékben ötvözött acélok 100 mm átmérőjű, egyformán edzett rúdjának keménységtraverzei

Az edzhetőség meghatározása töret próbák alapján

Ha azonos anyagból különböző ármérőjű darabokat edzünk azonos ausztenitesítési körülmények között és azokat eltörjük, majd csiszolás után 4-10% alkoholos salétromsavban maratjuk, akkor a legalább 50% martenzit tartalmú rész világos marad. A túlnyomóan perlites és bainites rész pedig sötétre maródik. Tehát a világos és sötét területet elválasztó határvonal ott helyezkedik, ahol a martenzit mintegy 50%.

4. Feladatok

1. A kiadott próbadarabokkal végezze el a szabványban rögzített módon a Jominy vizsgálatot. Határozza meg az 50% martenzit edzési feltételéhez tartozó Jominy távolságot és az ennek megfelelő kritikus átmérőt. A csoport mérési adatai alapján értékelje a karbon és ötvözőelemek hatását a Jominy-görbe lefutásán.

2. Adott szabványos acélt a szabványos előírásnak megfelelő hőmérsékletre edzzük. Számolja ki az acél összetételének alsó és felső határértékeit, figyelembe véve az ideális kritikus átmérőt. Moser-Legat módszere szerint

A számítási és kísérleti eredmények jobb egyezése érdekében többen javasolták a paraméterek módosítását. Moser-Legat (1969) összeállítása szerint a karbontartalom nagyobb mértékben növeli az ideális kritikus átmérőt, míg az ötvözőelemek az edzhetőségre gyakorolt hatása kisebb, mint a Grossmann-féle módszernél.

Az (1) egyenletben szereplő D_{IC} és f_x paraméterek értékei ennél a módszernél a 6. illetve 7.ábrában vannak megadva.

$$D_I = D_{IC} \cdot f_{Mn} \cdot f_{Ni} \cdot f_{Cr} \cdot \ \cdot \ \cdot \ \cdot f_x \qquad (1)$$

D_{IC} a karbontartalomtól függő ideális kritikus átmérő, az ausztenit szemnagyság és a karbontartalom függvényében meghatározható a (2) egyenletből.

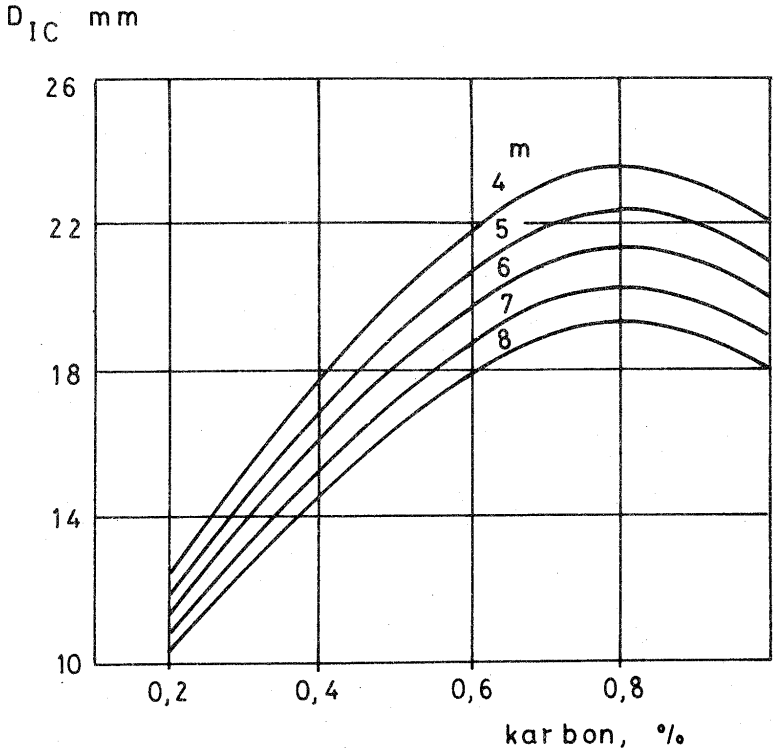
f_x az ötvözőelemek ideális átmérőt módosító faktorok

$$D_I = 8 \cdot 1{,}08^{8-m} \cdot \sqrt{C\%} \qquad (2)$$

ahol: m az ausztenitszemnagyság fokozatszáma, amely az (2) egyenletbe azt fejezi ki, hogy az ausztenit szemnagyság egy fokozatszámmal való durvulása az ideális átmérőt 8%-kal növeli meg.

C az acél karbontartalma %-ban.

A feladat során magyar acélszabványból ki kell keresni az adott acélminőségre vonatkozó vegyi összetétel alsó illetve felső határértékeit. Moser-Legat módszerrel) ki kell keresni a diagramokból az ötvözőelemek alsó illetve felső határértékeihez tartozó faktorokat és az egyenlet alapján ki kell számítani az alsó és felső összetételéhez tartozó kritikus átmérőhöz tartozó ideális kritikus átmérőt.

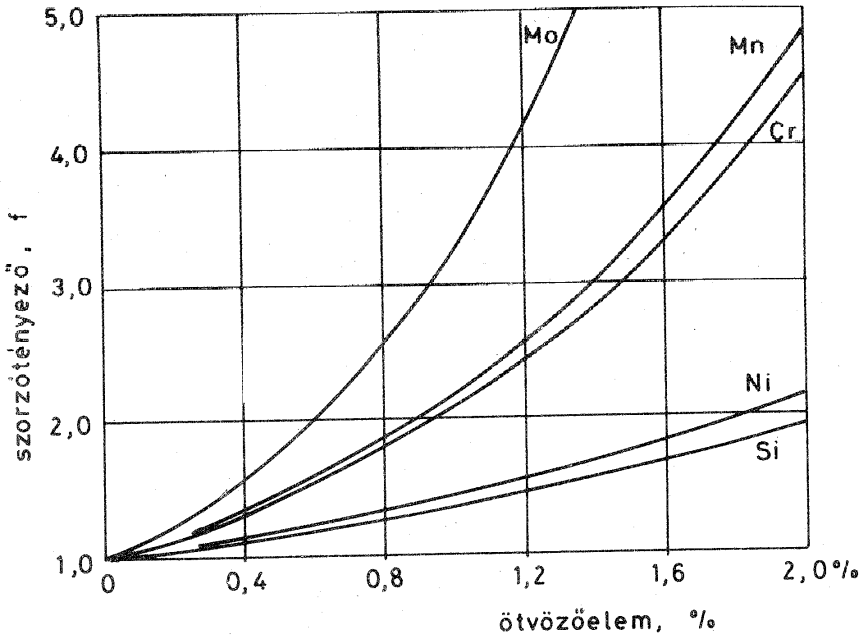


6.ábra

Az ideális kritikus átmérő a karbontartalom és az ausztenit szemnagyság függvényében Moser-Legat szerint.

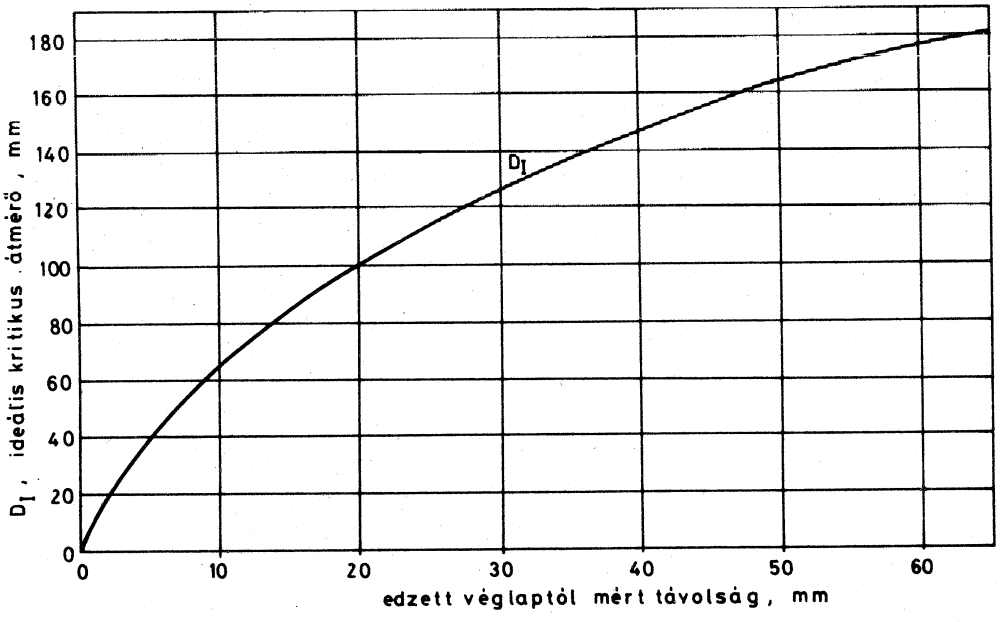
A kapott értékeket hasonlítsa össze az adott acélminőségnek a szabványban található edzhetőségi sávjának határoló görbéiből meghatározható ideális kritikus átmérőivel

Mint láttuk egy-egy acélminőségnél a szabvány összetételi határokat ad meg. Amennyiben az acél összetétele az ötvözők mennyiségét tekintve az alsó határon van illetve amikor mindegyik ötvözőfémből a megengedett legnagyobb értéket tartalmazza az acél összetételének megfelelően két Jominy-görbe határozható meg. A valóságban nem készül olyan acél, amelyben az összes ötvözőelemek az alsó illetve felső határ szerinti mennyiségben vannak jelen. Egy azonos minőségű acél edzhetőségi görbéi ezért szűkebb sávba esnek. A nemesített állapotban felhasznált szerkezeti acélok szabványa tartalmazza az ún. edzhetőségi sávját. Ebbe kell belesnie az acéladag Jominy-görbéjének. Az acélok átvétele ilyen alapon is történik.



7.ábra
Az ötvözőelemek hatása az edzhetőségre Moser-Legat szerint

Az adott minőséghez tartozó Jominy-sáv határgörbeinek inflexiós pontjainál le kell olvasni a kritikus Jominy távolságot. Ezután ezeket a Jominy távolságokat a 8.ábra alapján át kell váltani alsó és felső ideális kritikus átmérővé. Ha a számított edzhetőségi sáv beleesik a szabvány által megengedett kritikus sáv, akkor az összetétel teljes intervallumában edzhetőség szempontjából megfelel.



8.ábra

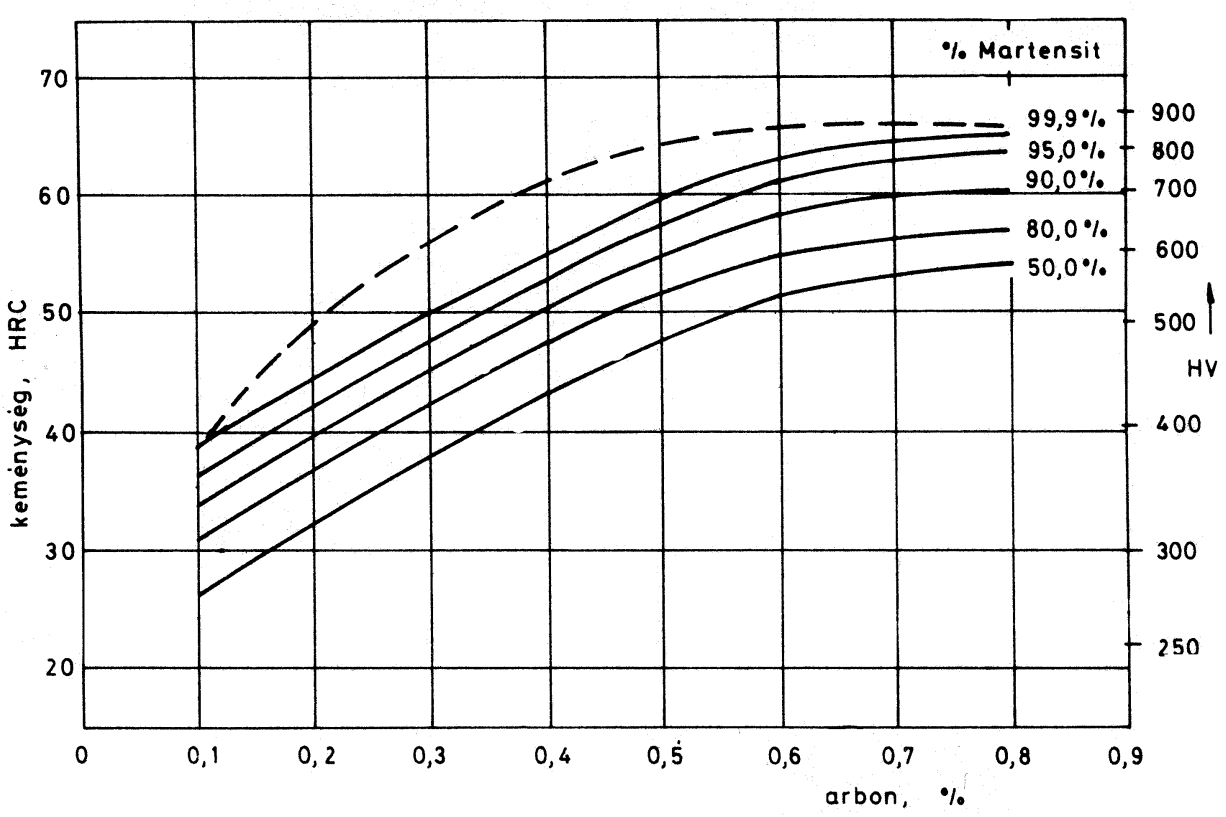
Az edzett véglaptól mért távolság függvényében az ideális kritikus átmérő értéke

3. Végezze el a számítást az „Atlas zur Wärmebehandlung der Stähle” gyűjteményében található azonos minőségű acéljára vonatkozólag is. A kapott eredményt hasonlítsa össze az atlaszban található Jominy-görbéből megállapítható értékekkel.

Az adott minőségű acél atlaszban Jominy-görbéjének inflexiós pontjához tartozó Jominy távolságot le kell olvasni. Ezt a Jominy távolságot a 8.ábra alapján át kel számolni ideális kritikus átmérővé. Ha a megengedett ideális kritikus átmérő nagyobb, mint a számolt, akkor az összetétel edzhetőség szempontjából megfelel.

4. A kiadott Jominy-görbét felhasználva állapítsa meg, milyen hűtési erélyességre van szükség 40 mm átmérőjű darab átedződésére. Milyen hűtőközeg kell ehhez?

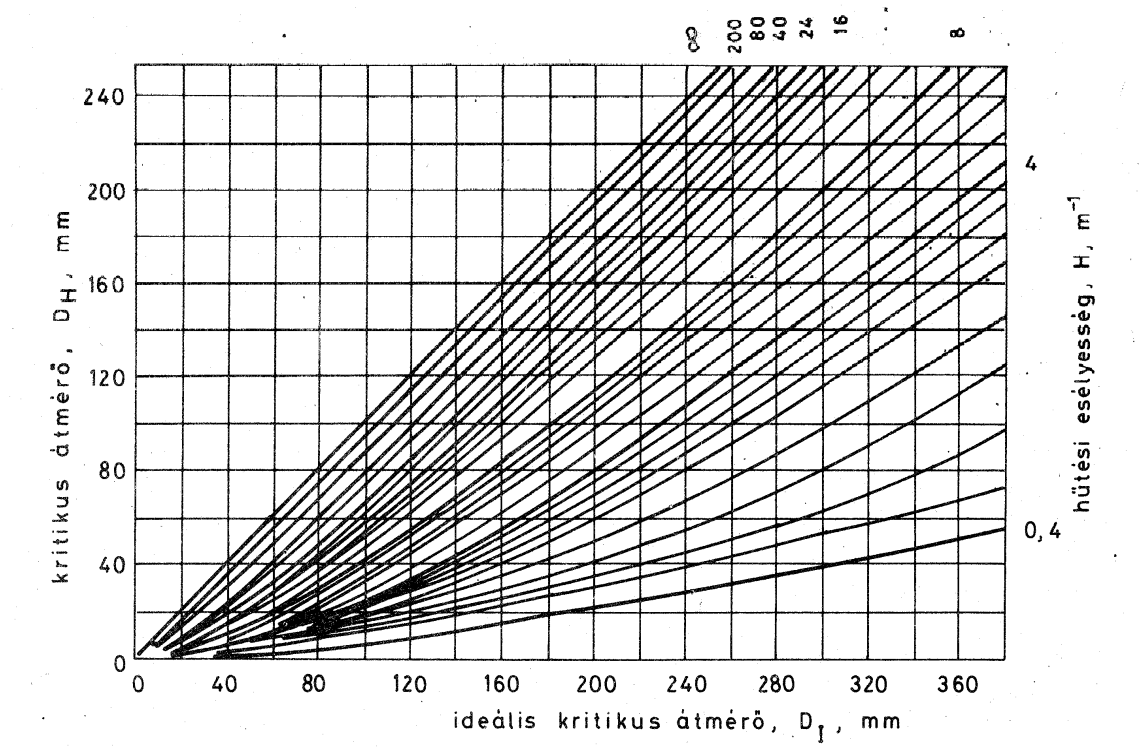
A DIN szabványban adott acélminőséghez tartozó összetétel karbontartalomához a 9.ábra alapján az 50% martenzithez tartozó Rockwell keménységet. Ezután az a összetételhez tartozó DIN szabványban megadott Jominy-görbéből a Rockwell keménységhez meghatározzuk a Jominy távolságot. A 8.ábrából a Jominy távolságból meghatározzuk az ideális kritikus átmérőt (D_I). Végül a 10.ábrából a D_I és a D_H alapján meg tudjuk határozni a hűtési erélyességet, amelyhez a 2.táblázatból választunk hűtőközeget.



9.ábra

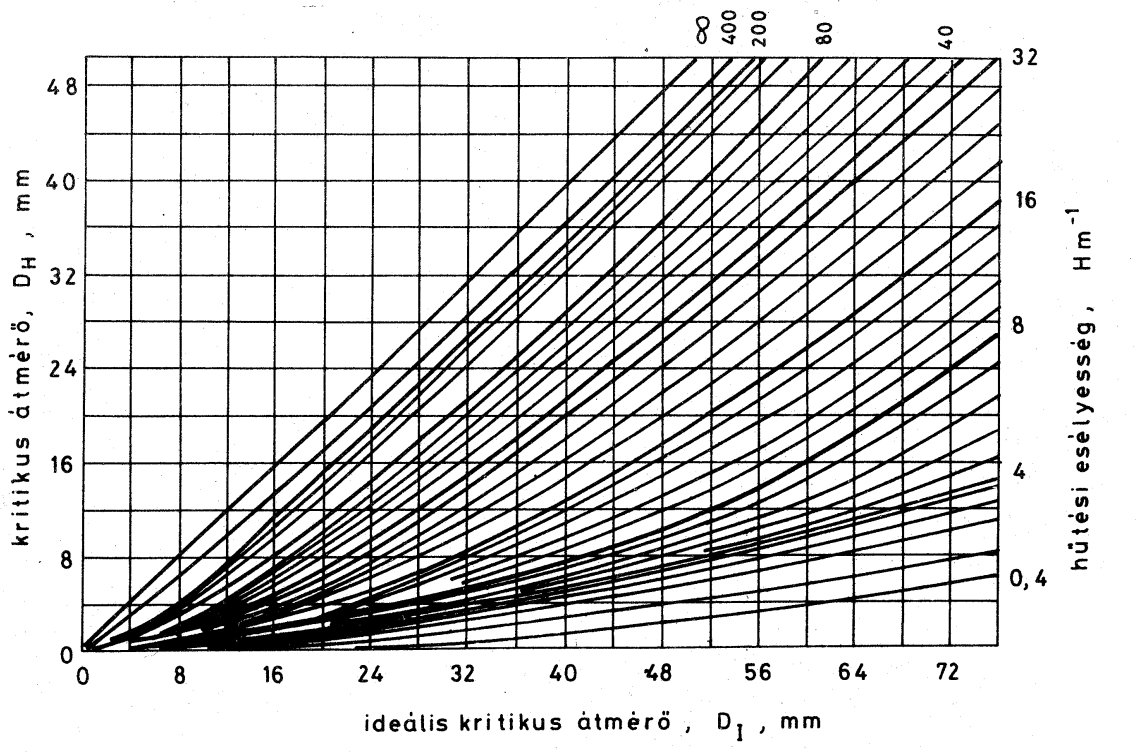
50-99,9% martenzit esetén az edzett acélok keménysége a karbontartalom függvényében.

5. Milyen hűtési erélyesség és hűtőközeg szükséges, ha az edződés kritériuma 90% martenzit keletkezése?



10a.ábra

A kritikus átmérő változása az ideális kritikus átmérő függvényében különböző intenzitású hűtésnél



10b.ábra

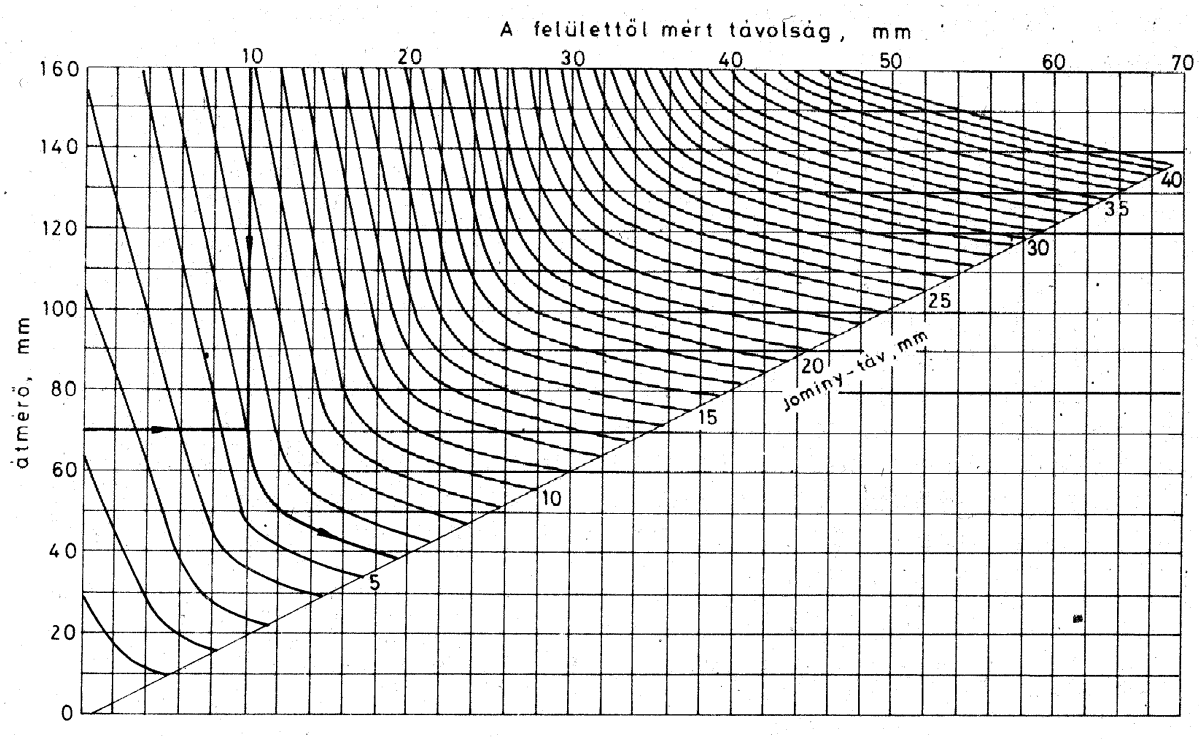
A kritikus átmérő változása az ideális kritikus átmérő függvényében különböző intenzitású hűtésnél

Áramoltatás	Hűtési erélyesség, H, m^{-1}			
	levegő	olaj	víz	sós víz
nincs	0,8	10-12	36-40	80
gyenge	-	12-14	40-44	80-88
mérsékelt	-	14-16	48-52	-
jó	-	16-20	56-60	-
erős	-	20-32	64-80	-
heves	3,2	32-44	160	200

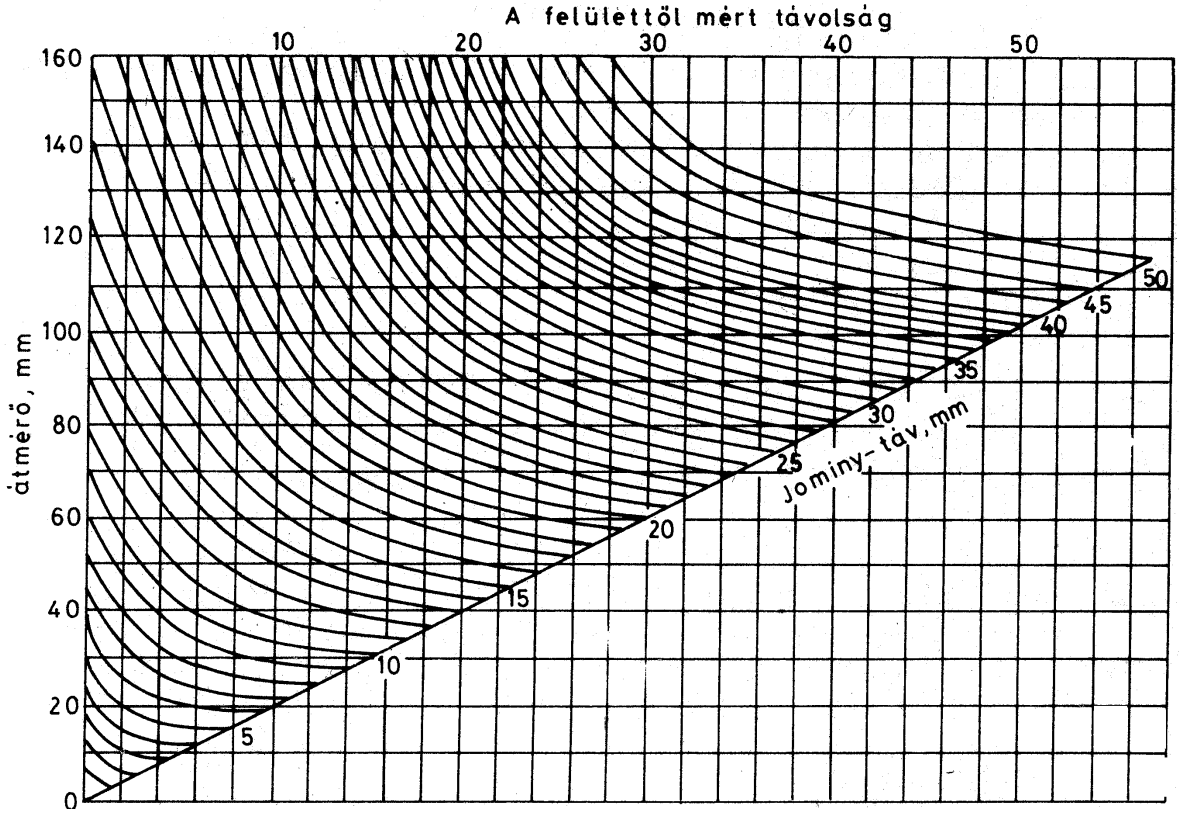
A feladat megoldása ugyanaz, mint a 3. feladatban csak a 9.ábrából a 90% martenzithez tartozó Rockwell keménységét határozzuk meg. Ezután ezzel számolunk tovább ez előbbiekben leírt módon.

6. Határozza meg a várható keménység eloszlását az adott anyagból készült adott átmérőjű rúdban, ha olajban illetve vízben edzzük azt.

A megadott sugarat öt egyenlő részre osztjuk és a 11. és 12.ábrákon látható nomogramok segítségével a vizsgált rúdátmérő mentén a felülettől mért távolságban meghatározható a Jominy-távolság. A kiadott Jominy-görbéből leolvasható ehhez a távolsághoz tartozó keménység értéke, vagyis a rúdban a felülettől egy adott távolságra lévő pont keménysége. A 11.ábra vastag vonallal bejelölt szerkesztővonalak alapján: 70 mm átmérőjű rúd keménységtraverzében a rúd felületétől 10 mm távolságban olyan lesz a keménység értéke, mint a Jominy-görbék az edzett véglaptól 6 mm távolságra.



11.ábra
A keménységtraverz meghatározására szolgáló nomogram a Jominy-görbe adatait alapján
Vízedzés ($H=80m^{-1}$)



12.ábra
A keménységtraverz meghatározására szolgáló nomogram a Jominy-görbe adatait alapján
Olajedzés ($H=16m^{-1}$)

5. Jegyzőkönyv

1. A csoport mellékelje az ötvözött és ötvözetlen acél edzhetőségi vizsgálatának diagramját!

2. Az ideális kritikus átmérő (D_I) számítása MSZ alapján:

MSZ jel: ……..

Moser-Legat módszer:

Ötvözőelemek	C	Mn	Si	Cr	Mo	Ni	
Alsó határérték							
faktorok	D_{ICmin}=						D_{Imin}=
Felső határérték							
faktorok	D_{ICmax}=						D_{Imax}=

c, A kapott értékek összehasonlítása a Magyar Szabvány alapján.

A Magyar Szabvány szerinti kritikus Jominy távolság:
alsó határérték:……mm
felső határérték:……...mm

A szabvány szerint megengedett ideális kritikus átmérők:
alsó határérték:……mm
felső határérték:……...mm

Minősítés Moser-Legat módszer szerint:

3. Az ideális kritikus átmérő (D_I) számítása DIN alapján

DIN szerinti acélminőség: ……..

Moser-Legat módszer:

Ötvözőelemek	C	Mn	Si	Cr	Mo	Ni	
faktorok	D_{IC}=						D_I=

A DIN szerinti kritikus Jominy távolság:…….mm

A DIN szerint megengedett ideális kritikus átmérő:……mm

Minősítés Moser-Legat módszer szerint:

4. 40 mm átmérőjű darab átedződéséhez szükséges hűtőközeg meghatározása, ha az edződés kritériuma 50% martenzit keletkezése:

A karbontartalom alapján a várható HRC:……..
Megállapított Jominy távolság:……..mm
Megállapított ideális kritikus átmérő:…….mm
A szükséges hűtési erélyesség:…….m^{-1}
Szükséges hűtőközeg fajtája:…….

5. 40 mm átmérőjű darab átedződéséhez szükséges hűtőközeg meghatározása, ha az edződés kritériuma 90% martenzit keletkezése:

A karbontartalom alapján a várható HRC:……..
Megállapított Jominy távolság:……..mm
Megállapított ideális kritikus átmérő:…….mm
A szükséges hűtési erélyesség:…….m^{-1}
Szükséges hűtőközeg fajtája:…….

6. Keménységtraverz meghatározása:

Adott átmérő:…….mm

Edzés módja:……

Felülettől mért távolság	Jominy távolság	HRC
mm	mm	
mm	mm	
mm	mm	
mm	mm	
mm	mm	

6. Irodalom

Verő-Káldor: Vasötvözetek fémtana, Műszaki könyvkiadó, Budapest 1980, 109-123. old.

Németh Emil: Acélok és nemvasfémek hőkezelése a gyártás technologiában, Műszaki könyvkiadó, Budapest 1981, 33-36. old.

Szombatfalvy Árpád: A hőkezelés technológiája, Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1985, 74-76. old.

Tranta Ferencné: Fémtan, Hőkezelés IV (egyetemi jegyzet), Tankönyvkiadó, Budapest, 1988, 24-40. old

Krauss: Principles of Heat Treatment of Steel, American Society for Metals 1988, p. 127-160

7. Ellenőrző kérdések

1. Melyek az edzhetőség feltételei?

2.Mi határozza meg a martenzit keménységét?

3. Mitől függ az átedzhetőség?

4. Mit nevezünk maradék ausztenitnek?

5. Mit nevezünk átedződő keresztmetszetnek?

7. Mi a felső kritikus lehűlési sebesség?

8. Mi az alsó kritikus lehűlési sebesség?

9. Milyen módszereket ismer az ideális kritikusátmérő megállapítására?

10. Mitől függ a Jomini-görbe kiinduló helyének értéke?

11. Mi az edzhetőségi sáv?

12. Mivel jellemezzük a hőkezelésben a hűtőközegek erélyességét?

13 Mi a kritikus Jomini távolság?

14. Rajzolja fel azonos karbontartalmú ötvözetlen és ötvözött acél Jominy-görbéjének várható alakját?

15. Rajzolja fel egy kis és egy nagy karbontartalmú ötvözetlen acél Jominy-görbéjének várható alakját?

16. Mi a kapcsolat az átedződő szelvény és a teljesen átedződött keresztmetszet között?

17. Mi indokolja az ötvözött acél felhasználását edzéskor?

18. Hogyan lehet meghatározni kísérletileg az acél edzhetőségét?

19. Mi az ideális kritikus átmérő? Milyen tényezők befolyásolják azt?

20. Mi a kritikus átmérő? Hogyan határozzuk meg?

21. Mi a hűtési erélyesség? Mi a dimenziója?

22. Hogyan befolyásolja a hűtés módja a hűtési erélyesség értékét?

23. Milyen a hatása az ausztenit szemnagyság durvulásának az átedzhetőségre?

24. Mit jelent a Jominy-görbe inflexiós pontja?

25. Mi a keménységtraverz? Mutassa be a víz- és olajhűtés hatását a keménységtraverzre?

26. Mutassa be az ausztenit szemnagyság hatását a keménységtraverzre?

27. Hogyan határozható meg az edződött kéreg vastagsága a keménységtraverz alapján?

Sorszám	Acél jele (DIN)	Acél összetétele								fokszám	MSZ jele	Átmérő/ edző közeg
		C	Mn	Si	Cr	Mo	Ni	V	Cu			
1	25 CrMo4/1	0,29	0,56	0,28	0,99	0,21	0,24	0,01	0,24	8	CMo 1	100/v
2	34 Cr 4/4	0,33	0,55	0,23	1,03	0,07	0,05	-	0,20	8	Cr 1	100/v
3	50 CrV 4/3	0,49	0,82	0,23	1,03	0,03	0,11	0,07	0,14	8	CrV 1	100/o
4	41 Cr 4/3	0,41	0,71	0,25	1,06	0,02	0,22	-	0,17	8	Cr 3	80/o
5	42 CrMo 4/4	0,38	0,62	0,18	1,03	0,21	0,22	-	0,28	8	CMo 4	80/v
6	42 MnV 7/4	0,41	1,65	0,26	0,13	-	0,07	0,07	0,19	8	Mn 2	60/o
7	34 CrMo 4/3	0,30	0,61	0,21	1,10	0,18	0,28	0,01	0,16	8	CMo 3	80/o
8	CK 45/1	0,48	0,59	0,26	0,23	0,02	0,23	0,01	0,19	8	C 45	60/v
9	16 MnCr 5/5	0,16	0,17	0,38	1,11	0,02	0,19	0,02	0,18	8	BC 3	100/v
10	15 CrNi 6/2	0,16	0,43	0,28	1,58	0,06	1,54	0,01	0,20	8	BCN 5	100/v