

# 1. A SZABVÁNYOS SZERKEZETI ACÉLOK HŐKEZELÉSÉNEK ÉS FELHASZNÁLÁSÁNAK IRÁNYELVEI

## 1.1. Hőkezelési technológiák

A szerkezeti acélok hőkezelésére számos szakkönyvből nyerhető részletes technológiai leírás. E fejezet csupán néhány fontosabb irányelvre, illetve különlegesebb szempontokra kíván rámutatni. Esetenként az egyes minőségek ismertetése is tartalmaz néhány utalást. Az ismételések elkerülése végett egy-egy megjegyzés csak egy helyen szerepel, célszerű ezért mindkét vonatkozó fejezetet áttekinteni.

*Feszültségcsökkentő izzítás.* Ennek a műveletnek az a célja, hogy a meleg- és hidegmegmunkálások során a munkadarabban felgyülemlett feszültségeket megszüntesse. A megmunkálási feszültségek ugyanis hozzáadódhatnak a hőkezelés folyamán fellépő hőfeszültségekhez és együttesen már meg nem engedhető mértékű vetemedést okoznak. Ilyen keletkezik a darab felületén pl. a nagyobb méretű forgácslevételnél.

A feszültségcsökkentés hőmérsékletét  $450-650\text{ }^{\circ}\text{C}$  közötti értékre választjuk, és minél magasabb ez a hőmérséklet, annál nagyobb a csökkenés mértéke. Pl.  $650\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on 1 h hőntartással az eredeti feszültségnek csak 10%-a marad meg. A hőmérséklet megválasztásakor a felület revésedését kell figyelembe venni, amely magasabb hőmérsékleten már jelentősebb. A hőntartási idő 2–4 h-ra veendő.

A feszültségcsökkenés végzésekor lassan hevítünk és hűtünk, hogy ne vigyünk be a darabba további hőfeszültséget. Ajánlott hőfokok a nagyobb (50 HRC feletti) keménységnél:

- hevítésre  $\varnothing 150\text{ mm}$  felett  $40-60\text{ }^{\circ}\text{C/h}$ ,  
                   $\varnothing 150\text{ mm}$  alatt  $60-80\text{ }^{\circ}\text{C/h}$ ,
- hűtésre  $\varnothing 150\text{ mm}$  felett  $20-30\text{ }^{\circ}\text{C/h}$ ,  
                   $\varnothing 150\text{ mm}$  alatt  $30-40\text{ }^{\circ}\text{C/h}$ ;

kiseb (50 HRC alatti) keménységnél:

- hevítésre  $\varnothing$  150 mm felett 60–80 °C/h,  
 $\varnothing$  150 mm alatt 80–100 °C/h,  
 hűtésre  $\varnothing$  150 mm felett 40–60 °C/h,  
 $\varnothing$  150 mm alatt 60–80 °C/h.

Edzett munkadarabon is végezhető feszültségcsökkentés, elsősorban a nagyobb méretű bonyolultabb alakú, vagy nagy karcsúságú alkatrészeknél. Előnyös ez pl. a nagyoló és simító köszörülés között, vagy műveletek után. Illyankor ügyelni kell arra, hogy a megeresztési keménység ne csökkenjen. Ezért az izlítás hőmérsékletét az eredeti megeresztés alatt 25–30 °C-ra választjuk 1–2 h hőntartással. A hasonló, bonyolult kialakítású darabokat edzés előtt is így kezeljük a forgácsolási feszültségek csökkentése végett.

Itt kell megemlíteni az öregítést is, amellyel mérsékelhető a későbbi méret- és alakváltozás. Az öregítést a kényesebb alkatrészeknél alkalmazzuk, amely az eredeti megeresztésnél alacsonyabb hőmérsékletre való lassúbb hevítésből, 3–6 h hőntartásból, majd lassú hűtésből áll. Az eljárás többször megismételhető. Magasabb hőmérsékleten végzett öregítéskor ügyelni kell a megeresztési ridegségre.

**Lágyítás.** A gyártó acélművek a szerkezeti acélokat lágyított állapotban szállítják, amely forgácsoláshoz is kedvező. Általában akkor végezzük, ha melegen alakítottunk, vagy különlegesen a követelmények az anyag szerkezetével szemben.

Egyszerűbb eljárás, amikor az  $A_{c1}$  hőmérséklete alá hevítünk, ott hőntartunk, majd hűtünk. A hőntartás az ötvöztelen acéloknál 2–3 h, az ötvöztötteknél 4–5 h. Célszerű a kemencében való hűtés kb. 500 °C-ig. Bár az  $A_{c1}$  alatti lágyításkor a hűtés sebességének nincs hatása a szerkezetre, mégis vigyázni kell arra, hogy nagyobb feszültségek ne keletkezzenek a darabban.

**Gömb szemcsésítő lágyítást** (szferoiditeszt) végzünk, ha igen kis keménységre törekszünk szemcsés perlitel. Ehhez a szerkezeti acéloknál célszerű az  $A_{c1}$  hőmérséklete fölé hevíteni kb. 30–50 °C-kal, majd 2–3 h hőntartás után 30–50 °C-kal az  $A_{c1}$  alá hűteni és itt tartani 4–6 h-t. Ezt a szokásos kemencehűtés követi kb. 500 °C-ig. Hasonló a változó hőmérsékletű ingalágyítás két-háromszor az  $A_{c1}$  + (30–50 °C)-ra hevítéssel, majd  $A_{c1}$  – (30–50 °C)-ra hűtéssel.

**Izotermikus lágyítással** is jól forgácsolható gömb szemcsés szövetszerkezet nyerhető. Ennél az anyaglapokon szereplő ausztenitesztés hőmérsékletére hevítünk, majd az  $A_{c1}$  hőmérséklete alá hűtünk. Végzésére az izotermikus idő–hőmérséklet–átalakulási diagramok adnak tájékoztatást, amelyek az elérhető keménységek és az átalakuláshoz szükséges hőntartási idők leolvashatók. Bővebb felvilágosítás az „Átalakulási és végfeldolgozási diagramok” c. fejezetben található. Ennek a műveletnek rövid a technológiai ideje: az ausztenitesztés ideje ötvöztelen acélnál 10–15 min, ötvöztött acélnál pedig 15–20 min. A műveletet gyors hűtés követi, amely célszerűen sófürdővel végezhető.

A normalizáló lágyítással igen lágy állapot nyerhető egyszerűbb eljárással. Itt az ausztenitesztés hőmérsékletére melegítünk, majd a kemencében hűtünk rövid hőntartás után kb. 500 °C-ig.

A szemcsedurvító lágyításra a megmunkálhatósággal foglalkozó fejezetben található rövid utalás.

Lágyításkor kerülni kell a túllágyítást, amelyet a hőmérséklet, vagy a hőntartási idő tekintélyes túllépése okoz. Ezt az állapotot a durva szemcsézet és kedvezőtlen mechanikai tulajdonságok jellemzik.

A lágyítási művelet kiválasztására és az elérendő optimális szerkezetre a további feldolgozás technológiája a mérvadó, így pl. hogy forgácsolással, vágással vagy képlékenyen fogunk-e alakítani.

**Normalizálás.** Ausztenitesztésből, majd az ezt követő levegőhűtésből áll. Mivel kisebb méretű ötvöztött acélnál készült daraboknál a levegőhűtés tekintélyes keménységnövekedést okozhat, elsősorban az ötvöztelen, vagy egész gyengén ötvöztött acéloknál alkalmazhatjuk. Hegesztés, melegmegmunkálás után iktatjuk be, főleg egyenletes, finomszemcsés szerkezet elérésére, de eldurvult szemcsézet is javítható ezzel a hőkezeléssel. Erősebben ötvöztött acéloknál, ahol a levegőhűtés nagyobb keménységet eredményez, utólag egy  $A_{c1}$  alatti lágyítási műveletet iktatunk be. Az ilyen levegőhűtéses normalizálás helyett célravezetőbb az előbb említett normalizáló lágyítás, kb. 600 °C-ig való hűtéssel.

**Edzés.** Az ausztenitesztés hőmérséklet-tartományára az egyes acélminőségek anyaglapjai adnak felvilágosítást. A nagyobb méreteknél a felső, kisebbeknél az alsó hőmérséklet határt választjuk. Az alsó határról való hűtéskor az edzési alakváltozások is várhatóan kisebbek. A tartomány túllépése durva szemcsézetet, rideg állapotot, valamint nagyobb maradék ausztenittartalmat eredményez.

Hőntartási idők szerkezeti acélnál a munkadarab teljes hőmérséklet-átvétele után:

– ötvöztelen	6–10 min,
– Mn- és Si-ötvöztetésű	8–12 min,
– CrMo-ötvöztetésű	10–15 min.

Az edzés eredményeinek értékeléséhez megjegyezhető, hogy a gyakorlatilag elérhető legnagyobb keménység 0,25% C-tartalomnál 45–48 HRC; 0,35%-nál 51–54 HRC; 0,45%-nál 54–59 HRC; 0,60% C-tartalomnál 58–62 HRC. 50% martenzithez 0,25% C-tartalomnál kb. 35 HRC, 0,35%-nál 41 HRC, 0,45%-nál 45 HRC, 0,60%-nál 51 HRC tartozik.

**Hűtés.** Általános szabály, hogy olyan hűtőközeget választunk, amivel a teljes ausztenit-martenzites átalakulás elérhető. A feleslegesen nagy sebességű hűtés repedést, elhúzódaást okoz. Mindenképp káros viszont a szükségesnél lassúbb hűtés, ahol az  $M_s$ -vonal átlépése előtt más átalakulási vonal metsződik, és kevert struktúrát kapunk. A hűtési sebesség helyes megválasztására az átalakulási diagramokkal foglalkozó fejezetből nyerhető felvilágosítás.



Előnyös a meleg olajban vagy sófürdőben való hűtés, mert ezek kisebb edzési feszültségeket eredményeznek. Az  $M_1$  hőmérsékletének közelében való hűtés, az ottani hőmérséklet-kiegyenlítés a darabon belül, majd a további levegőhűtés (martemperálás) kedvező a feszültségek és mechanikai tulajdonságok szempontjából. A sófürdő hűtési sebessége az olajénál valamivel kisebb, az  $500^\circ\text{C}$ -ra vonatkozó időtartamnak kb. 1,3-szorosa vehető  $200-300^\circ\text{C}$ -os jól karbantartott fürdőnél. Az  $200^\circ\text{C}$ -os MS 160 jelű sófürdő vizezhető, ilyenkor jobb a hűtése az olajénál, és víz-edző acélokkal is kedvező eredmény nyerhető. A megszakított (kombinált) hűtés is előnyös vizező acéloknál olaj- vagy sóhűtéssel, olajedzőnél levegőhűtéssel kombinálva. Itt kell utalni a polimer bázisú hűtővízadalékokra, amelyekkel a hűtési sebesség a víz- és olajhűtés közé tetszőlegesen beállítható. Ezzel a víz hűtés káros hatása számos esetben csökkenthető, ill. elkerülhető.

Mivel ez a művelet kívánja meg a legnagyobb szakértelmet és gondosságot, ezért elvégzéséhez utalunk a bőséges szakirodalomra.

Az *izotermikus nemesítés* (ausztemperálás), bénítés, szívós szövetszerkezetet eredményez. Elsősorban sóban végezhető, és jellemzője a rövid műveleti idő. Ausztemperálásból és az átalakulási görbékhez alkalmazkodó hűtésből áll. További részletek az ezzel foglalkozó fejezetből nyerhetők.

**Megeresztés.** Hőmérséklete az anyaglapokon szereplő diagramokból nyerhető, az előírt mechanikai tulajdonságokhoz illeszkedően. Hőntartási ideje legalább 1 h, erősen ötvöztött acéloknál 1,5–2 h. Bonyolult alakú munkadaraboknál az edzési rideg állapotra való tekintettel lassan hevítünk. Sófürdőknél levegőatmoszférás kemencében célszerű előmelegíteni. A megeresztési ridegséggel a mechanikai tulajdonságokat tárgyaló fejezet foglalkozik.

## 1.2. A felület védelme

A munkadarabok felületét oxidáció, dekarbonizáció és esetleges C-felvétellel szemben védeni kell. A védelem fajtáját a továbbfeldolgozás technológiája szabja meg.

Tökéletes módszer a védőgázban, vagy sófürdőben való hevítés, amelynél az acél összetételének megfelelő karbonpotenciált lehet beállítani, illetve megfelelő adalékokkal neutrális sókeveréket lehet készíteni. A felületet kamrás kemencében ládába csomagolva, szemcsében hevítve lehet megfelelően védeni. A szemcsék jellege a hőmérséklettől is függ. Az ausztemperálásnak a szerkezeti acéloknál szokásos hőmérsékletén a kiégetett öntöttvasforgács előnyös, mert semleges, vagy csak csekély mértékben cementál. Ebben a hőmérséklet-tartományban a koksz és faszén is nagyjából semlegesnek tekinthető. A homok és korundszemcsé dekarbonizáló hatású. Ládában való hevítéskor a hevítési idő meghatározásánál figyelembe kell venni, hogy a meleg nagyon lassan áramlik a szemcsén keresztül a középen lévő munkadarabok felé.

A gyártástervezés fontos feladata a ráhagyások meghatározása. Ez egyrészt a hőkezeléssel végbemenő felületi elváltozásokat, másrészt az ilyenkor keletkező méret- és alakváltozásokat foglalja magába. Megjegyzendő, hogy pl. kamrás kemencében levegőatmoszférában hevítve 2 h alatt kb. 0,4 mm-es dekarbonizált réteggel kell számolni. A méret- és alakváltozásokra vonatkozó ráhagyások mértékét az alkalmazott hőkezelési technológia, valamint a munkadarab alakja szabja meg.

## 1.3. Hevítés

A hevítés sebességét egyrészt a munkadarab jellemzői és a vele szemben felállított követelmények, másrészt a hevítőberendezés kapacitása szabja meg. A hevítés folyamán keletkező hőfeszültségek elhúzódadást, alakváltozást okoznak, ezért a bonyolult alakú, nagyméretű, kis köszörülési ráhagyással készített munkadarabot jóval lassabban kell hevíteni, mint pl. a melegen alakított nyers darabot. A hevítési sebességekre a szakkönyvekből nyerhető részletesebb felvilágosítás. Irányértékként elfogadható az ausztemperálás  $800-900^\circ\text{C}$ -os hőmérsékletére való hevítési időnek:

- nyers darabokra ötvöztelen és gyengén ötvöztött acélnál 1,5–2 min/mm,
- erősebben ötvöztött acélnál 2–2,5 min/mm.

Forgácsolással megmunkált darabnál célszerű a kb.  $500^\circ\text{C}$ -ra történő előmelegítés, amelynek időtartama kamrás kemencében  $\varnothing 100$  mm-enként 3 h, tehát ennyi szükséges a teljes keresztmetszeti hőmérséklet-átvitelhez. Ezután kapcsoljuk a kemencét az ausztemperálás kívánt hőmérsékletére. Nagyobb méretű darabok hőmérséklet-átvitelére egyszerű módszer, ha a felületi hőfok elérése után a jellemző méretnek felét vesszük milliméterenként percben (pl.  $\varnothing 200$  mm-nél 100 min).

Sófürdőben való hevítéskor is szükséges az előmelegítés. Mivel itt a darab hőmérsékletének alakulását nem láthatjuk, ezért a fürdőbe való teljes bemerítési idővel számolunk. Az egyes fürdőtípusokra és hőmérsékletekre vonatkozó részletes adatok a szakkönyvekben találhatóak.

A hőkezelés technológiai ideje — a hőntartás — az előírt hőmérsékletnek a teljes keresztmetszetben való átvétele után számítható.

## 1.4. Átalakulási és véglapédzési diagramok

Az átalakulási diagramok az egyes acélminőségek anyaglapjain szerepelnek. Az izotermikus diagramok az izotermikus lágyításra és nemesítésre (ausztemperálás) vonatkoznak. A folyamatos diagramok a hagyományos víz-, olaj-, só- vagy levegőhűtésre adnak felvilágosítást. A diagramok a szabványban lévő és az összetételt tartal-

mazó tűrésmező közepére, az ausztenitesítést illetően pedig a megadott hőmérséklet határok közepére vonatkoznak. Ezek a tervezéshez kellő biztonsággal használhatók.

A diagramokból megállapítható az átalakulás kezdetének és befejezésének ideje, és következtetni lehet az elérhető keménységre és a szövetszerkezetre is.

A diagramok egyszerű használatára a CMo 4 jelű nemesíthető króm-molibdén acéllal adunk példát. Az izotermikus lágyításkor az ott szereplő diagramokból leolvasható, hogy az ausztenitesítés után 600 °C-os sófürdőben hűtve 27 HRC körüli keménységet kapunk, és ezen a hőmérsékleten az átalakulás kb. 5 min alatt fejeződik be, és a szövetszerkezet ferrit-perlites lesz. Izotermikus nemesítéskor az ausztenitesítés utáni 400 °C-on történő hűtés 36 HRC-t ad. Az átalakulás kb. 10 min alatt végbe megy és bénites szövetszerkezet keletkezik. A diagramból leolvasott értékeket célszerű 30–50%-kal megnövelni, hogy elérjük a kellő biztonságot és a kevert struktúrát elkerüljük. Lényeges szempont, hogy a hűtés a hűtőfürdő hőmérsékletére kellően gyors legyen, s az átalakulási görbéket eközben máshol ne érintse. Ezért az izotermikus hőkezelés műveletei méretfüggőek, és nagyobb méretben csak az erősebben ötvözött acélok hűthetők (pl. NCMo 5, NCMo 6). Figyelembe kell venni a darab közepének hűtési jellegét, hogy a teljes keresztmetszetben azonos eredményt kapjunk. Sófürdőben való izotermikus nemesítéskor a hűtési időre  $\varnothing$  10 mm-nél 1 min, 20 mm-nél 2 min, 50 mm-nél 5 min vehető, hogy a darab a fürdő hőmérsékletét a teljes keresztmetszetben átvegye.

A folyamatos átalakulási diagramokon több hűlési görbe szerepel a hozzájuk tartozó keménységi értékekkel. Tudni kell, hogy adott átmérőjű darabon egy meghatározott hűtőközegben (pl. víz, olaj, levegő) hogyan alakul a hűlés a munkadarab felületén és közepén. Ehhez nyújt segítséget az 1. táblázat, amelyben az ausztenitesítés hőmérsékletéről 500 °C-ig való hűlés ideje az átmérő és a hűtőközeg minőségének függvényében van feltüntetve. Az itt kapott időt rávisszük a folyamatos hűtésre vonatkozó diagram 500 °C-os hőmérsékletének vízszintesére, és a tőle jobbra, illetve a balra lévő görbék adataiból becsléssel állapítjuk meg az elérhető keménységet és szövetszerkezetet. A táblázatból megállapítható, hogy az említett CMo 4 acélból készült,  $\varnothing$  60 mm-es tengely olajedzésénél a felület 34 s, a mag 57 s alatt hűl 500 °C-ra. A folyamatos átalakulási diagramban 500 °C-nál a 30 s-os görbénél 50 HRC, az 1 min-osnál 43 HRC a keménység. Így a felületre 48–49 HRC vehető, amely az 50 HRC-s görbéhez van közel. A magra 44 HRC becsülhető, ami a 43 HRC-s görbe mellett van. A folyamatos átalakulási diagramon feltüntetett hűlési jelleggörbék ugyanis hasonló módon haladnak, mint a táblázatban felsorolt hűtési módok. Ezek a táblázati értékek a munkadarab gyenge mozgatására vonatkoznak. A szövetszerkezet mindkét esetben martenzites-bénites lesz, mivel hűlés közben ezen átalakulások vonalait metszi.

Amennyiben nem körszelvényű darabot hűtünk, akkor a helyettesítendő méret egyenértékű átmérőre visszavezethető. Bővebb tájékoztatást a hűtással foglalkozó és a bevezetőben található fejezet nyújt.

Hűlési idő az edzés hőmérsékletétől 500 °C-ig

1. táblázat

A munkadarab átmérője, d, mm	A hűlés ideje, t											
	vízhűtéssel				olajhűtéssel				levegőhűtéssel			
	felület		mag		felület		mag		felület		mag	
	min	s	min	s	min	s	min	s	min	s	min	s
5		1		1,5		2		2,5	1		1	15
10		1,5		3		4		5	1	50	2	
15		2		5,5		6,5		8,5	2	40	4	
20		2,5		8,5		9		12	3	30	5	10
30		3		15		15		21	5	10	7	30
40		3,5		22		21		32	7		10	
50		4		30		27		44	8	30	12	
60		4,5		40		34		57	10		14	
70		5		50		41	1	10	12		17	
80		5,5	1			48	1	25	13		19	
90		6	1	10		56	1	40	15		21	
100		6,5	1	20	1	5	2		17		23	
125					1	25	2	50	21		29	
150					1	55	3	10	25		33	
175					2	20	4	40	29		38	
200					2	50	5	50	33		43	
250					3	50	6	20	42		55	
300					6		11		50		66	

Az átalakulási diagramokon a keménységértékek általában HRC-ben értendők, és számértékei körökben vannak feltüntetve (pl. 36). Igen kis keménységértékek-nél, ahol a HRC már nem vonatkoztatható, a szögletes keretben szereplő számok HV-értékeket jelentenek (pl. 160).

Az edzhetőség gyakorlati meghatározására a véglapedzési diagram is alkalmas. Ehhez a 2. táblázat nyújt segítséget, amelyben néhány átmérőre vonatkozóan megtalálhatók azok, a véglaptól való távolságok, amelyek megfelelnek az adott méretnél a felület, illetve a mag hűtési sebességének. Ez a táblázat olajhűtésre vonatkozik. A rövidebb idők a munkadarabnak a hűtőközegben való erősebb, a hosszabb idők pedig a gyengébb mozgatására vonatkoznak. Pl. ha CrV 3 acélból készült,  $\varnothing$  50 mm-es darabot hűtünk olajban, akkor a felületre vonatkozó távolság a táblázat szerint a véglapedzési próbán 6–9 mm-nek, a magra 14–19 mm-nek felel meg. Az anyaglapoknál található véglapedzési normáldiagramon a 6 mm-nek 54–64, a 9 mm-nek 53–63 HRC, a 14 mm-nek 49–62, a 19 mm-nek 44–60 HRC felel meg.



A véglapadzési diagram vonatkozó távolságai a munkadarab méretétől függően, olajhűtésre

2. táblázat

A méretek mm-ben

A vonatkozó távolság					
A munkadarab átmérője	12	25	50	75	100
felületre	2-4	4-6	6-9	11-15	21-25
magra	5-7	8-11	14-19	21-28	32-42

Eszerint a darabot mérsékelten mozgatva a felületen 53-63 HRC, a magban 44-60 HRC, erőteljesen mozgatva a felületen 54-64, a magban 49-62 HRC várható. Ezek a tág határok csökkenthetők, ha ugyanezt az acélt szűkített felső tartománnyal rendeljük meg. Így erőteljes mozgatáskor a felületre (6 mm) 57-64 HRC, a magra (14 mm) 53-62 HRC várható.

A hőkezelés eredményei, valamint a szilárdságra és a keménységre vonatkozó anyagjellemzők a szabványokban és acélművi ismertetőkben különböző egységekben szerepelnek. Így pl. az átalakulási diagramokon HRC szerepel; de a kisebb keménységnél HV van feltüntetve. A megeresztési görbéknél HRC-t, vagy N/mm<sup>2</sup>-t, illetve HB-t adnak meg. A lágyított állapotot HB-vel jelölik. A könnyebb kezelhetőség érdekében a 3. táblázat az MI 15191-79 alapján kivonatoltan közöl ezekre vonatkozó összehasonlító értékeket.

Acél keménységének és szilárdságának összehasonlító táblázata  
(kivonat az MI 15191-79-ből)

3. táblázat

Vickers, HV	Brinell, HB	Rockwell, HRC	$R_m$ N/mm <sup>2</sup>
100	95,0	—	320
120	114	—	385
140	133	—	450
160	152	—	510
180	171	—	575
200	190	—	640
220	209	—	705
240	228	20,3	770
260	247	24,0	835
280	266	27,1	900
300	285	29,8	965
320	304	32,2	1030
340	323	34,4	1095
360	342	36,6	1155
380	361	38,8	1220
400	380	40,8	1290
420	399	42,7	1350
440	418	44,6	1420
460	437	46,1	1485
480	—	47,7	1555
500	—	49,1	1630
520	—	50,5	1700
540	—	51,7	1775
560	—	53,0	1845
580	—	54,1	1920
600	—	55,2	1995
650	—	57,8	2180
700	—	60,1	—
750	—	62,9	—
800	—	64,0	—
850	—	65,6	—

## 1.5. A mechanikai tulajdonságok, az anyagválasztás és a hőkezelés összefüggése

### 1.5.1. Folyáshatár

Statikus igénybevételre való méretezéskor legtöbbször az adott hőkezelési állapotra vonatkozó folyáshatárt veszik figyelembe. Így adott nemesítési szilárdság, illetve keménység mellett lényeges annak nagysága, illetve a gyakran használatos folyáshatár/szakítószilárdság százalékos értéke. Esetenként ettől függ, hogy nagyobb biztonsággal is kisebb tömeggel lehet méretezni.

A hőkezelés eredményessége szempontjából a legjobb folyáshatár/szakítószilárdság viszonyszámot a tisztán martenzites szövetszerkezetből nyert és megeresztett finomszemcsés szferoidit eredményezi. Az anyag jellemzőinek jó kihasználásához ezért törekedni kell az adott körülmények között elérhető legnagyobb edzési keménységre, természetesen egy finomszemcsés mikroszerkezettel összekapcsolva. Különösen hátrányos a kevert martenzit-perlites kiindulási edzési szövetszerkezet, de még a martenzit-bénites is kedvezőtlen. A folyáshatár/szakítószilárdság viszonyt a kiindulási szövetszerkezet mellett a nemesítési szilárdság is befolyásolja. Egy teljesen martenzitesre edzett és különböző hőmérsékleten megeresztett acélnál a nagyobb szilárdság tartományában jobb az értéke. Így pl. egy megfelelően edzett és 1500 N/mm<sup>2</sup>-re megeresztett CMo 4 jelű acélnál 1350 N/mm<sup>2</sup>-t elérhet, míg 900 N/mm<sup>2</sup>-re nemesítve 700 N/mm<sup>2</sup> körül van. Ugyanez a martenzit-perlites szövetszerkezetnél 45 HRC-ra való edzés után 900 N/mm<sup>2</sup>-re nemesítve már csak 600 N/mm<sup>2</sup> körül lesz. Ezek szerint egy megfelelően edzett és 1500 N/mm<sup>2</sup>-re megeresztett CMo 4 jelű acélnál ez a viszonyszám eléri a 90%-ot, míg ugyanilyen állapotból 900 N/mm<sup>2</sup>-re nemesítve ez az érték 80% körül van. Amennyiben az edzés nem tökéletes, az érték akár 60%-ra is lecsökkenhet.

### 1.5.2. Ütőmunka

Az ütőmunkát az acél számos kémiai és fizikai tulajdonsága befolyásolja. A kémiai tulajdonságok közül megemlíthető a szénttartalom, az ötvöztetés, a szennyezés és a gáztartalom. A fizikai tulajdonságok közül a keménység, a szövetszerkezet, a szemcsenagyság, a hengerlési irány, valamint a gyártási eljárás és a felület elváltozásai említhetők meg.

Az ötvöztetést illetően például a karbon csökkenti az ütőmunkát, míg a mangán-  
nak erre nincs lényeges befolyása. A foszfor mindkét jellemzőt erősen rontja, míg a kén a keresztirányú próbák értékeit csökkenti. A nikkelnek erőteljes a javító hatása. A finomszemcsés szerkezetnek jobb az ütőmunkája, és ebből a szempontból az alumíniummal nyugtatott acélok kedvezőek. Lényeges a melegmegmunkálás iránya; a keresztirányban vett próbák energiaértékei kisebbek lehetnek, mint a hosszirányúé, és az értékei is nagyobb szórást mutatnak.

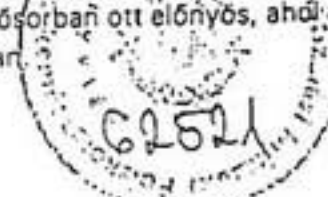
Az ütőmunka értéke azonos minőségű és ausztenitesítésnél a megeresztés függvényében növekszik a kisebb folyáshatárértékek irányában. Azonos szakítószilárdság vagy folyáshatár azonban sem az energia nagyságára, sem az átmeneti hőmérsékletre nem jellemző, a hőkezelés módjának döntő a befolyása. A melegen hengerelt kivételhez képest a normalizált jobb értéket ad, de ez is alatta van az edzett és megeresztett állapotúnak. Ez utóbbinál mind az energiára, mind pedig az átmeneti hőmérsékletre kedvezőbbek az értékek. A jó ütőmunkához az edzéskor törekedni kell az elérhető legnagyobb martenzittartalomra. A kevert struktúrák (martenzit-perlites, martenzit-bénites) rontják az értéket ugyanolyan megeresztési keménységet véve alapul.

A hőkezelés körülményei is fontosak. Minimális szénfelvétel a felületen rideglő hatása miatt rontja az ütőmunkát. A dekarbonizáció kis mértékben javíthat ugyan, de ez egyéb káros hatása miatt kerülendő.

A megeresztési ridegség az ütőmunka értékének erőteljes csökkenésével fejezhető ki, és az acél ötvöztetésére jellemzően a 350–650 °C-ra való hevítés, ottani hőtartás és onnan való lassú hűtés eredményezheti. Nem érinti a szokásos húzóvizsgálattal nyert szakítószilárdságot, folyáshatárt és nyúlást vagy keménységet, de a kifáradási jellemzőket sem.

A megeresztési ridegség jól mérhető az átmeneti hőmérséklet emelkedésével. Az acél összetételének hatását vizsgálva az ötvözők közül a nitrogénnek a legkárosabb a hatása: 0,01% N-tartalom 200–300 °C-kal emeli az átmeneti hőmérsékletet. Ezért van jelentősége azoknak az ötvözőknek, amelyek lekötik a nitrogént (Al, Ti). A foszfornak is hasonlóan hátrányos a hatása. Ezt a karbontartalom szintén emeli; 0,1% kb. 25 °C-kal. A tisztán nikkelötvöztetés erősen csökkenti az átmeneti hőmérsékletet; néhány százalék a fagypontra alacsonyítja. Krómötvöztetéssel együtt viszont erősen ront, ugyanis a CrNi- és a CrMn-ötvöztetésű acélok hajlamosak a legjobban a megeresztési ridegségre. A finomszemcsés viszont előnyös, mert az átmeneti hőmérsékletet jelentősen csökkenti. A fémek ötvözők közül kedvező a molibdén hatása: a szokásos mennyiségben ötvözve (< 0,4%), mind az említett ötvözők, mind a lassú hűtés káros hatását képes csökkenteni, illetve kiegyenlíteni.

A megeresztési ridegség elkerülése a megeresztés hőmérsékletéről való gyors hűtés, vagy molibdénötvöztetésű acél használata a kedvező. A gyors hűtés történhet vízben, vagy olajban, a darab méretétől és az acél repedésérzékenységétől függően. A molibdénötvöztetés elsősorban ott előnyös, ahol a gyors hűtésnek (pl. nagyobb szelvényeknél) akadálya van.





A szövetszerkezet hatását vizsgálva, a legnagyobb martenzittartalomra edzett, majd megeresztett acélnál a legalacsonyabb az átmeneti hőmérséklet változatlan egyéb jellemzők mellett. A bénites és perlités, vagy ilyen jellegű kevert struktúrák erősen emelik. A finomszemcsés szferoidit a legelőnyösebb ebből a szempontból.

A megeresztési ridegséggel terhelt munkadarabok 650 °C-ra újból hevítve, majd onnan gyorsan hűtve javíthatók.

Ütőszerszű igénybevételnek kitett, erős feszültségkoncentrációjú helyekkel ellátott és alacsony hőmérsékleten dolgozó alkatrészeknél (pl. a földmégmunkáló gépek) kis átmeneti hőmérséklettel rendelkező minőséget kell választani. Legjobb a finomszemcsés, alacsony C-tartalmú, Ni-Mo kombinációjú acélok, figyelembe véve a kialakításnál a hengerlés irányát. Edzéskor a teljes martenzites szövetszerkezetre kell törekedni. A karbontartalmat illetően azt a legkevesebbet tartalmazó minőséget kell választani, amivel a kellő megeresztési keménység még elérhető.

### 1.5.3. Kifáradási határ.

A kifáradási határra a vegyi összetétel, a mikro- és makrostruktúra vannak hatással, és befolyásolja a gyártás módja, a hőkezelés, a felület állapota is. Összefügg továbbá az acél mechanikai jellemzőivel, így pl. a szakítószilárdsággal, a folyáshatárral, az ütőmunkával és egyéb szívóssági jellemzőkkel.

A szakítószilárdság, illetve keménység összefüggése a kifáradási határral egyenesen arányos, természetesen csak kellő megszorításokkal és megfelelően hőkezelt állapotban. Ez az arányosság 35 HRC-ig érvényes, nagyobb keménységnél már növekszik a szórás.

A szívósságot javító ötvöző elemek előnyös hatásúak. A szennyezőknek erős a befolyása: elsősorban a durva szulfidzárványok károsak. A melegalakítás irányát illetően a keresztirányban vett próbák értékei a kedvezőtlenek.

A mikroszerkezet jellege is döntő. Nemesített állapotban a finomszemcsés szferoidit adja a legjobb kifáradási értéket ugyanolyan keménységnél vagy szilárdságnál. Ilyet a közel 100%-os martenzittartalomra való edzéssel és megeresztéssel nyerünk. A kevert szövetszerkezet hátrányos: pl. a perlitet is tartalmazó azonos szilárdságú anyagnak már jóval kisebb a kifáradási határa. Ilyen keletkezik pl. ha ausztenitesítés után a hűtés nem eléggé gyors. Jó kifáradási érték nyerhető a homogén szövetszerkezetet eredményező ausztemperálással is. Különösen előnyös ez a szövetszerkezet akkor, ha a felhasználásnál erőteljes lökészszerű igénybevételek is fellepnek.

A hőkezelésnél előálló felületi dekarbonizáció rendkívül káros. A kismértékű szénfelvétel előnyös ugyan, de az ütőmunkát rontó hatása miatt nem ajánlható. Hasonlóképpen javítja a kifáradást a nitridálás.

A kellő biztonságot adó, valamint az anyagban rejlő tulajdonságokat legjobban kihasználó tervezésnél az említett összefüggéseket figyelembe kell venni.

### 1.5.4. Forgácsolhatóság

A forgácsolhatóság számos tényezőnek, így a megmunkált anyag állapotának, a technológiai jellemzőknek és a szerszám geometriájának a függvénye. Általános irányelvként megemlíthető, hogy a rövid, tört forgácsot adó eljárás a kedvező.

A kis széntartalmú acélok (pl. betétedzésű acélok) nagy képlékenységük miatt nehezen forgácsolhatók: élrátétet képeznek és a forgácsolt felület durva, szakadozott. Ezeknél a nemesítés segít, és igyekezzünk 200 HB körüli keménységet elérni. A nagyobb C-tartalmú és ötvözött acéloknál viszont a szemcsés perlités lágyított szövetszerkezet a kedvező.

Az alábbi felsorolás szerinti állapot, illetve szövetszerkezet tekinthető optimálisnak a C-tartalom függvényében:

0,06—0,20%	melegen hengerelt
0,20—0,30%	Ø 50 mm alatt normalizált
	Ø 50 mm felett melegen hengerelt
0,30—0,40%	durva perlitre lágyítva, kevés ferrittel
0,4—0,6%	durva lemezes perlit és szferoidit
0,6—1,00%	durva szferoidit

A megmunkálást elősegítő hőkezelések közül a szemcsedurvító izzítást lehet említeni, amelynél 950 °C körüli hőmérsékleten 2—3 h hőntartással, majd 600 °C-ig való lassú hűtéssel lágyítunk. Általában 160—190 HB közötti keménységek megfelelőek a szokásos forgácsolási eljárásokhoz.

Sokszor problémát jelenthet a felület minősége, különösen kis sebességű forgácsolásnál, pl. hátraesztérgáláskor, üregeléskor. Célravezetők ilyenkor a nagyobb nemesítési keménységek, amelyek 250—350 HB-t is elérhetnek.

## 2. ÁLTALÁNOS RENDELTETÉSŰ ÖTVÖZETLEN SZERKEZETI ACÉLOK (MSZ 500—81)

Az acélfelhasználásnak a kb. 2/3 részét ezek a minőségek képezik. Két csoportban gyártják.

Az A csoport minőségeit szállítási állapotukban használják fel, pl. gépalkatrészként, magas- és mélyépítésben, járműgyártásban. A különböző profilú rúd- és idom-acélok, lemezek, abroncsok is jórészt ezekből a minőségekből készülnek. A felhasználáskor a méretezés alapját a szabványban garantált szakítószilárdságuk, folyáshatáruk, szakadási nyúlásuk és hajlíthatóságuk képezi. Az előírt mechanikai értékeket a szállító acélmű meleghengerléssel vagy normalizálással éri el.

A B csoportba tartozó acélokat vegyi összetételük jellemzi. Általában kohászati féltermék alakjában hozzák forgalomba, és rendszerint melegen alakítják tovább, pl. kovácsológépen gyártott vagy süllyesztékes kovácsdarabok alakjában.

Bár az A csoport acéljainál is közlik a vegyi összetételt, a melegmegmunkálás után hőkezelni csak a B csoport acéljait szokás. Ez is csak lágyításból, vagy normalizálásból áll. Ha ugyanilyen jellegű ötvözetlen acélból pl. nemesített alkatrészt készítenek, ehhez a hőkezelés céljára megfelelően kikészített MSZ 6185 szerinti C-sorozatú acélok (C 22—C 60) alkalmasak az ott felsorolt információkkal, amilyenek pl. a vég-lapedzési görbék, a hőkezelés jellemző adatai és eredményei.

Ezeknek az acéloknak a különböző célra való alkalmasságát a gyártási módszer, a vegyi összetétel és a mechanikai tulajdonságok jellemzik, és ez már a szerkezettől is függő tervezési szakterülethez tartozik. Ami a hegesztést illeti: általában azok a minőségek alkalmasak gáz- és villanyhegesztésre, amelyeknek a C-tartalma az adagelemzéskor a 0,22%-ot nem haladja meg. Leolvasztó tompáhegesztésre a nagyobb karbontartalmúak is alkalmasak megfelelő intézkedésekkel, így előmelegítéssel, vagy hegesztés utáni lassú hűtéssel.

Ezeknél a szerkezeti acéloknál hegesztés utáni hőkezelésként feszültségcsökkentés, normalizálás, vagy lágyítás jöhet szóba.

Az általános rendeltetésű ötvözetlen acélok felhasználását az igénybevétel módja és a megmunkálási lehetőségek szabják meg. Így pl. igen kis terhelésekre és jelentősebb fárasztó igénybevétel nélküli tengelyekhez az A 38—A 44 vagy a nagyobb szilárdságú A 50—A 70 alkalmazható. Hasonlóképpen szakaszos üzemű fogaskerekekhez is felhasználható A 50—A 70 típusú acél, kis felületi nyomásra.

Egyéb területekre nyújt választékot — a minőségeket átlapolva — a következő felsorolás:

- A 34 Raktári és gépállványok, konzolok, talpak.  
Csőszelvények, peremek, karimák, tömszelencék.  
Csavarok, anyák.  
Saruk, bilincsek.
- A 38 Dobok, kötéltárcsák.  
Szerszámgépek közlőműveinek kapcsolóelemei. Szerszámtartók.
- A 44 Gépek kevésbé igénybe vett alkatrészei, pl. távtartógyűrűk, csapágyhüvelyek, szabályozókarok és kerek.
- A 50 Csigakerek, kötéltárcsák.  
Horgok, állítóvillák, vezetékek.
- A 60 Rögzítő- és illesztőcsapok, ütközők, ülékek.
- A 70 Nagyobb igénybevételű csavarok, pl. ászok- és töcsavarok. Orsók.

Az anyaglapokon a mechanikai értékek szélesebb szóróterülete a vegyi összetétel nagy tűrésmezeje miatt jelentkezik.



## Az acélminőség jele: B 34 X, B 34 B

Rendkívül lágy, ötvözetlen szerkezeti acél, kézi szerszámokkal is könnyen megmunkálható.

Az acélminőség jele	Az acélminőség csillapításának jellege	Vegyi összetétel a termékben, %				
		C	Mn	Si	P <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
B 34 X	csillapítatlan	0,06–0,18	0,21–0,55	max. 0,07	0,050	0,055
B 34 B	csillapított	0,07–0,18	0,22–0,55	0,10–0,33	0,050	0,055

Mechanikai tulajdonságok normalizált állapotban			
Méret, Ø, mm	Szakítószilárdság, R <sub>m</sub> , N/mm <sup>2</sup>	Folyáshatár, R <sub>0,2</sub> , N/mm <sup>2</sup>	Szakadási nyúlás, legalább, %
16	380–520	210–290	32–27
40	370–510	200–280	32–27
63	360–500	190–270	33–28
100	340–480	180–260	33–28

A melegalakítás hőmérséklete	1200–850 °C
A normalizálás hőmérséklete	900–930 °C
A lágyítás hőmérséklete	650–700 °C
A keménység, lágyítva, legfeljebb	150 HB

## Az acélminőség jele: B 38 X, B 38 B

Lágy, ötvözetlen szerkezeti acél, kézi szerszámokkal is megmunkálható.

Az acélminőség jele	Az acélminőség csillapításának jellege	Vegyi összetétel a termékben, %				
		C	Mn	Si	P <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
B 38 X	csillapítatlan	0,11–0,25	0,26–0,65	max. 0,07	0,050	0,055
B 38 B	csillapított	0,11–0,23	0,37–0,70	0,10–0,33	0,050	0,055

Mechanikai tulajdonságok normalizált állapotban			
Méret, Ø, mm	Szakítószilárdság, R <sub>m</sub> , N/mm <sup>2</sup>	Folyáshatár, R <sub>0,2</sub> , N/mm <sup>2</sup>	Szakadási nyúlás, legalább, %
16	420–570	230–320	30–24
40	410–560	220–310	30–24
63	400–550	210–300	31–25
100	380–530	200–290	31–25

A melegalakítás hőmérséklete	1200–850 °C
A normalizálás hőmérséklete	890–920 °C
A lágyítás hőmérséklete	650–700 °C
A keménység, lágyítva, legfeljebb	155 HB

## Az acélminőség jele: B 44, B 44 B

Mérsékelt szilárdságú, ötvöztelen szerkezeti acél.

Az acélminőség jele	Az acélminőség csillapításának jellege	Vegyi összetétel a termékben, %				
		C	Mn	Si	P <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
B 44	csillapított	0,15—0,28	0,47—0,85	0,10—0,38	0,050	0,055
B 44 B	csillapított	0,12—0,24	0,67—1,05	0,10—0,38	0,050	0,055

Mechanikai tulajdonságok normalizált állapotban			
Méret, Ø, mm	Szakítószilárdság, R <sub>m</sub> , N/mm <sup>2</sup>	Folyáshatár, R <sub>eh</sub> , N/mm <sup>2</sup>	Szakadási nyúlás, legalább, %
16	450—650	250—350	27—19
40	440—640	240—340	27—19
63	430—630	230—330	28—20
100	410—610	220—320	28—20

A melegalakítás hőmérséklete	1150—850 °C
A normalizálás hőmérséklete	880—920 °C
A lágyítás hőmérséklete	650—700 °C
A keménység, lágyítva, legfeljebb	170 HB

## Az acélminőség jele: B 50

Általános felhasználású, jól forgácsolható, ötvöztelen szerkezeti acél.

Az acélminőség jele	Az acélminőség csillapításának jellege	Vegyi összetétel a termékben, %				
		C	Mn	Si	P <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
B 50	csillapított	0,26—0,40	0,47—0,85	0,10—0,38	0,050	0,055

Mechanikai tulajdonságok normalizált állapotban			
Méret, Ø, mm	Szakítószilárdság, R <sub>m</sub> , N/mm <sup>2</sup>	Folyáshatár, R <sub>eh</sub> , N/mm <sup>2</sup>	Szakadási nyúlás, legalább, %
16	540—720	300—410	23—14
40	530—710	290—400	23—14
63	520—690	280—390	24—15
100	500—670	270—370	24—15

A melegalakítás hőmérséklete	1100—850 °C
A normalizálás hőmérséklete	870—910 °C
A lágyítás hőmérséklete	650—700 °C
A keménység, lágyítva, legfeljebb	195 HB



## Az acélminőség jele: B 60

Kemény, ötvözetlen szerkezeti acél, jó szilárdsági tulajdonságokkal.

Az acélminőség jele	Az acélminőség csillapításának jellege	Vegyi összetétel a termékben, %				
		C	Mn	Si	P <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
B 60	csillapított	0,36—0,52	0,47—0,85	0,10—0,38	0,050	0,055

Mechanikai tulajdonságok normalizált állapotban			
Méret, Ø, mm	Szakítószilárdság, R <sub>m</sub> , N/mm <sup>2</sup>	Folyáshatár, R <sub>eh</sub> , N/mm <sup>2</sup>	Szakadási nyúlás, legalább, %
16	630—810	360—460	18—11
40	620—800	350—450	18—11
63	600—780	340—440	19—12
100	580—750	320—420	19—12

A melegalakítás hőmérséklete	1100—850 °C
A normalizálás hőmérséklete	850—890 °C
A lágyítás hőmérséklete	650—700 °C
A keménység, lágyítva, legfeljebb	215 HB

## Az acélminőség jele: B 70

Kemény, nagy szilárdságú, ötvözetlen szerkezeti acél.

Az acélminőség jele	Az acélminőség csillapításának jellege	Vegyi összetétel a termékben, %				
		C	Mn	Si	P <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
B 70	csillapított	0,48—0,65	0,47—0,85	0,10—0,38	0,050	0,055

Mechanikai tulajdonságok normalizált állapotban			
Méret, Ø, mm	Szakítószilárdság, R <sub>m</sub> , N/mm <sup>2</sup>	Folyáshatár, R <sub>eh</sub> , N/mm <sup>2</sup>	Szakadási nyúlás, legalább, %
16	720—890	410—510	14—8
40	710—880	400—500	14—8
63	690—860	390—490	15—9
100	660—830	370—470	16—10

A melegalakítás hőmérséklete	1050—850 °C
A normalizálás hőmérséklete	840—800 °C
A lágyítás hőmérséklete	650—700 °C
A keménység, lágyítva, legfeljebb	245 HB

### 3. BETÉTBEN EDZHETŐ ACÉLOK (MSZ 31—85)

A betétben edzett alkatrészeket a jó felületi kopásállóság, megfelelően hőkezelve a jó magszilárdság, kifáradási határ és ütmunka-jellemzik. Az edzett kéreg viszont javítja a kifáradási határt. A kéreg tulajdonságait a cementálási technológia, a magét az acél összetétele és a cementálást követő hőkezelés határozza meg. Ez utóbbinak úgy van szerepe az átédződésben, hogy a mag mechanikai jellemzői milyen szelvény méretben garantálhatók.

A betétben edzhető acélok erősen kenődő típusúak, a jó forgácsolhatósághoz szükséges intézkedésekre a könyv bevezető részében történt utalás. Ezeket a szabványos minőségeket a forgácsolhatóság javítására, kötött kéregtartalommal (0,020—0,035%) is gyártják, jelölésük az acélminőség jele után illesztett E betű (pl. BC 3 E).

Ha az acélt képiékenyen hidegen alakítják, akkor a lágyításra vonatkozóan szemcsés cementitire törekszünk. Ez az  $A_{c1}$ -pont hőmérsékletének tartományában néhány órás hőntartásból (kb. 4 h), majd az ezt követő lassú hűtésből áll. Előnyös annak közelében a váltakozó hőmérsékletű, ingalágítás is. Kiváló felülethez nagyobb szilárdságra nemesítünk, a mag  $A_{c3}$  30 °C hőmérsékletéről (C és BC 920 °C; C Mo 900 °C; BNC és BNCMo 880 °C) való hűtéssel, majd 400—600 °C-os megeresztéssel. Izotermikusan is lágyíthatók ugyanezen hőmérsékletéről perlit-ferrites szövetszerkezethez. Hűtésre a BC és BCMo minőségeknél 650 °C ajánlható 1 h hőntartással. A nikkelrel ötvözöttek átalakulási ideje jóval hosszabb.

A cementálás végezhető szemcsében, sóban és gázban. A réteg C-tartalmát a közeg, mélységét a hőmérséklet és hőntartási idő adja. Általában 900—920 °C az alkalmazott hőmérséklet. A C-tartalmat 0,7—0,9% közé célszerű beállítani, a túlcementálódás káros, a cementitháló kialakulása, a réteg ridegsége miatt. Legnagyobb keménységet a Cr és CrMo minőségnél 0,8—0,9%, a CrNi-Mo ötvöztésűeknél 0,7% körül kapjuk. Nagy rétegvastagságokhoz és karbidképző ötvözőket nem tartalmazó acélhoz erősebben aktivált, karbidképző ötvözőket tartalmazókhöz viszont kevésbé aktivált közeget használunk. Ez utóbbiak ugyanis hajlamosak a túlcementálódásra.

Szemcsében való cementáláshoz különböző mértékben aktivált anyagok kaphatók. Célszerű a régebbi szemcsé felhasználása új szemcsével keverve. A kisebb dobozméretetek jók, nincs nagy hőntartási különbség a különböző helyen lévő darabok között.

Cementálófürdők is gyengébben vagy erősebben aktivált minőségben kaphatók, vagy állíthatók össze. Az egyenletes hatáshoz előnyös a folyamatosan friss cianidpótlás. Különösen alkalmas a sófürdő vékony rétegekhez (pl. műszeralkatrészekhez) 0,1—0,2 mm vastagsághoz. A sófürdő kitűnik még azzal, hogy szép a cementált felület (pl. műanyag-alakító szerszámokhoz), és könnyen polírozható. Több technológiához alkalmas, mint pl. az izotermikus átalakítással végzett edzéshez is.

Gázcementálás számos eljárással (pl. generátorgázzal, csepegtetős eljárással) végezhető. Nagy tömegű gyártásnál alkalmazzák, elsősorban az egyes kemencetípusokhoz jól kialakult technológiákkal. 0,7—0,8% C-os kéregtartalom a kedvező.

**Direktedzés.** A cementálás utáni közvetlen hűtés gazdaságos eljárás, mert a két műveletet egyesíti. Elsősorban a gázcementálásnál alkalmazzák. A magas hőmérsékletű hűtés hátrányainak kiküszöbölésére (elhúzóadás, repedésveszély) célszerű a hűtés előtt, az edzéshez még megfelelő alacsonyabb hőmérsékletre hűteni, és azon a hőfokon teljes keresztmetszetében kiegyenlíteni. Erre a technológiára elsősorban az ún. finomszemcsés acéltípusok alkalmasak. Az MSZ-minőségek közül esetleg a kisebb Mo- és Ni-ötvöztésűek a gazdaságosabbak.

A direktedzéskor nagyobb a maradék ausztenittartalom, ezért is tanácsos az alacsony hőmérsékletre való edzés előtti hűtés. Célszerű még az  $A_{c1}$  alá való hűtés hőfok-kiegyenlítéssel, majd az edzés hőmérsékletére való újabb hevítés. Nagyobb C-tartalomnál nő a maradék ausztenit mennyisége; ilyenkor arra kell törekedni, hogy a kéregben kevesebb legyen a C mennyisége (0,8% alá).

**Egyszeri edzés.** Egyszeri edzés végezhető a kéreg, vagy a mag hőmérsékletéről, esetleg a kettő közötti tartományból. Elsősorban akkor alkalmazzuk, amikor a cementálás után lassan hűtik le a darabot (pl. dobozban, szemcsében cementálva).

Ha a kéregedzéskor a kéreg  $A_{c3}$  hőmérsékletét meghaladó hőmérsékletre hűtünk, akkor jó kopási jellemzőkkel rendelkező finomszemcsés, kemény és homogén kérget kapunk. A mag csak részben alakul át, ezért megtartja a cementáláskor eldurvult szemcsézetét és viszonylag lágy marad. Mivel ez a cementitháló oldására nem alkalmas, ezért tanácsos 0,8% C alatt maradni. Az alacsony ausztenitesítési hőmérséklet miatt csekély az elhúzóadás is, tehát az edzés után a mag kis keménysége miatt bonyolult alakú darabok is egyengethetők.

A mag hőmérsékletéről való edzéskor a mag teljesen átalakul: finomszemcsésé, nagy szilárdságúvá és szívóssá válik. A kéreg durvaszemcsés lesz, a cementitháló feloldódik, viszont nagyobb ausztenittartalommal kell számolni. A magedzést ezért rövid hőntartással kell végezni. Nagyobb edzési vetemedéssel is számolni kell. Ilyenkor is előnyös a kéreg kisebb C-tartalma.



A két eljárás közötti hőmérsékletmezőből történő hűtés kompromisszumos megoldást nyújt azért, hogy kiküszöbölje azok hátrányait. Ez a módszer azonban nagyobb gyártási tapasztalatot igényel.

**Egyéb eljárások.** A betétedzésnek az említett két leggyakoribb technológiáján kívül még számos más módszere is ismeretes. Ezek között említendő meg a kettős edzés, amely mélyebb cementálásnál mind a magban, mind a kéregben finomabb szemcsét és nagyobb szilvosságot eredményez. Hátránya, hogy nagy a vetemedés, drága az eljárás, és romlik a mag szilárdsága.

Az izotermikus átalakítással történő eljárásnál a cementálás után egy megfelelő hőmérsékletre hűtünk (gyengébben és közepesen ötvöztött acélokknál pl. 550–400 °C, 1 h), majd az átalakulás után visszamelegítünk a kéregedzés hőmérsékletére.

A betétedzett munkadarabokat edzés után megereszti. A legnagyobb keménység nem mindig adja a legjobb élettartamot, ezért a keménységet 58–61 HRC-n belül célszerű megválasztani. A megeresztést ehhez igazodva 160–220 °C között végezzük: az ötvöztelen acélt az alacsonyabb, az ötvöztötteket a magasabb hőmérséklet közelében.

A betétedzéshez választandó anyagminőséget és technológiát az igénybevétel módja és nagysága szabja meg. A magszilárdsághoz a méret és ötvöztetés a mérvadó; a C-tartalom a magszilárdságnak elérhető legnagyobb értékét, az ötvöztetés pedig az átedződő méretet szabja meg. A kéregvastagságot és C-tartalmat a felületi terhelés nagysága és fajtája, a koptató és ütősszerű igénybevételek jellege határozza meg. Így pl. nagy fajlagos terheléshez és ütősszerű igénybevételhez vastagabb, szilvós, kisebb C-tartalmú kérget létesítünk. A nikkelötvöztetésű acélok finomszemcséséek, a magnak jó a szilvossága. Az Mn-Cr és Cr-Mo ötvöztetésű anyagoknak jó a kopásállósága, a mag kevésbé szilvós. A betétedzésnél mindenképpen kiemelendő szempont a gazdaságosság, amely nemcsak az acélra, hanem a választott technológiára is vonatkozik. Nagy méretekhez, ahol az átedződés miatti hosszú hőtartás következtében a szemcsedurulás fenyeget, a Ni-ötvöztetésű BCMo 1 BNC 5, valamint a BNC 2 és BNCMo 2 ajánlható.

A betétben edzhető acélok fő felhasználási területei a fogaskerékek, a tengelyek, a hajtóművek alkatrészei, a csigahajtás orsói, a bütykös tengelyek. A rendelkezésre álló csoportok minőségei közül az igénybevételi követelmények döntik el a megfelelő minőség kiválasztását.

#### További alkalmazások:

BC 3 A leggyakrabban használt, betétben edzhető acél az egyszerűbb és a kevésbé igénybe vett darabokhoz. A közúti járművek mérsékelt igénybe vett alkatrészeinek (pl. csapok, perselyek, csuklók, kardánkeresztek) ez a szokásos acélminősége. A szerszámgépek kopásnak kitétt alkatrészei is főleg ebből készülnek. Ezenkívül ilyenből készülnek a mérőeszközök, a kaliberek, a rögzítőelemek (pl. csavarok és ütközők), az írógép- és egyéb műszeralkatrészek.

BCMo Az előzőkhöz hasonló felhasználási területeken, de elsősorban a hajtóművek közepesen igénybe vett elemeihez, mint pl. vezérművek.

BNC 5, BNCMo 1 Ezek nikkellel mérsékelt ötvöztött típusok. Erős, ütősszerű igénybevételre, elsősorban nagyteljesítményű járművek futó- és hajtóműveihez.

BNC 2, BNCMo 2 Nikkellel erősen ötvöztött nagyszilárdságú acélok rendkívül erős igénybevételekhez és nagy szelvényméretekhez.

A pontosabb tervezéshez az MSZ 31–85 szabvány betétben edzhető acéljai szűkített edzhetőségi sávval is rendelkeznek (a közölt szélesebb, normál véglapedzési sávon belül). A szűkítő nagyobb szilárdságú (jele: HH utótag), vagy kisebb szilvosságú (jele: HL utótag) területre vonatkozik.

Az anyaglapok a mag anyagára vonatkozó kifáradási és ütmunkaértékeket nem tartalmaznak, mivel azok — tekintettel arra, hogy a kész darab edzett kéreggel kerül felhasználásra — kevésbé mérvadók.

A közölt átalakulási diagramok folyamatos hűtésre vonatkoznak: az egyik a mag, a másik a kéreg anyagára (kb. 0,9% C-tartalommal). (Általában 850 °C körüli hőmérsékletre hűtve.) A véglapedzési görbék hűtési hőmérséklete nagyjából megfelel a magedzési hőmérsékletnek.

Feltüntetjük még az anyaglapok azokat a méreteket is, amelyeknél a kb. 0,9%-ra cementált kéreg a feltüntetett hűtési mód szerint kellően beedződik. (Kb. 80% martenzittartalomra.) Ez a nagy C-tartalom miatt erősen függ az ausztenitesítés hőmérsékletétől.

A „Keménység, lágyítva” című rovat nagyobbik értéke a szállító mű által garantált érték, a kisebbik pedig az, amelyre megfelelő technológiával lágyítani lehet.

## Az acélminőség jele: C 10

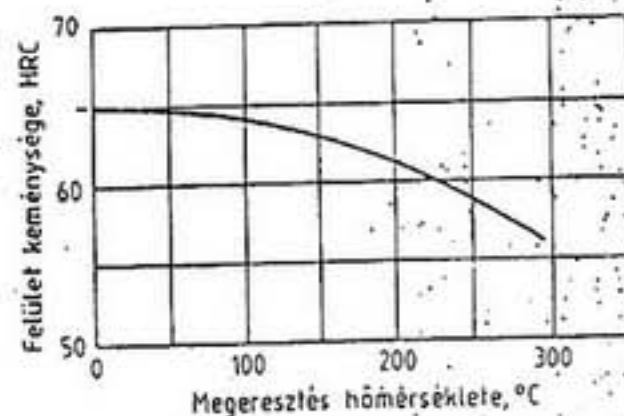
Ötvözetlen, vízedzésű, betétben edzhető acél, rendkívül lágy maggal.

Vegyi összetétel, %-ban				
C	Si <sub>max</sub>	Mn	P <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
0,07–0,13	0,4	0,3–0,6	0,035	0,035

Mechanikai tulajdonságok a magban (magedzett állapotban)			
Méret, Ø, mm	Szakítószilárdság, R <sub>m</sub> , N/mm <sup>2</sup>	Folyáshatár, R <sub>yk</sub> , N/mm <sup>2</sup>	Szakadási nyúlás, legalább, %
10	700	410	13
20	550	320	14
40	500	260	15

Min. 60 HRC kéregkeménységre edződő átmérő, mm (0,9% C-tartalommal)		
Az edzés hőmérséklete, °C		
830	860	920
50	70	80

A magedzés hőmérséklete	880–920 °C
A kéregedzés hőmérséklete	780–820 °C
A megeresztés hőmérséklete	150–200 °C
A lágyítás hőmérséklete	650–700 °C
Keménység, lágyítva	131 HB
A hűtés módja	víz



## Az acélminőség jele: C 15, C 15 E

Betétben edzhető acél, lágy, szívós maggal, vízedzésre.

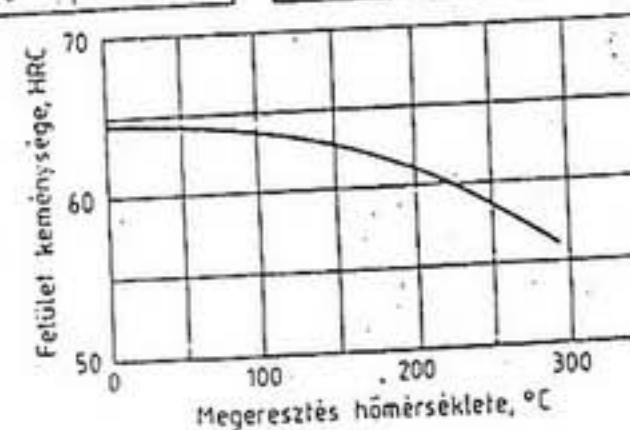
Vegyi összetétel, %-ban				
C	Si <sub>max</sub>	Mn	P <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
0,12–0,18	0,4	0,3–0,6	0,035	0,035

A C 15 E minőség S-tartalma, 0,020–0,035 %.

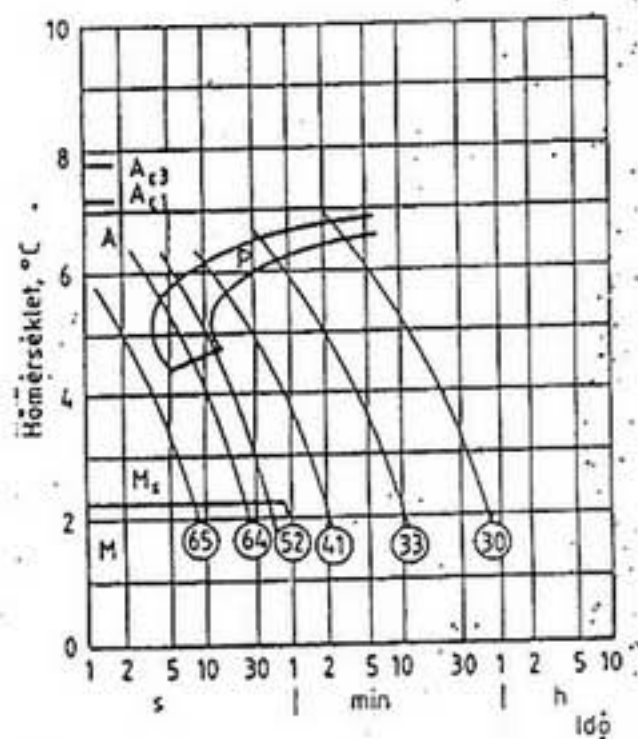
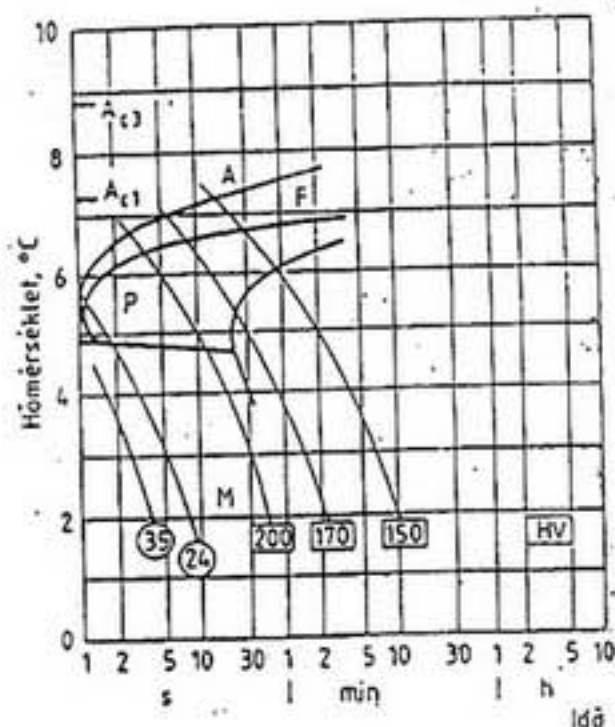
Mechanikai tulajdonságok a magban (magedzett állapotban)			
Méret, Ø, mm	Szakítószilárdság, R <sub>m</sub> , N/mm <sup>2</sup>	Folyáshatár, R <sub>yk</sub> , N/mm <sup>2</sup>	Szakadási nyúlás, legalább, %
10	850	520	12
20	640	380	13
40	570	330	14

Min. 60 HRC kéregkeménységre edződő átmérő, mm (0,9% C-tartalommal)		
Az edzés hőmérséklete, °C		
830	860	920
50	70	80

A magedzés hőmérséklete	870–910 °C
A kéregedzés hőmérséklete	780–820 °C
A megeresztés hőmérséklete	150–200 °C
A lágyítás hőmérséklete	650–700 °C
Keménység, lágyítva	143 HB
A hűtés módja	víz







## Az acélminőség jele: BC 2, BC 2 E

Mn-Cr ötvöztetésű, betétben edzhető acél, mérsékelt igénybevételhez.

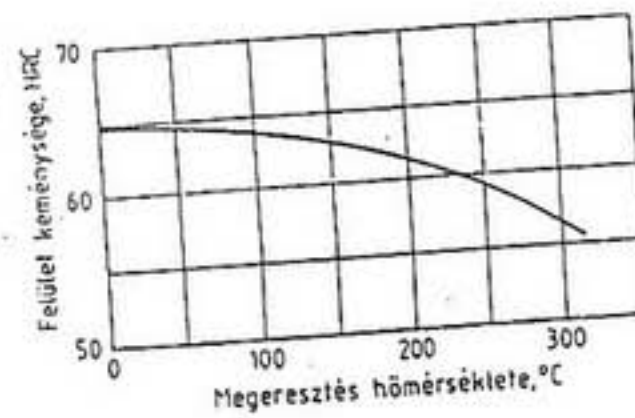
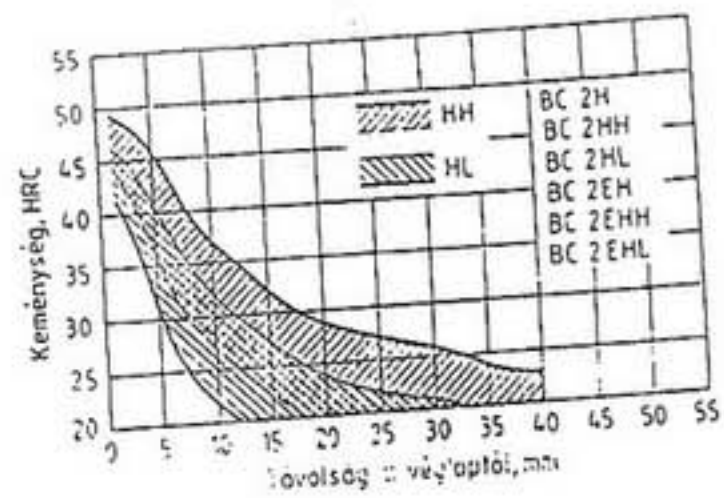
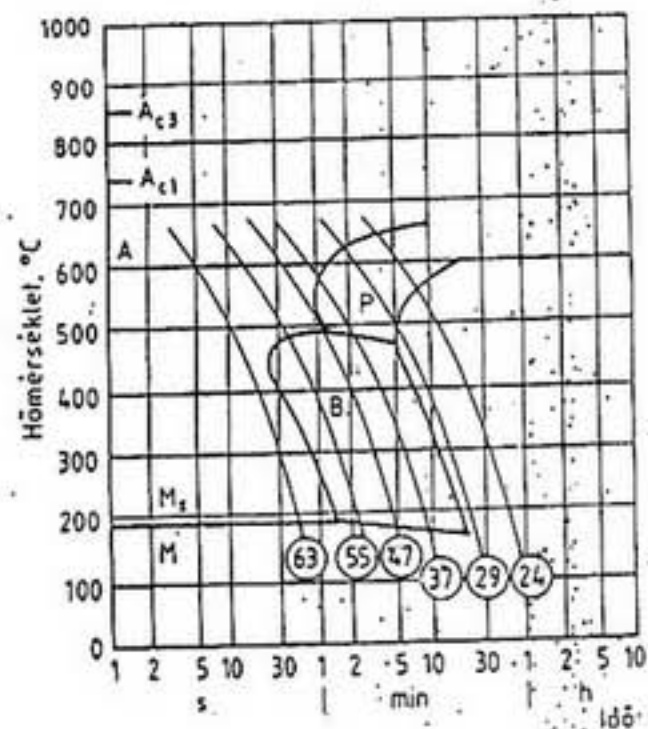
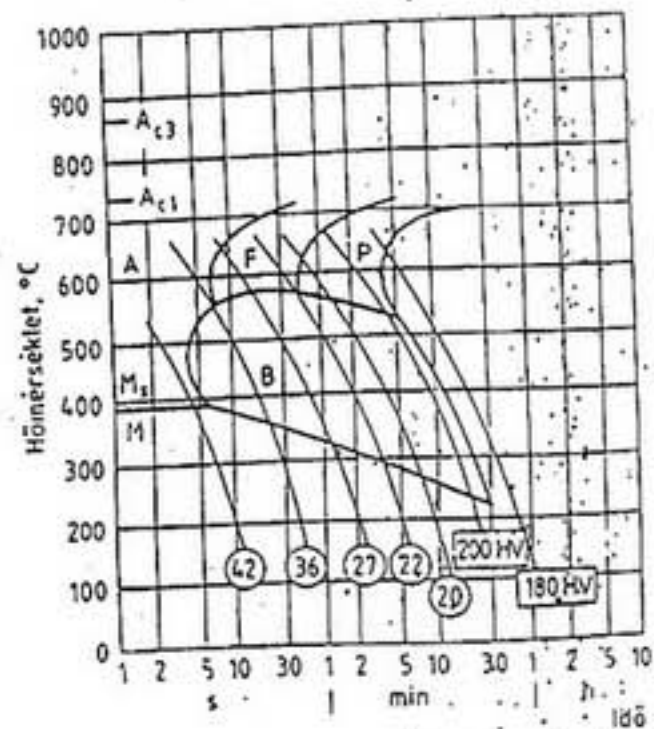
Vegyi összetétel, %-ban					
C	Si max	Mn	P max	S max	Cr
0,17–0,23	0,40	0,60–0,90	0,035	0,035	0,90–1,20

A BC 2 E minőség S-tartalma 0,020–0,035%.

Mechanikai tulajdonságok a magban (magedzett állapotban)			
Méret, Ø, mm	Szakítószilárdság, $R_m$ , N/mm <sup>2</sup>	Folyáshatár, $R_{el}$ , N/mm <sup>2</sup>	Szakadási nyúlás, legalább, %
16	1170	790	9
40	920	590	12
63	820	500	14
100	760	460	15

Min. 60 HRC kéregkeménységre edződő átmérő, mm (0,9% C-tartalommal)		
Az edzés hőmérséklete, °C		
830	860	920
60	80	100

A magedzés hőmérséklete	860–900 °C
A kéregedzés hőmérséklete	780–820 °C
A megeresztés hőmérséklete	150–200 °C
A lágyítás hőmérséklete	650–700 °C
Keménység, lágyítva	149–197 HB
A hűtés módja	olaj





# Az acélminőség jele: BC 3, BC 3 E

Széles felhasználási területű, Mn-Cr ötvöztetésű, gazdaságos, betétben edzhető acél.

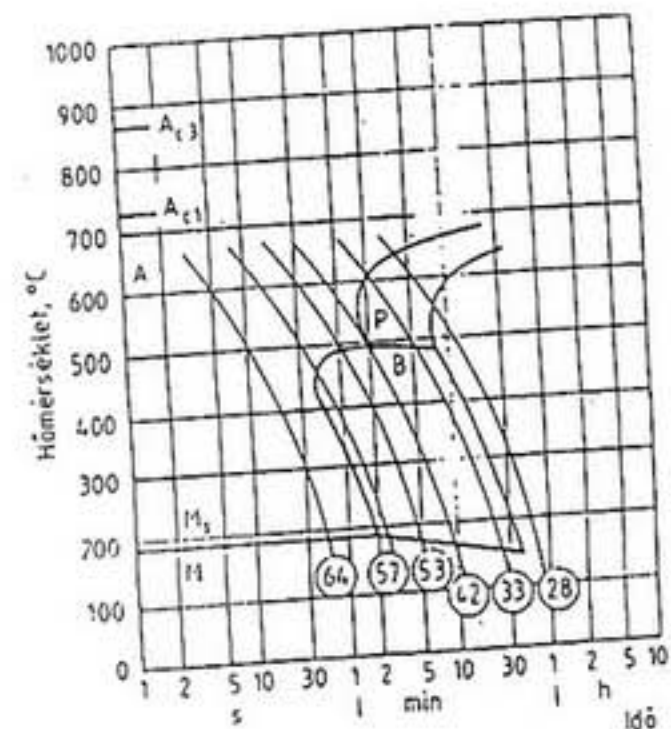
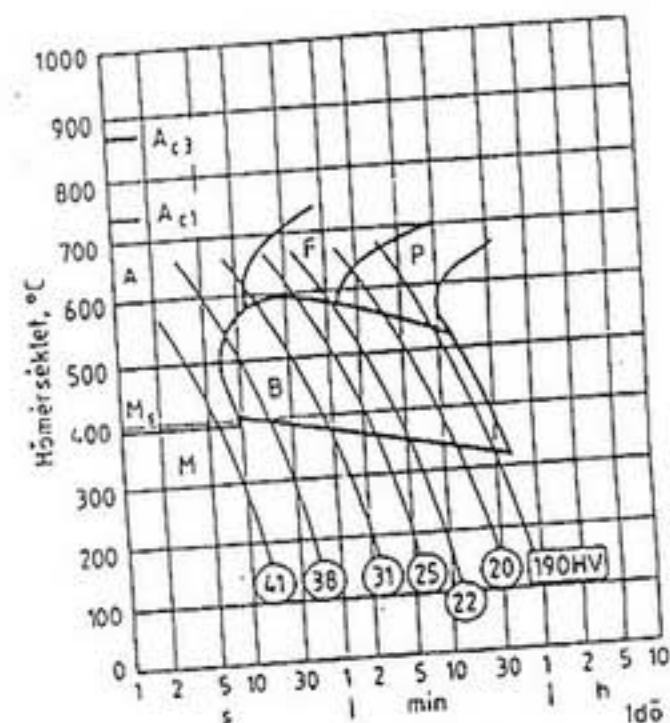
Vegyi összetétel, %-ban					
C	Si max	Mn	P max	S max	Cr
0,14–0,19	0,40	1,00–1,30	0,035	0,035	0,80–1,10

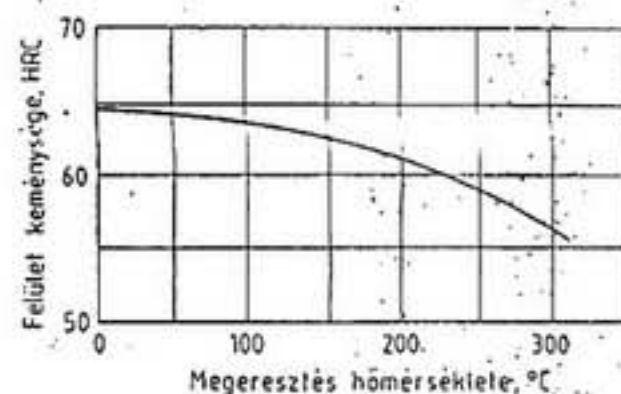
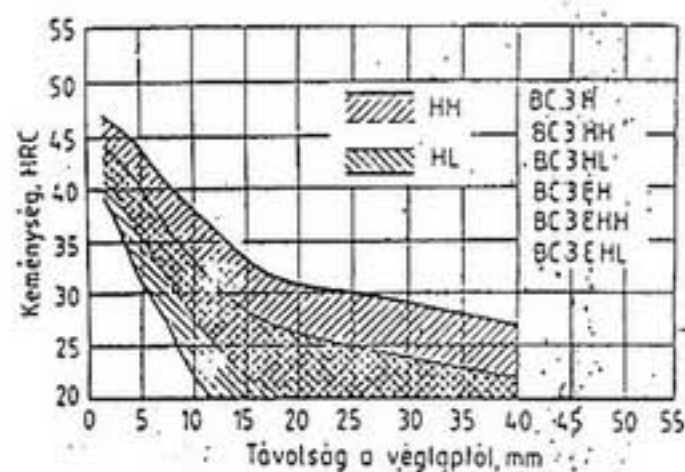
A BC 3 E minőség S-tartalma 0,20–0,035%.

Mechanikai tulajdonságok a magban (magedzett állapotban)			
Méret, Ø, mm	Szakítószilárdság, $R_m$ , N/mm <sup>2</sup>	Folyáshatár, $R_{0.2}$ , N/mm <sup>2</sup>	Szakadási nyúlás, legalább, %
16	1200	820	9
40	1020	680	12
63	880	550	13
100	820	520	14

Min. 60 HRC kéregkeménységre edződő átmérő, mm (0,9% C-tartalommal)		
Az edzés hőmérséklete, °C		
830	860	920
70	90	120

A magedzés hőmérséklete: 850–900 °C  
A kéregedzés hőmérséklete: 780–820 °C  
A megeresztés hőmérséklete: 150–200 °C  
A lágyítás hőmérséklete: 650–700 °C  
Keménység, lágyítva: 156–207 HB  
A hűtés módja: olaj





## Az acélminőség jele: BCMo 1, BCMo 1 E

Mn-Cr-Mo ötvöztetésű, betéthez edzhető acél, szívós maggal.

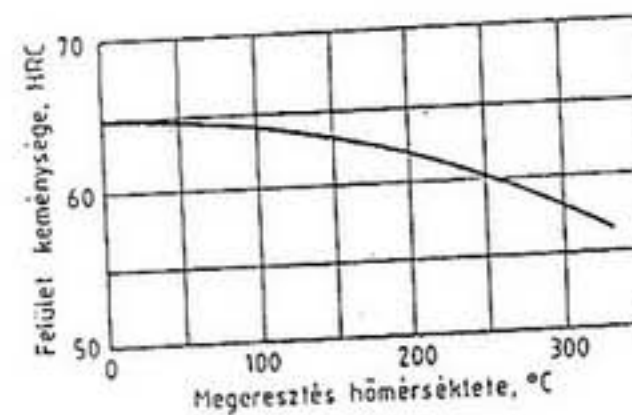
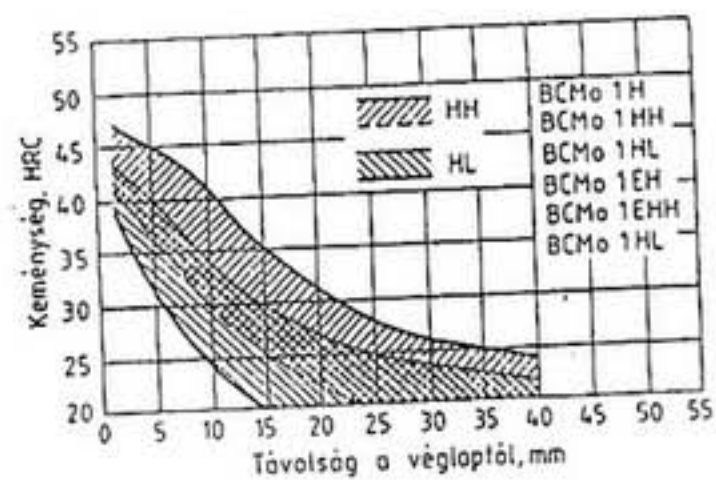
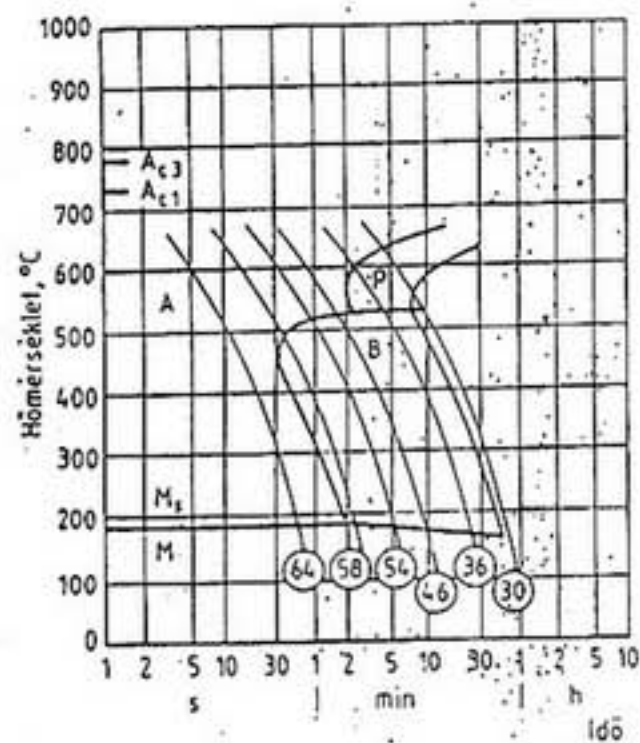
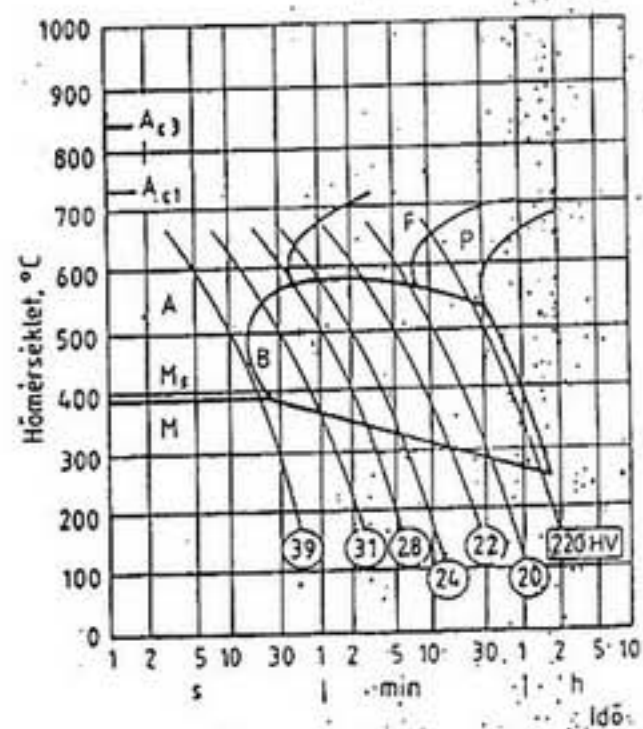
Vegyi összetétel, %-ban						
C	Si max	Mn	P max	S max	Cr	Mo
0,12–0,18	0,40	0,80–1,10	0,035	0,035	1,00–1,30	0,20–0,30

A BCMo 1 E minőség S-tartalma 0,020–0,035%.

Mechanikai tulajdonságok a magban (megadott állapotban)			
Méret, Ø, mm	Szakítószilárdság, $R_m$ , N/mm <sup>2</sup>	Folyáshatár, $R_{0.2}$ , N/mm <sup>2</sup>	Szakadási nyúlás, legalább, %
16	1200	850	9
40	1040	730	12
63	940	640	13
100	860	560	15

Min. 60 HRC kéregkeménységhez szükséges átmérő, mm (0,4% C tartalommal)		
Az edzés hőmérséklete, °C		
830	860	920
90	110	130

A temperálás hőmérséklete	840–860 °C
A kéregkeménység hőmérséklete	700–820 °C
A megerosztás hőmérséklete	150–200 °C
A lágyítás hőmérséklete	650–700 °C
Keményítés, lágyítás	156–207 HB
A hűtés módja	olaj





# Az acélminőség jele: BCMo 2, BCMo 2 E

Mn-Cr-Mo ötvöztetésű, betétben edzhető acél, kedvező magtulajdonságokkal.

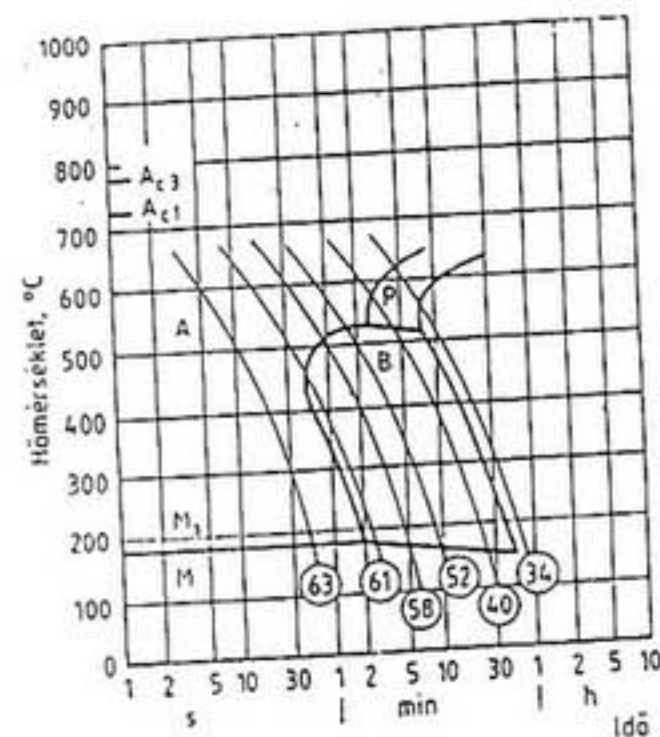
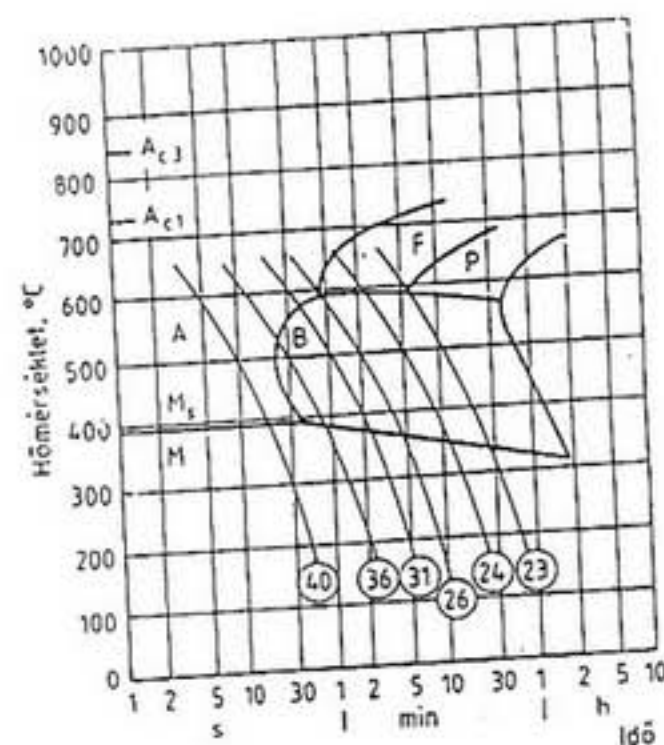
Vegyi összetétel, %-ban						
C	Si max	Mn	P max	S max	Cr	Mo
0,17–0,23	0,40	0,90–1,20	0,035	0,035	1,10–1,40	0,20–0,30

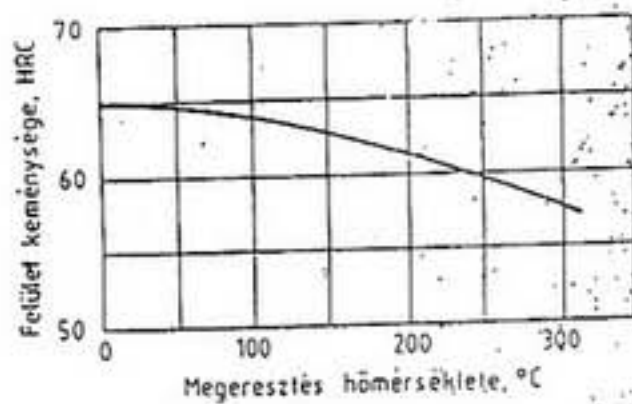
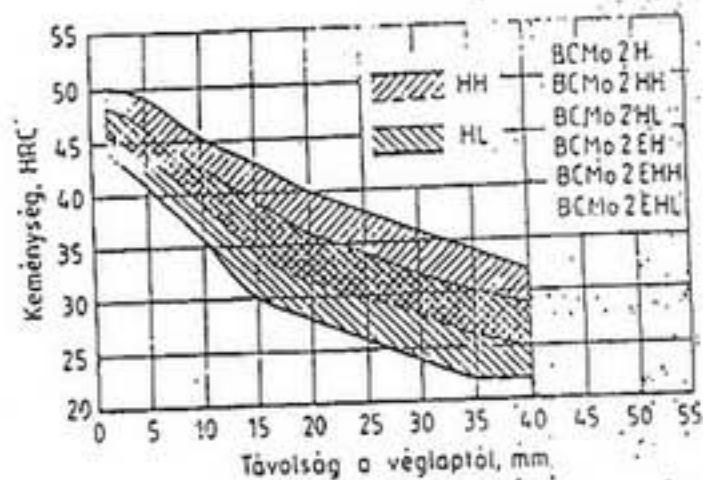
A BCMo 2 E minőség S-tartalma 0,020–0,035%.

Mechanikai tulajdonságok a magban (magedzett állapotban)			
Méret, Ø, mm	Szakítószilárdság, $R_m$ , N/mm <sup>2</sup>	Folyáshatár, $R_{eH}$ , N/mm <sup>2</sup>	Szakadási nyúlás, legalább, %
16	1270	920	9
40	1210	870	8
63	1050	720	11
100	920	620	13

Min. 50 HRC kéregkeménységre edződő átmérő, mm (0,9% C-tartalommal)		
Az edzés hőmérséklete, °C		
830	860	920
100	120	150

A magedzés hőmérséklete 860–900 °C  
A kéregedzés hőmérséklete 780–820 °C  
A megeresztés hőmérséklete 150–200 °C  
A lágyítás hőmérséklete 650–700 °C  
Keménység, lágyítva 170–217 HB  
A hűtés módja olaj





## Az acélminőség jele: BNC 2, BNC 2 E

Nikkellel erősen ötvözött, betétben edzhető acél, szívós maggal.  
Szemcsedurvulásra kevésbé érzékeny.

Vegyi összetétel, %-ban						
C	Si max	Mn	P max	S max	Cr	Ni
0,14–0,20	0,40	0,30–0,60	0,035	0,035	0,60–0,90	3,00–3,50

A BNC 2 E minőség S-tartalma 0,020–0,035%.

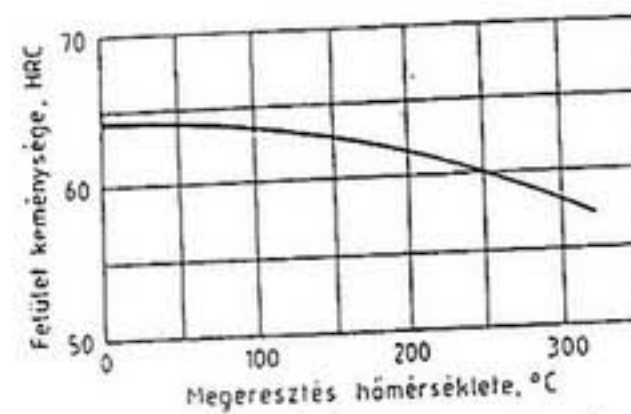
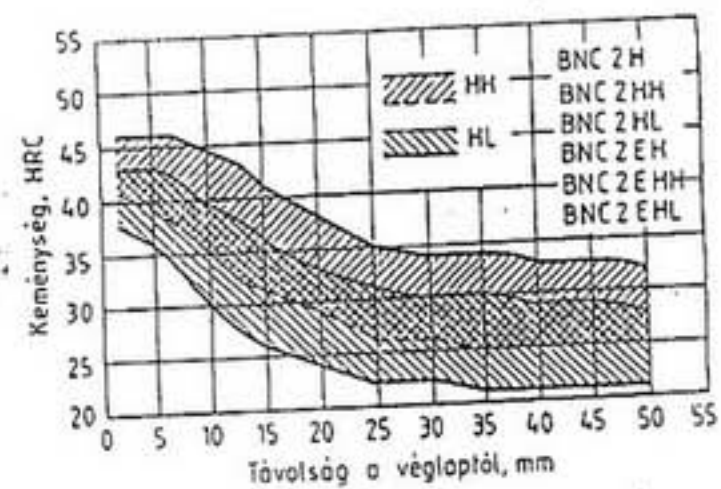
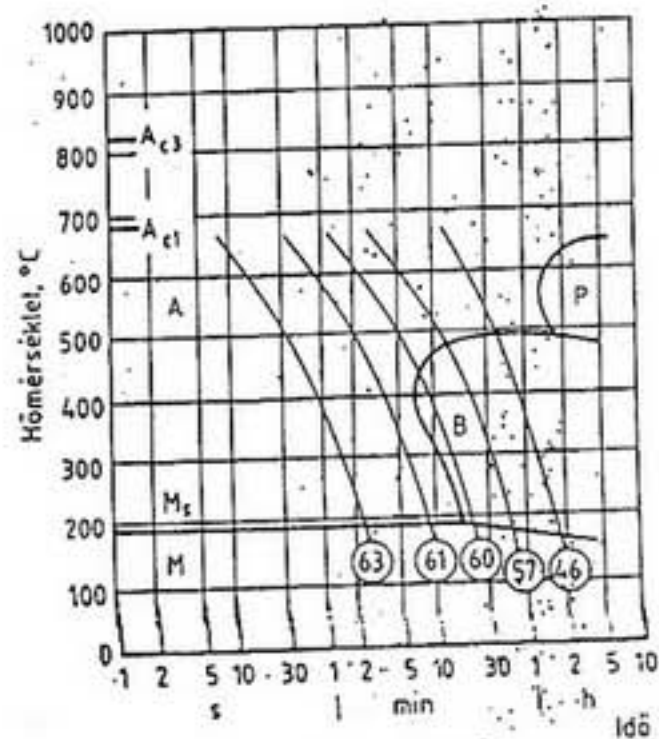
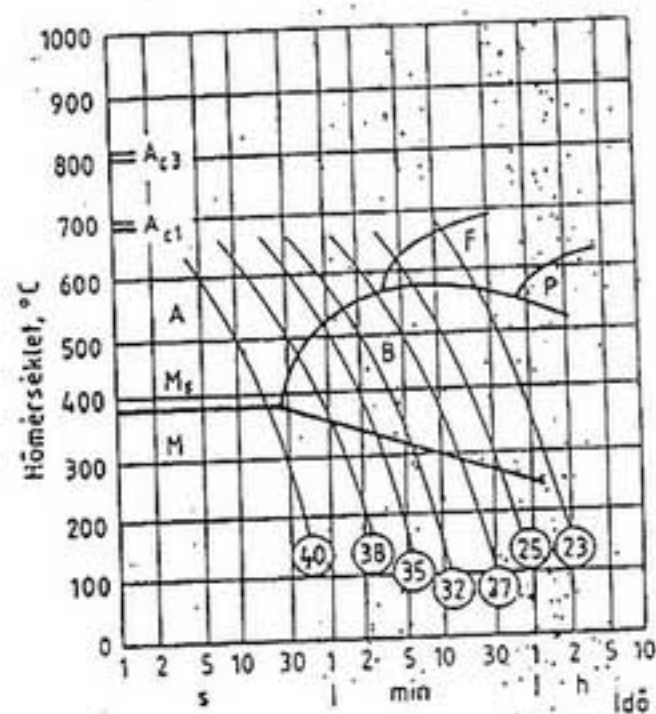
Mechanikai tulajdonságok a magban (magedzett állapotban)			
Átmérő, C, mm	Szakítószilárdság, $R_m$ , N/mm <sup>2</sup>	Folyáshatár, $R_{el}$ , N/mm <sup>2</sup>	Szakadási nyúlás, legalább, %
16	1260	910	9
40	1260	910	9
63	1170	810	10
100	1040	740	11

Min. 60 HRC kéregkeménységre edződő  
Átmérő, mm 10,9% C-tartalommal

Az edzés hőmérséklete, °C

830	860	920
150	> 200	> 200

A magedzés hőmérséklete 840–880 °C  
A kéregedzés hőmérséklete 780–820 °C  
A megeresztés hőmérséklete 150–220 °C  
A lágyítás hőmérséklete 650–700 °C  
Keménység, lágyítva 179–229 HB  
A hűtés módja olaj





# Az acélminőség jele: BNC 5, BNC 5 E

Cr-Ni ötvöztetésű, betétben edzhető acél, jó edzhetőséggel; nagy megszilárdtsággal.

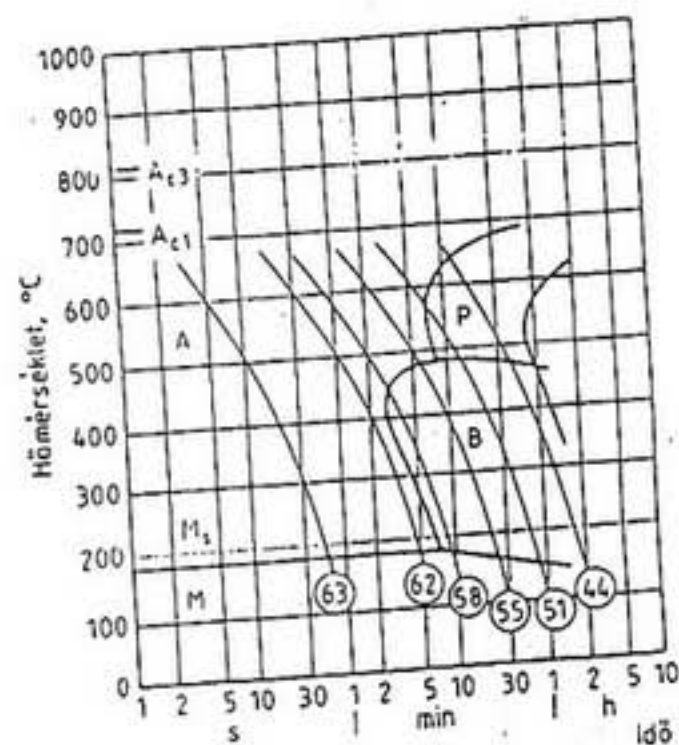
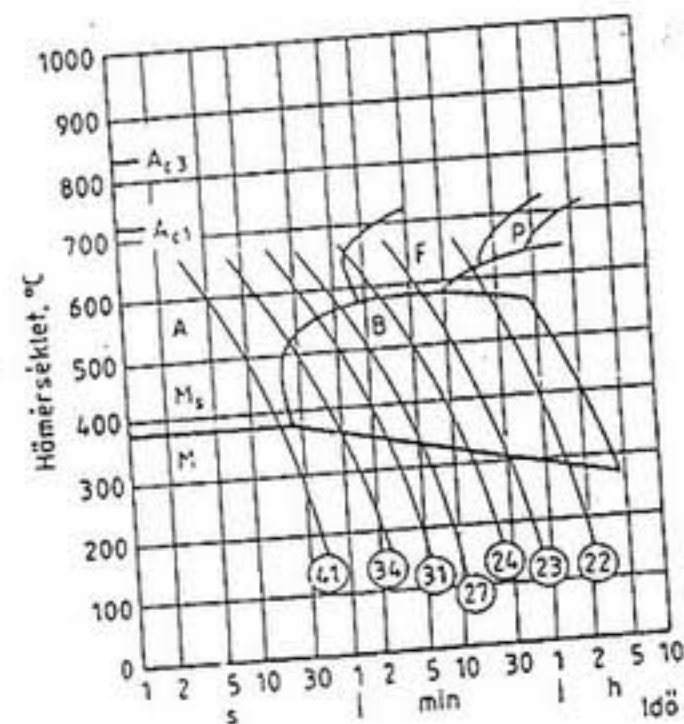
Vegyi összetétel, %-ban						
C	Si max	Mn	P max	S max	Cr	Ni
0,14–0,20	0,40	0,30–0,60	0,035	0,035	1,40–1,70	1,40–1,70

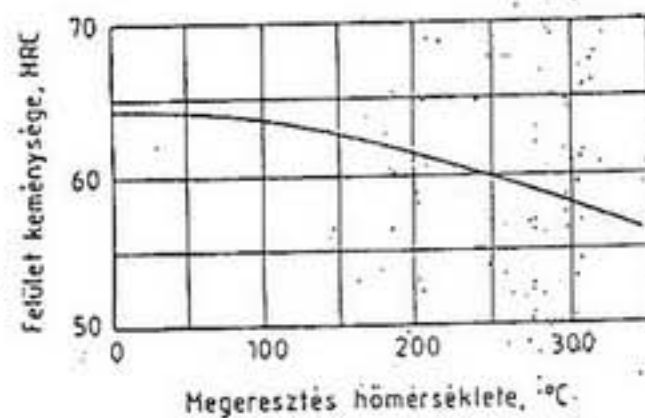
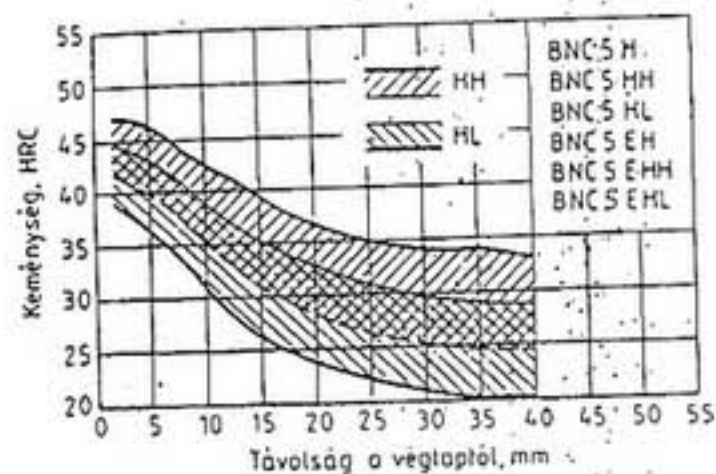
A BNC 5 E minőség S-tartalma 0,020–0,035%.

Mechanikai tulajdonságok a magban (magedzett állapotban)			
Méret, Ø, mm	Szakítószilárdság, $R_m$ , N/mm <sup>2</sup>	Folyáshatár, $R_{pl}$ , N/mm <sup>2</sup>	Szakadási nyúlás, legalább, %
16	1290	950	9
40	1170	810	10
63	1050	750	11
100	940	650	13

Min. 60 HRC kéregkeménységre edződő átmérő, mm (0,9% C-tartalommal)		
Az edzés hőmérséklete, °C		
830	860	920
100	130	170

A magedzés hőmérséklete	840–880 °C
A kéregedzés hőmérséklete	780–820 °C
A megőrzés hőmérséklete	150–220 °C
A lágyítás hőmérséklete	640–690 °C
Keménység, lágyítva	170–217 HB
A hűtés módja	olaj





Az acélminőség jele: BNCMo 1, BNCMo 1 E  
Cr-Ni-Mo ötvöztetésű, betétben edzhető acél, nagy magsszilárdsággal.

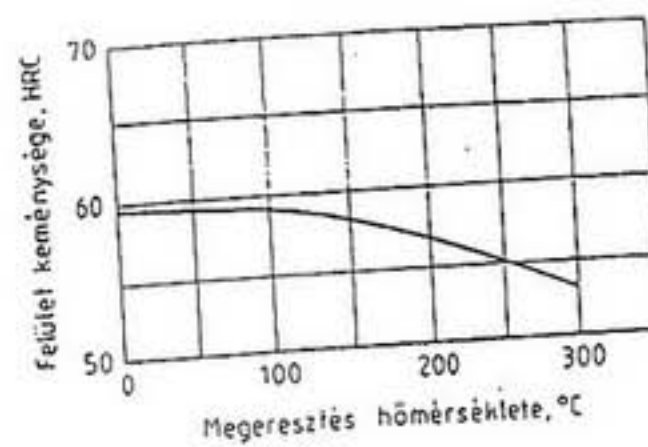
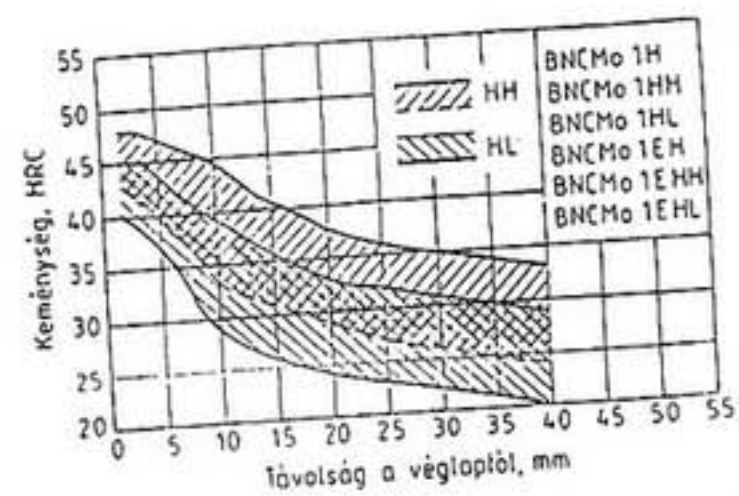
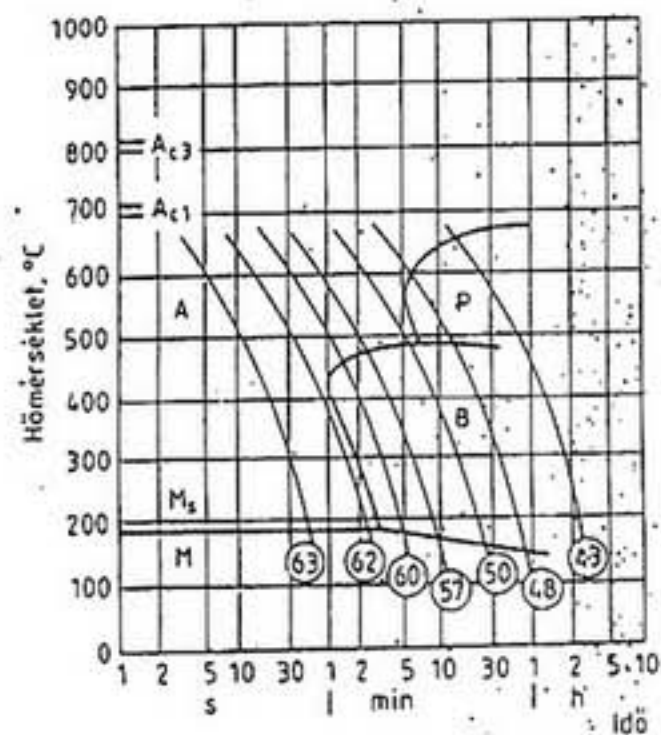
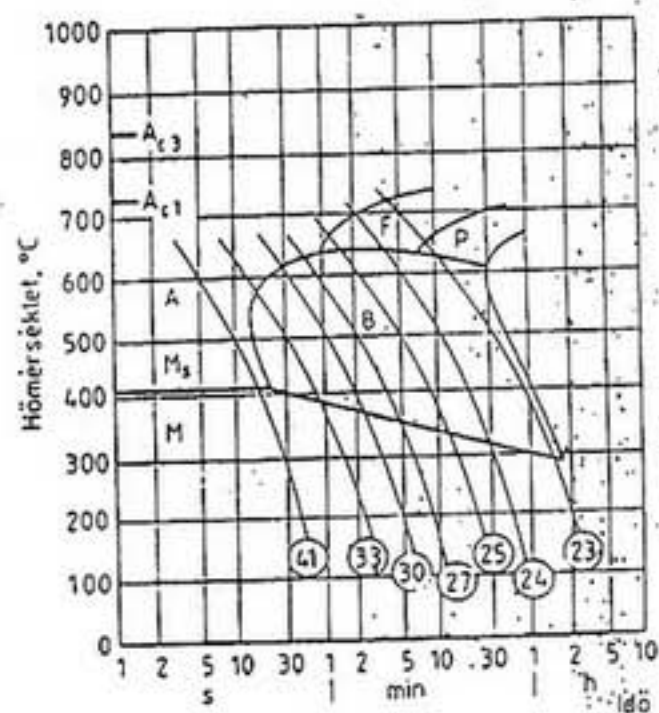
Vegyi összetétel, %-ban							
C	Si <sub>max</sub>	Mn	P <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>	Cr	Mo	Ni
0,14–0,20	0,40	0,60–0,90	0,035	0,035	0,80–1,10	0,15–0,25	1,20–1,60

A BNCMo 1 E minőség S-tartalma 0,020–0,035%.

Mechanikai tulajdonságok a magban (magedzett állapotban)			
Méret, Ø, mm	Szakítószilárdság, R <sub>m</sub> , N/mm <sup>2</sup>	Folyáshatár, R <sub>0,2</sub> , N/mm <sup>2</sup>	Szakadási nyúlás, legalább, %
16	1290	950	9
40	1140	830	10
63	1000	730	11
100	920	600	13

Min. 60 HRC kéregkeménységig, edződő átmérő, mm 10,9% C-tartalommal		
Az edzés hőmérséklete, °C		
830	860	920
100	120	150

A magedzés hőmérséklete	830–870 °C
A kéregedzés hőmérséklete	780–820 °C
A megeresztés hőmérséklete	150–220 °C
A lágyítás hőmérséklete	640–660 °C
Keménység, lágyítva	179–229 HB
A hűtés módja	olaj





# Az acélminőség jele: BNCMo 2, BNCMo 2 E

Cr-Ni-Mo ötvöztetésű, betétben edzhető acél rendkívül nagy igénybevételhez és szelvénymérethez. Szemcsedurvulásra kevésbé érzékeny.

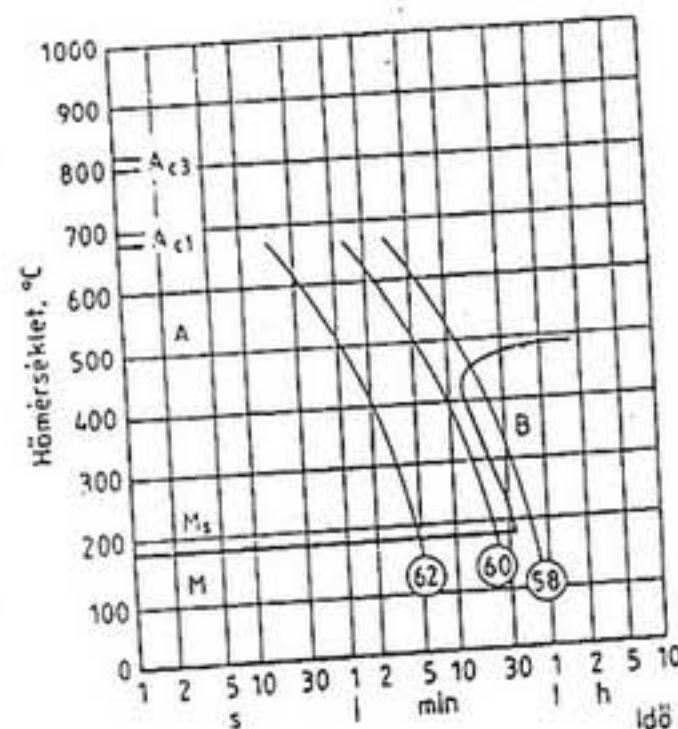
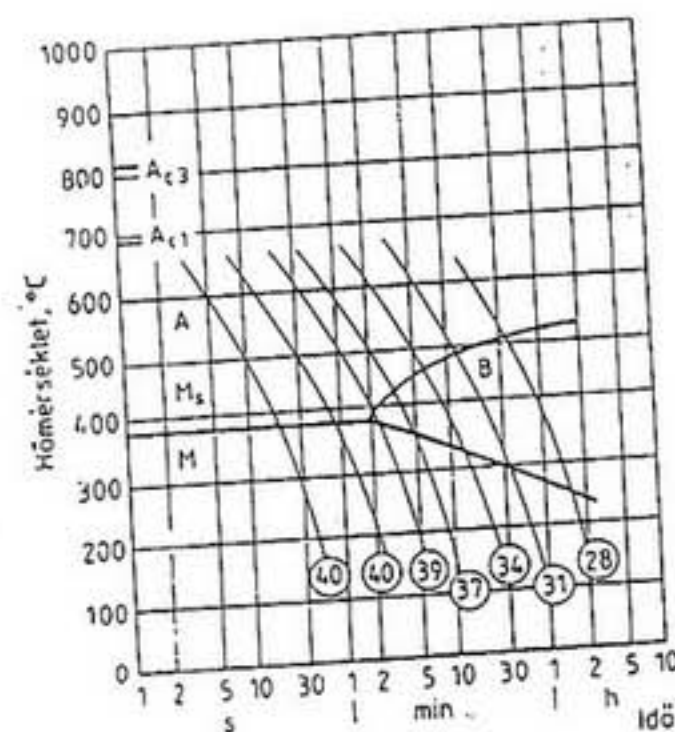
Vegyi összetétel, %-ban							
C	Si max	Mn	P max	S max	Cr	Mo	Ni
0,12–0,17	0,40	0,30–0,60	0,035	0,035	0,80–1,10	0,20–0,30	3,00–3,50

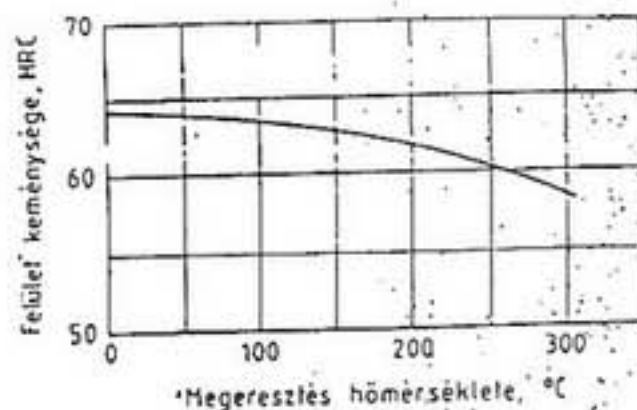
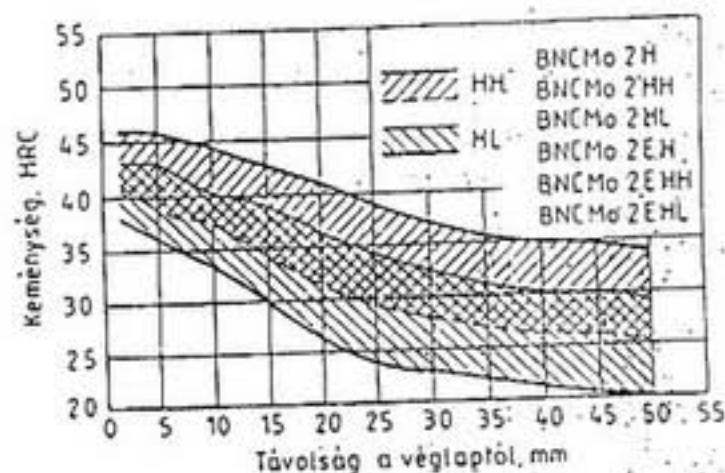
A BNCMo 2 E minőség S-tartalma 0,020–0,035%.

Mechanikai tulajdonságok a magban (magedzett állapotban)			
Méret, Ø, mm	Szakítószilárdság, $R_m$ , N/mm <sup>2</sup>	Folyáshatár, $R_{el}$ , N/mm <sup>2</sup>	Szakadási nyúlás, legalább, %
16	1260	930	10
40	1260	930	10
63	1200	870	11
100	1170	850	11

Min. 60 HRC kéregkeménysége edződő átmérő, mm (0,9% C-tartalommal)		
Az edzés hőmérséklete, °C		
830	860	920
160	> 200	> 200

A magedzés hőmérséklete 830–870 °C  
 A kéregedzés hőmérséklete 780–820 °C  
 A megeresztés hőmérséklete 150–220 °C  
 A lágyítás hőmérséklete 630–650 °C  
 Keménység, lágyítva 192–241 HB  
 A hűtés módja olaj





## 4. NEMESÍTHETŐ ACÉLOK (MSZ 61—85)

Ez a szabvány tartalmazza az ötvöztelen (C-sorozat), krómmal (Cr-sorozat), mangánnal (Mn-sorozat), króm-molibdénal (CMo-sorozat), króm-vanádiummal (CrV-sorozat), valamint a króm-nikkel-molibdénal (NCMo-sorozat) ötvözött — nemesíthető acélokat.

Az anyaglapokon az összetétel, a hőkezelési alapadatokon, a keménységen és edzhetőségen kívül szerepelnek az izotermikus és folyamatos átalakulási diagramok, valamint a véglapadézi görbék is. A megeresztés függvényében megtalálható a szakítószilárdság, a folváshatár, a nyúlás, a kontrakció és az ütőmunka. Az ütőmunkára a ma már elfogadott KV, J-ban található, amelyet részben az EURONORM ajánlása alapján számítottunk át. A megeresztési diagramok értékei arra az esetre vonatkoznak, ha az edzési keménységek az elérhető legnagyobb tartományba kerültek. Mivel előfordul, hogy ezt nem minden esetben sikerül elérni, ezért szaggatott vonallal megjelöltük a kisebb kiindulási edzési keménységekre vonatkozó szakítószilárdságot és folváshatárt.

A kifaradási tulajdonságok közül a forgó-hajlító-fárasztó igénybevétel értékei szerepelnek. Egytengelyű igénybevételénél ennél valamivel kevesebb, kb. 85%, csavaró igénybevételénél pedig kb. 70% veendő. A szívósságra jellemző mechanikai tulajdonságok a megfelelően edzett, nagy martenzittartalmú állapotra érvényesek. Az edzhetőségre jellemző adatok a lapon feltüntetett hűtési módra vonatkoznak. A szabvány az ötvözött acéloknál is feltünteti a víz-hűtésre vonatkozó edzési hőmérsékleteket, ezeket azonban csak kellő tapasztalat megszerzése után tanácsos alkalmazni.

A nemesíthető acélok hőkezelésére és a vele kapcsolatos eredményekre néhány irányelv a könyv bevezető részében található.

Az anyaglapokon az ötvöztelen acélokra a víz-hűtés van feltüntetve, mint szokásos hűtési eljárás. A C 45-től felfelé elsősorban a C 50-től C 60-ig az emelkedő Mn-tartalom miatt kisebb szelvények hűthetők olajban is mérsékelt keménységgel. Így olajedzéssel a C 45-es anyag  $\varnothing$  15 mm-nél 45 HRC-t,  $\varnothing$  20 mm-nél 40 HRC-t, a C 60-as anyag  $\varnothing$  15-nél 50 HRC-t,  $\varnothing$  30 mm-nél 40 HRC-t ad. Vizezett sófürdőben ennél jobb eredmények is kaphatók. Ebben az esetben a megadott felső hőmérséklet-határról kell hűteni.

Megjegyzendő, hogy az ötvözetlen szerkezeti acéloknál az MSZ és az egyéb acélismertető is kellő biztonsággal adják meg a megeresztés hőmérsékletének megfelelő nemesítési szilárdságot, és a mellékelt anyaglapok is ezekhez igazodnak. Tökéletes edzéssel azonban ennél nagyobb értékek kaphatók, és így pl. C 45 jelű acélnál 55 HRC edzési keménységgel 500 °C-on megeresztve 34 HRC-t ( $\approx 1080 \text{ N/mm}^2$ ), 600 °C-on 25 HRC-t ( $\approx 850 \text{ N/mm}^2$ ) is elérhetünk.

A nemesíthető acélok felhasználására, illetve kiválasztására, az igénybevétel jellege, valamint a munkadarab alakja és mérete a meghatározó. A terhelés nagysága, fárasztó vagy ütősszerű jellege, az átedződésnek a szelvénymérettől való függése dönti el az alkalmazható minőséget. Ez hatással van egyrészt az alkatrész súlyára — amely a modern konstrukciónál fontos szempont —, másrészt a gyártási költségekre, ha a még megfelelő, leggazdaságosabb anyagot választjuk ki.

Nemesíthető acélokból készülnek a gépek és járművek, valamint a tartós fogyasztási cikkek terhelést átvivő elemei. Néhány gyártmányt felsorolunk ezekről a területekről:

- csavarok, csapok, valamint egyéb rögzítő- és kötőelemek,
- csavarhúzócsok, csavarhúzócsok,
- prizmák, ütközők, ülékek, saruk,
- bűtykös mechanizmusok, csuklók,
- rudazatok, karok, emeltyűk,
- szerszámgépek készülékelemei,
- láncsapok, hevederek, hüvelyek,
- vonóhorgok,
- kardánkeresztek, villák,
- tengelyek kis, közepes és nagy igénybevételre, kis és nagy fordulatszámra egyenes, vállas és könyökös kivitelben,
- nagyméretű rotorok,
- lánc-, kilincs- és egyéb, nagy erőátvitelre szolgáló kerek, fogaskerek, csigakerek és orsók (az igénybevétel és a gyárthatóság feltételeitől függően).

## Az acélminőség jele: C 22, C 22 E

Kis szilárdságú ötvözetlen, nemesíthető acél, kis igénybevételre.

Vegyi összetétel, %-ban	
C	Mn
0,17–0,24	0,30–0,60

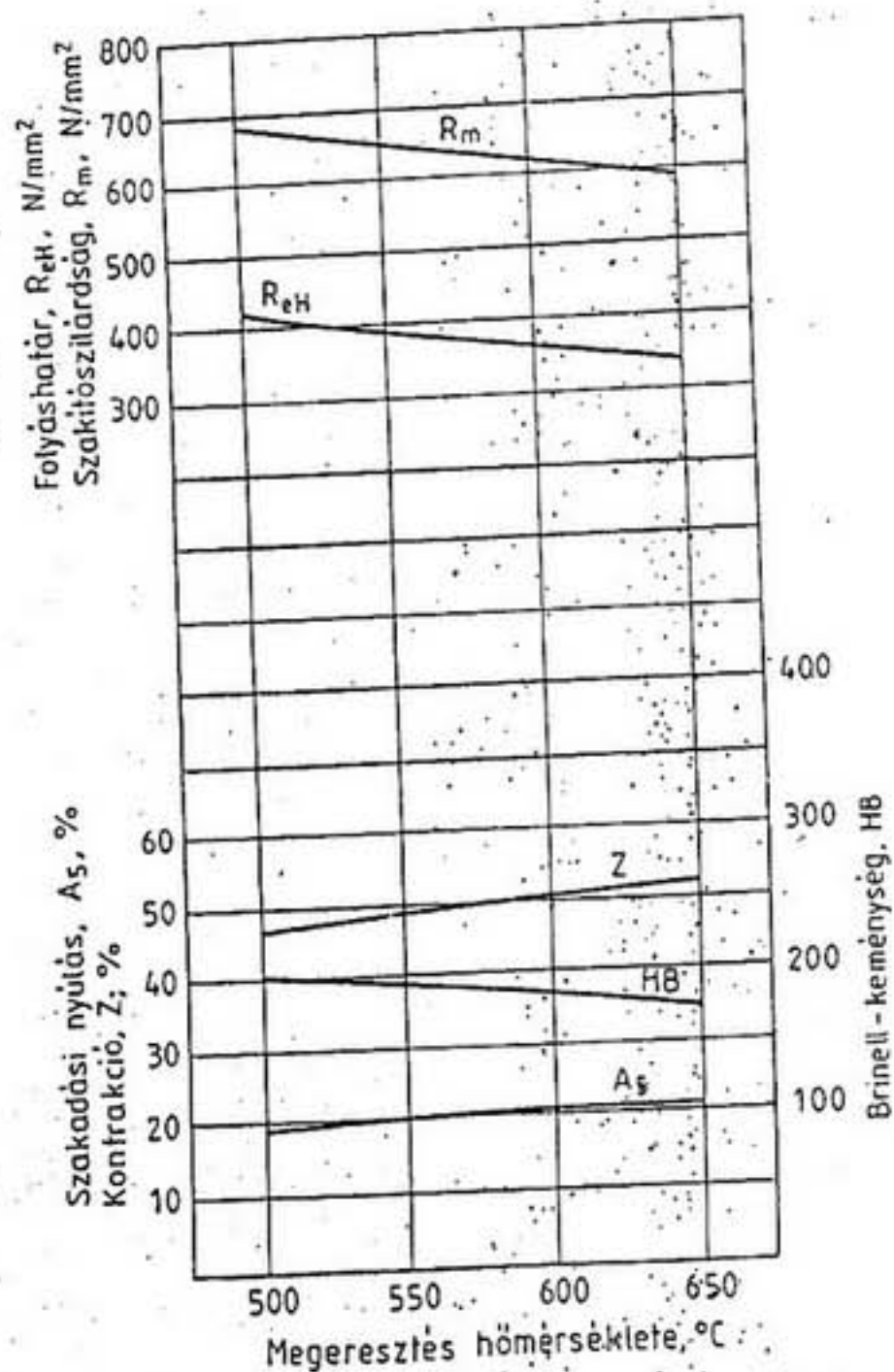
Si max. 0,40%; P max. 0,035%; S a C 22-nél max. 0,035%, a C 22 E-nél 0,020–0,035%.

A lágyítás hőmérséklete 650–700 °C  
Az ausztenitesztés hőmérséklete 860–890 °C  
A hűtés módja víz

Keménység, lágyítva, max. 156 HB  
Edzéssel elérhető keménység 42 HRC

Keménységelosztás, HRC				
Méret, Ø, mm	16	40	63	100
Felületen	41	39	35	31





## Az acélminőség jele: C 25, C 25 E

Kis szilárdságú ötvözetlen, nemesíthető acél, kis szelvényméretre.

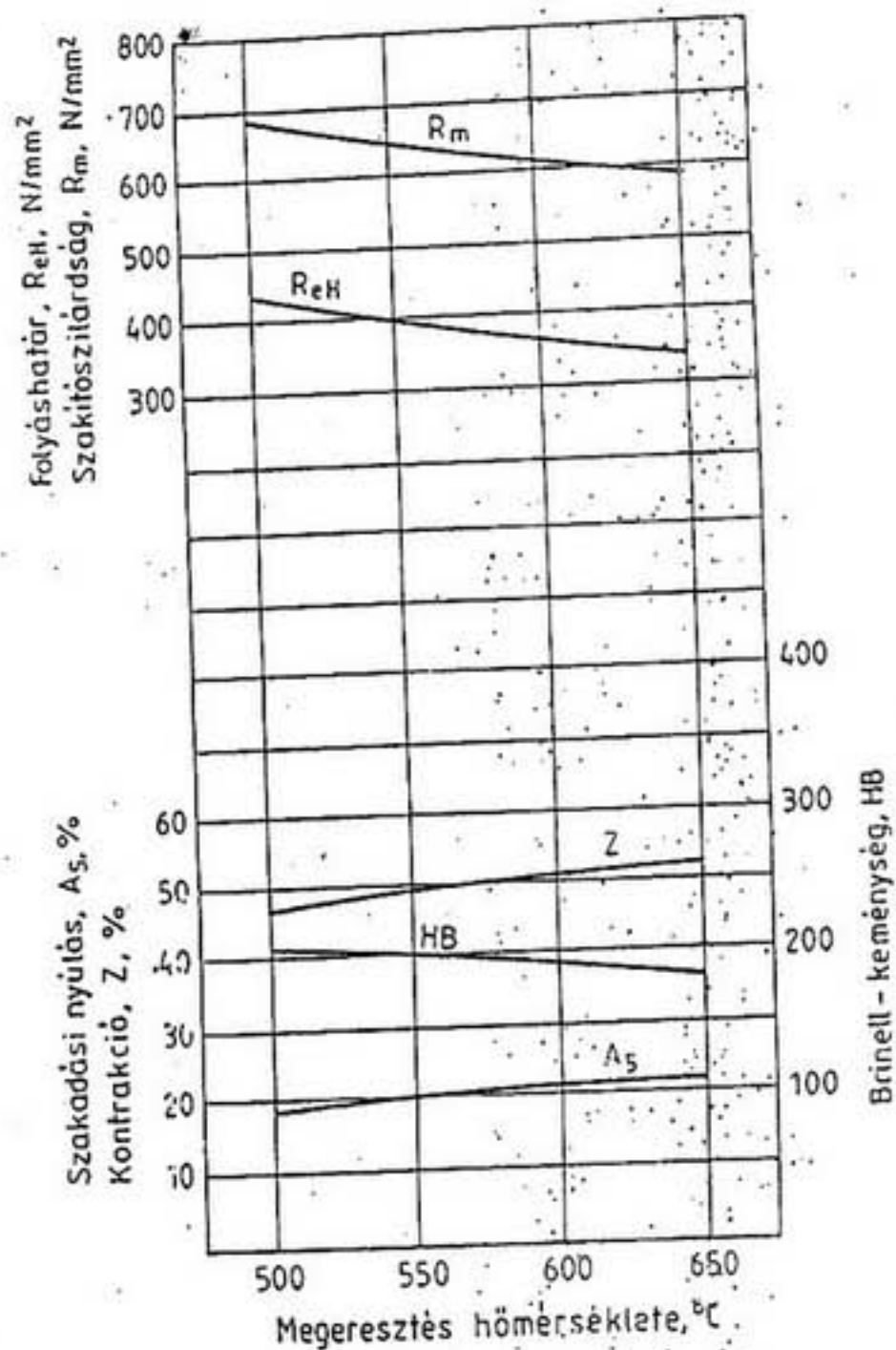
Vegyi összetétel, %-ban	
C	Mn
0,22–0,29	0,40–0,70

Si max. 0,40%; P max. 0,035%; S a C 25-nél max. 0,035%, a C 25 E-nél 0,020–0,035%.

A lágyítás hőmérséklete 650–700 °C  
 Az ausztenizálás hőmérséklete 850–890 °C  
 A hűtés módja víz

Keménység, lágyítva, max. 156 HB  
 Edzéssel elérhető keménység 44 HRC

Keménysegelosztás				
Méret, Ø, mm	16	40	63	100
Felületen, HRC	44	42	38	34
Magban	35 HRC	170 HV	160 HV	150 HV



## Az acélminőség jele: C 30, C 30 E

Ötvözetlen, nemesíthető acél, kis szelvényméretre, mérsékelt szilárdsággal.

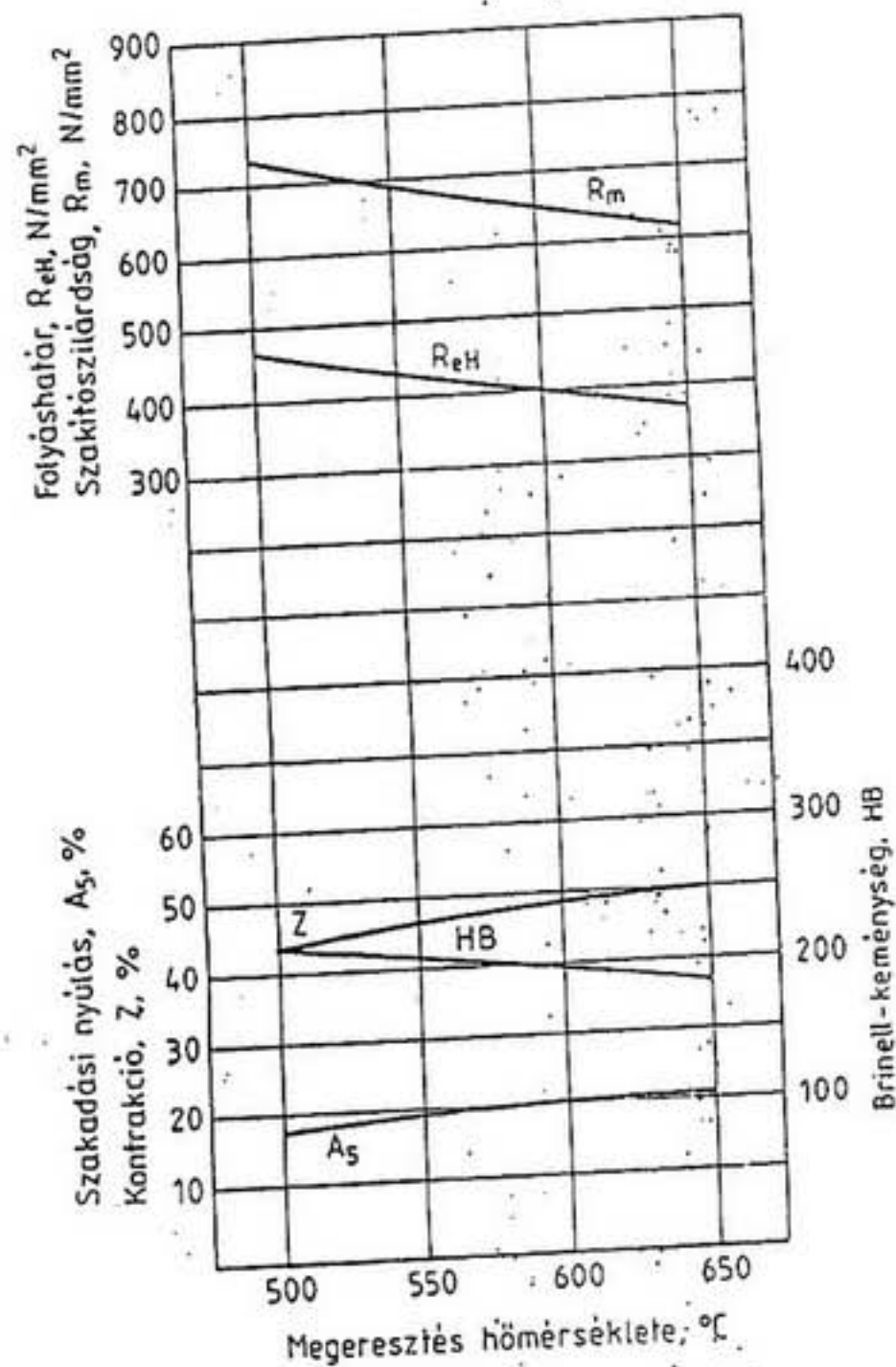
Vegyi összetétel, %-ban	
C	Mn
0,27–0,34	0,50–0,80

Si max. 0,40%; P max. 0,035%; S a C 30-nál max. 0,035%, a C 30 E-nél 0,020–0,035%.

A lágyítás hőmérséklete 650–700 °C  
 Az ausztenizálás hőmérséklete 850–880 °C  
 A hűtés módja víz

Keménység, lágyítva, max. 170 HB  
 Edzéssel elérhető keménység 48 HRC

Keményséeloszlás				
Méret, Ø, mm	16	40	63	100
Felületen, HRC	48	46	43	38
Magban	40 HRC	20 HRC	170 HV	160 HV



## Az acélminőség jele: C 35, C 35 E

Ötvözetlen, nemesíthető acél, mérsékelt szilárdsággal és szívóssággal.

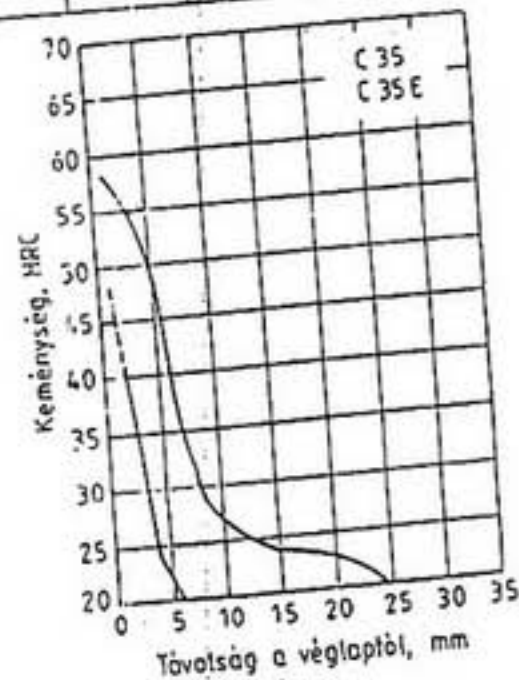
Vegyi összetétel, %-ban	
C	Mn
0,32–0,39	0,50–0,80

Si max. 0,40%; P max. 0,035%; S a C 35-nél max. 0,035%, a C 35 E-nél 0,020–0,035%.

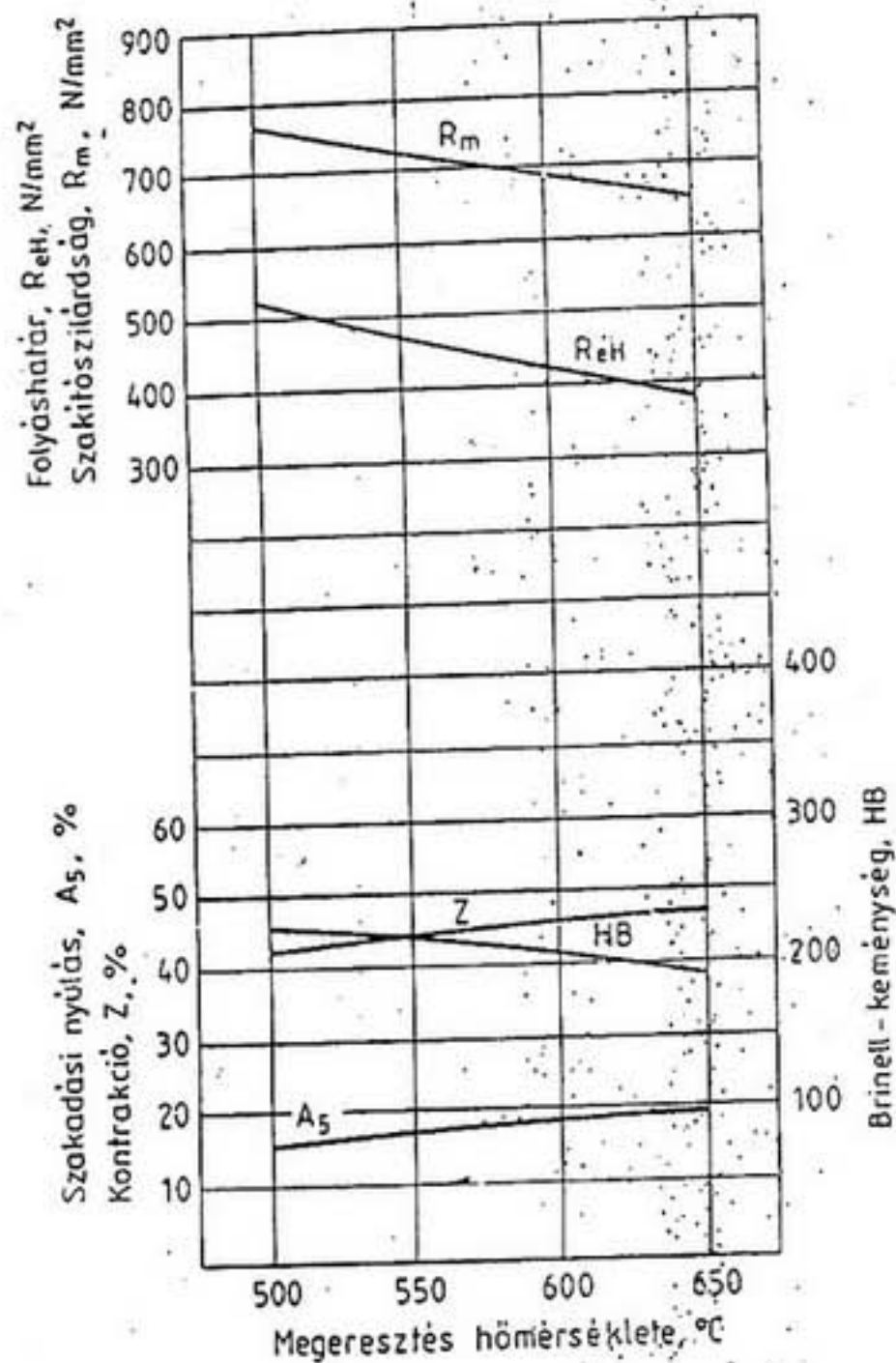
A lágyítás hőmérséklete 650–700 °C  
 Az ausztenizálás hőmérséklete 840–870 °C  
 A hűtés módja víz

Keménység, lágyítva, max. 183 HB  
 Edzéssel elérhető keménység 51 HRC

Keménysegelosztás				
Méret, Ø, mm	16	40	63	100
Felületen, HRC	51	49	47	42
Magban	45 HRC	22 HRC	180 HV	170 HV







## Az acélminőség jele: C 40, C 40 E

Közepes szilárdságú ötvöztelen, nemesíthető acél.

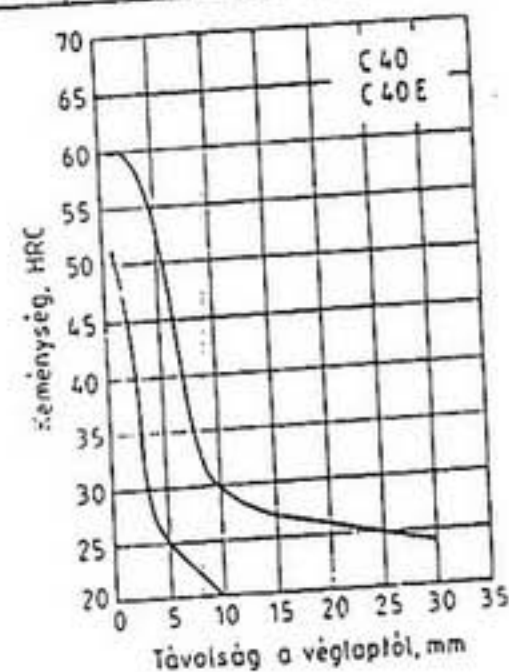
Vegyi összetétel, %-ban	
C	Mn
0,37–0,44	0,50–0,80

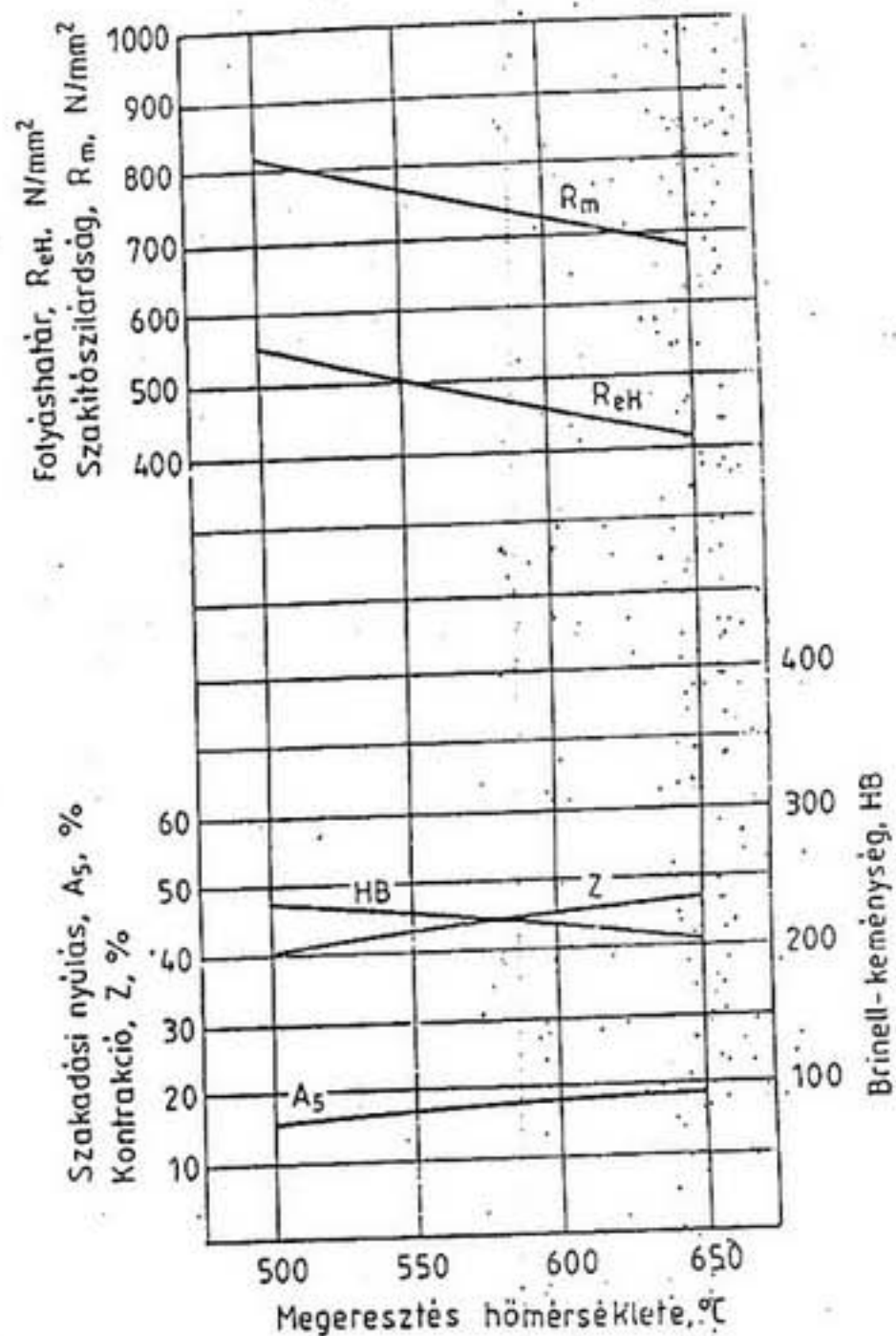
Si max. 0,40%; P max. 0,035%; S a C 40-nél max. 0,035%, a C 40 E-nél 0,020–0,035%.

A lágyítás hőmérséklete 650–700 °C  
 Az ausztenizálás hőmérséklete 830–860 °C  
 A hűtés módja víz

Keménység, lágyítva, max. 197 HB  
 Edzéssel elérhető keménység 54 HRC

Keményséeloszlás				
Méret, Ø, mm	16	40	63	100
Felületen, HRC	54	53	50	45
Magban	49 HRC	25 HRC	20 HRC	200 HV





## Az acélminőség jele: C 45 C 45 E

Ötvözetlen, szívós szerkezeti acél, közepes szilárdsággal, általános felhasználásra.

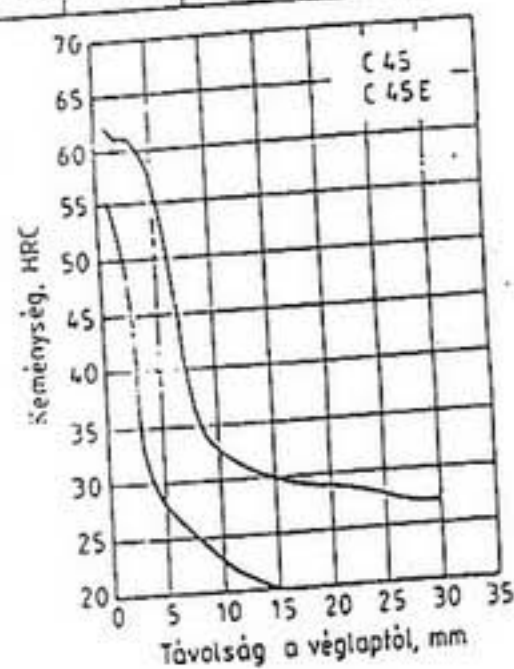
Vegyi összetétel, %-ban	
C	Mn
0,42—0,50	0,50—0,80

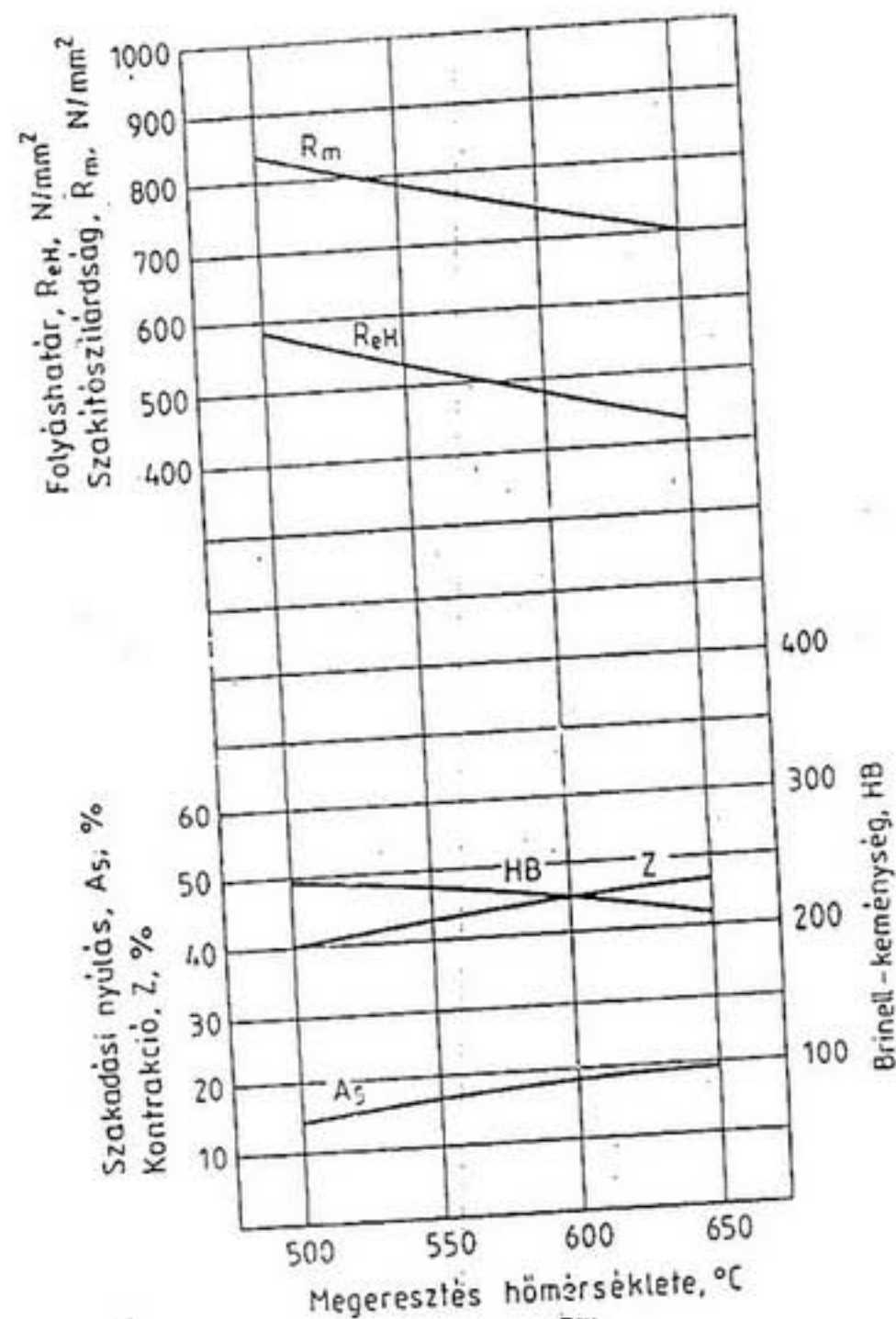
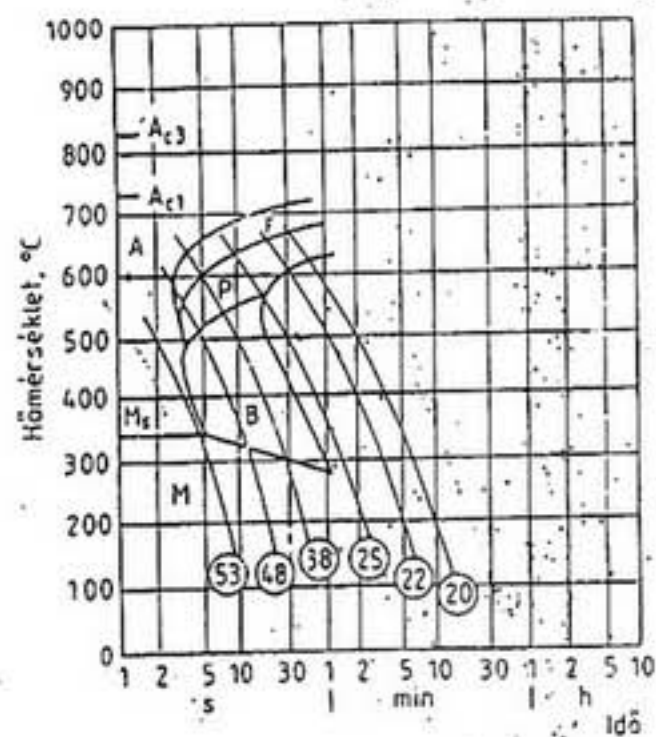
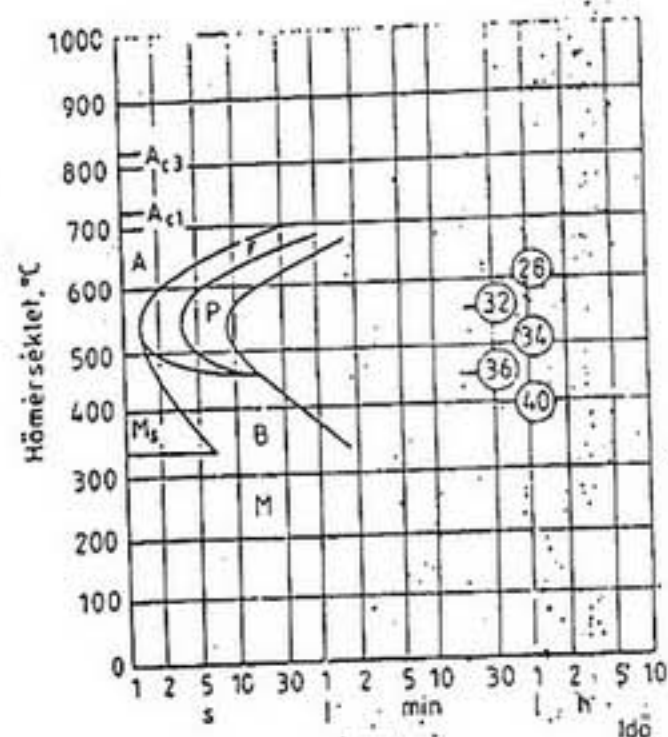
Si max. 0,40%; P max. 0,035%; S a C 45-nél max. 0,035%, a C 45 E-nél 0,020—0,035%.

A lágyítás hőmérséklete 650—700 °C  
 Az ausztenizálás hőmérséklete 320—850 °C  
 A hűtés módja víz

Keménység, lágyítva, max. 207 HB  
 Edzéssel elérhető keménység 56 HRC

Keménysegelosztás				
Méret, Ø, mm	16	40	63	100
Felületen, HRC	56	54	52	47
Magban	52 HRC	27 HRC	22 HRC	220 HV







# Az acélminőség jele: C 50, C 50 E

Nagy szilárdságú ötvöztelen, nemesíthető acél, közepes igénybevételhez.

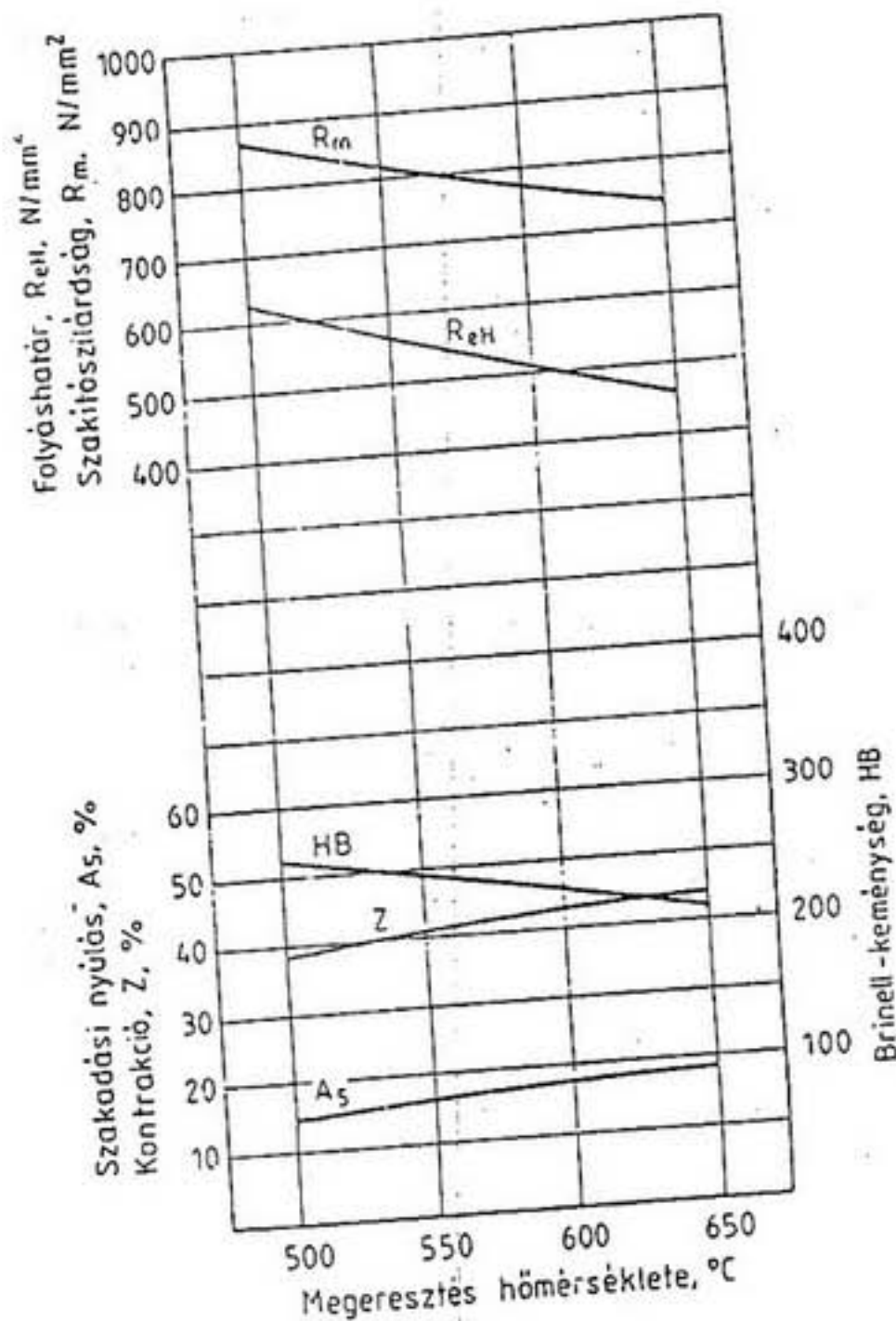
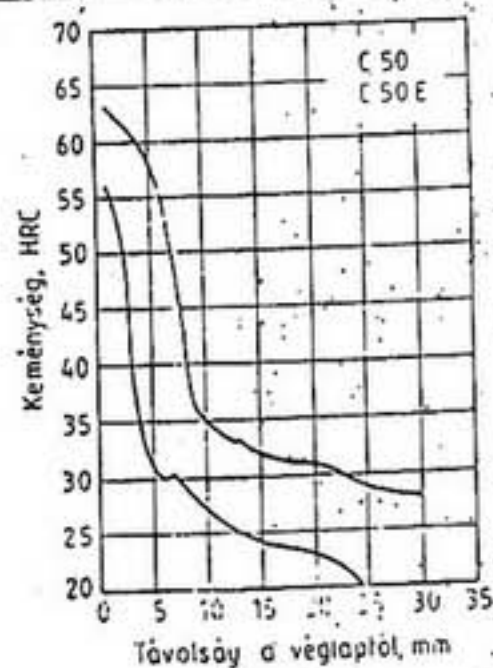
Vegyi összetétel, %-ban	
C	Mn
0,47–0,55	0,60–0,90

Si max. 0,40%; P max. 0,035%; S a C 50-nál max. 0,035%, a C 50 E-nél 0,020–0,035%.

A lágyítás hőmérséklete 650–700 °C  
Az ausztenitesítés hőmérséklete 810–840 °C  
A hűtés módja viz

Keménység, lágyítva, max. 217 HB  
Edzéssel elérhető keménység 58 HRC

Keménységeloszlás, HRC				
Méret, Ø, mm	16	40	63	100
Felületen	58	57	54	49
Magban	54	29	24	20



# Az acélminőség jele: C 55, C 55 E

Ötvözetlen, nemesíthető acél, jó szilárdsággal.

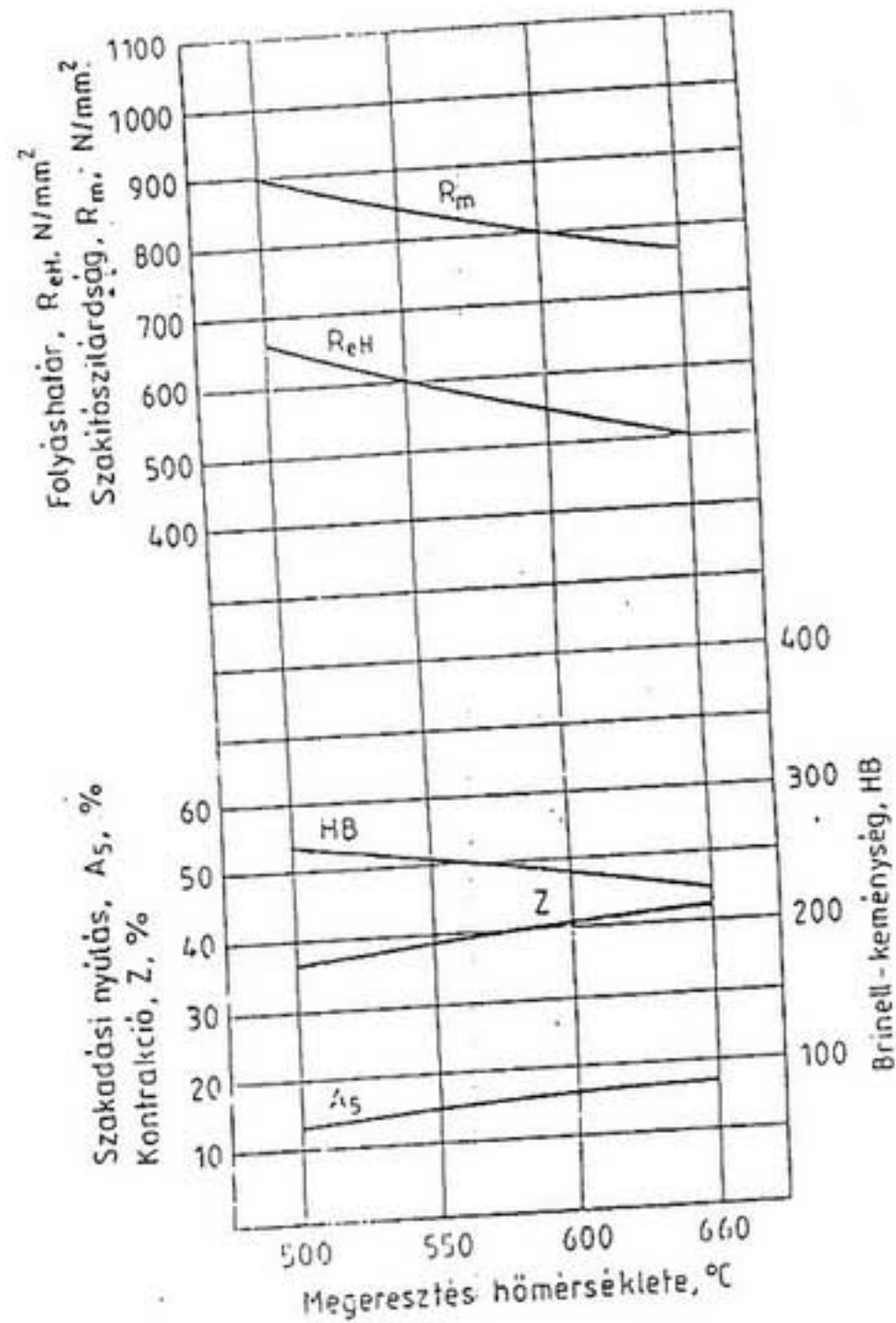
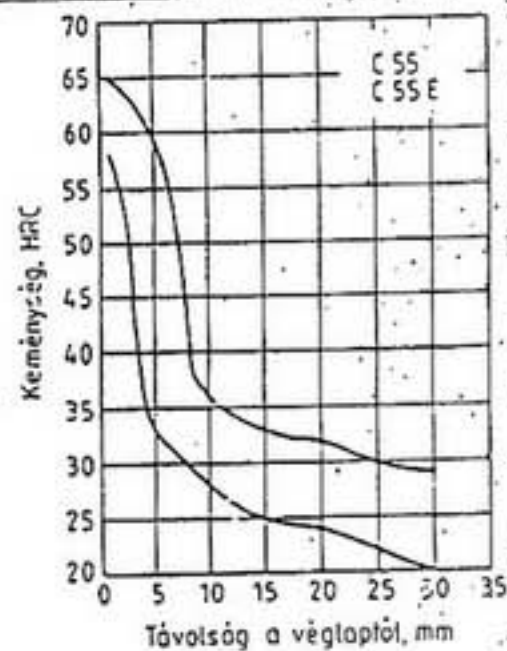
Vegyi összetétel, %-ban	
C	Mn
0,52—0,60	0,50—0,90

Si max. 0,40%; P max. 0,035%; S a C 55-nél max. 0,035%, a C 55 E-nél 0,020—0,035%.

A lágyítás hőmérséklete 650—700 °C  
 Az ausztenizálás hőmérséklete 805—835 °C  
 A hűtés módja víz

Keménység,  
 lágyítva, max. 229 HB  
 Edzéssel elérhető  
 keménység 59 HRC

Keménysegelosztás, HRC				
Méret, Ø, mm	16	40	63	100
Felületen	59	58	56	51
Magban	56	31	26	21



# Az acélminőség jele: C 60, C 60 E

A legnagyobb szilárdságú ötvöztelen, nemesíthető acél.

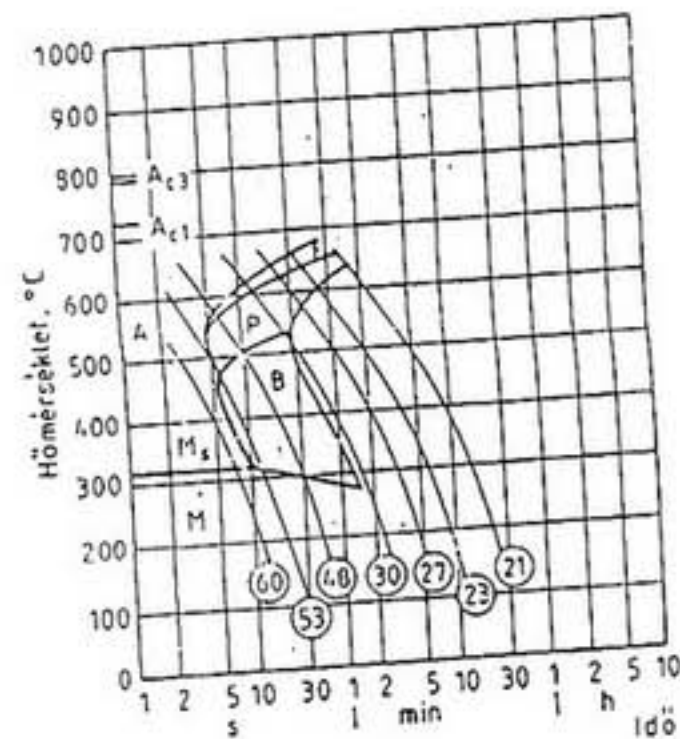
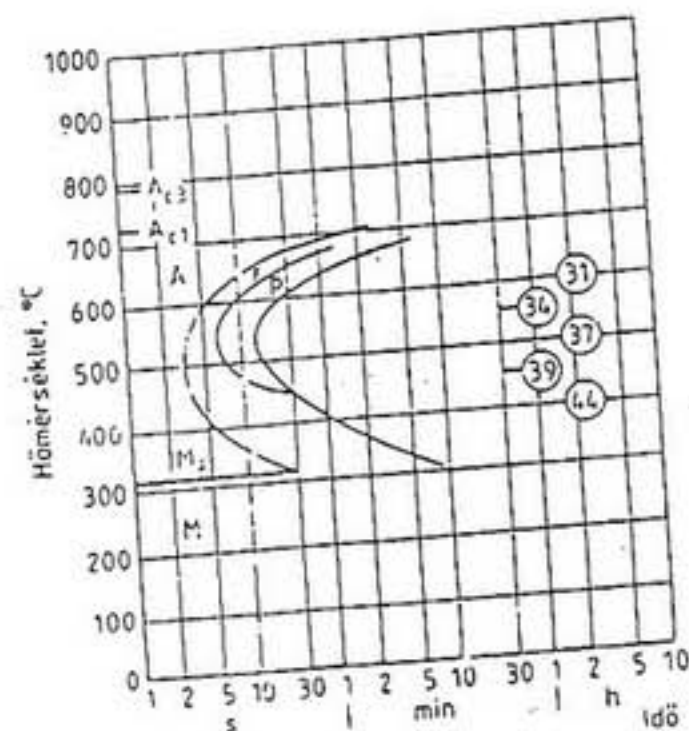
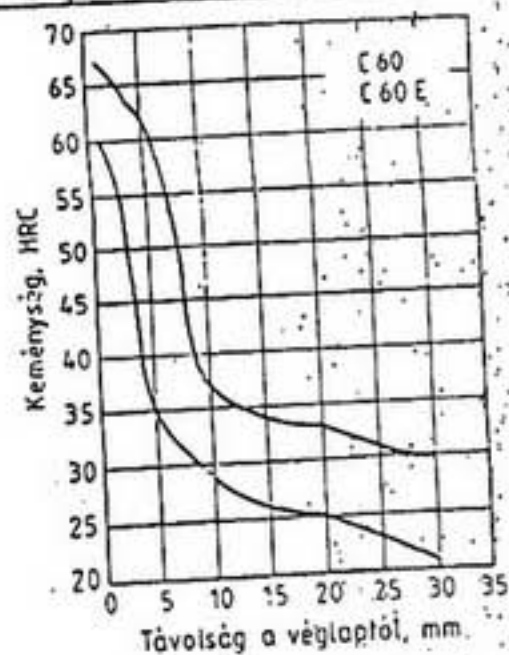
Vegyi összetétel, %-ban	
C	Mn
0,57—0,65	0,60—0,90

Si max. 0,40%; P max. 0,035%; S a C 60-nál max. 0,035%, a C 60 E-nél 0,020—0,035%.

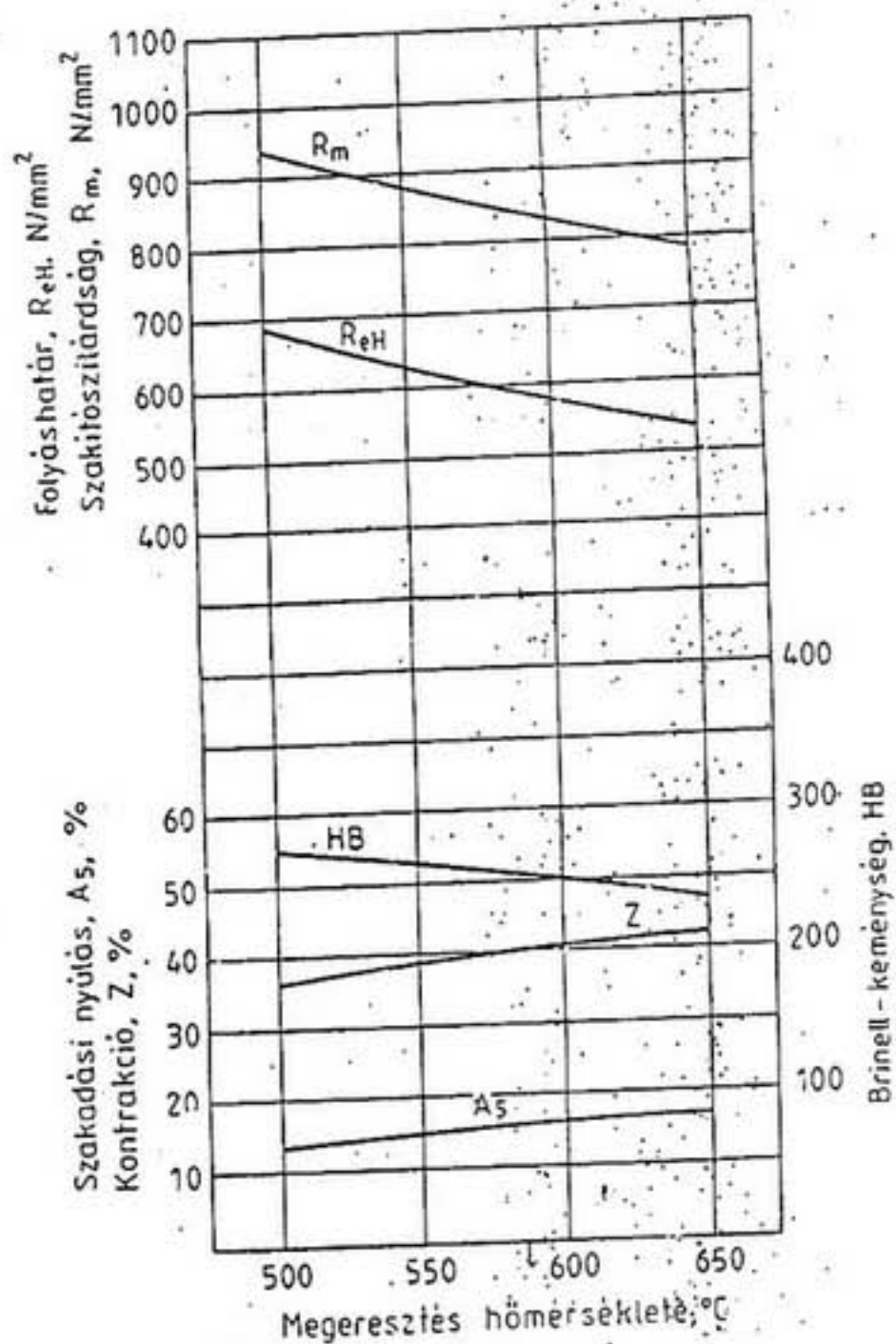
A lágyítás hőmérséklete 650—700 °C  
 Az ausztenizálás hőmérséklete 800—830 °C  
 A hűtés módja víz

Keménység, lágyítva, max. 241 HB  
 Széssel elérhető keménység 60 HRC

Keménységeloszlás, HRC				
Méret, Ø, mm	16	40	63	100
Felületen	60	59	57	53
Magban	57	33	27	22







## Az acélminőség jele: Cr 1, Cr 1 E

Cr-ötvözésű nemesíthető acél, kis mérethez, kis igénybevételhez.

Vegyi összetétel, %-ban		
C	Mn	Cr
0,30–0,37	0,60–0,90	0,90–1,20

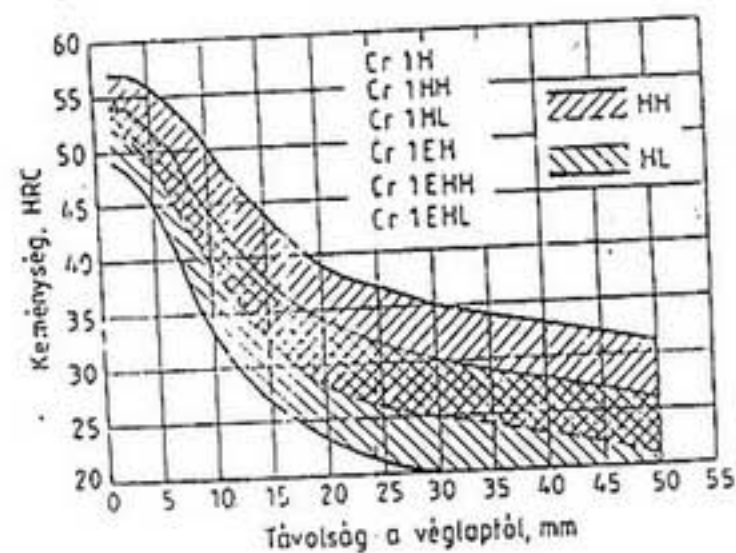
Si max. 0,40%; P max. 0,035%; S a Cr 1-nél max. 0,035%, a Cr 1 E-nél 0,020–0,035%.

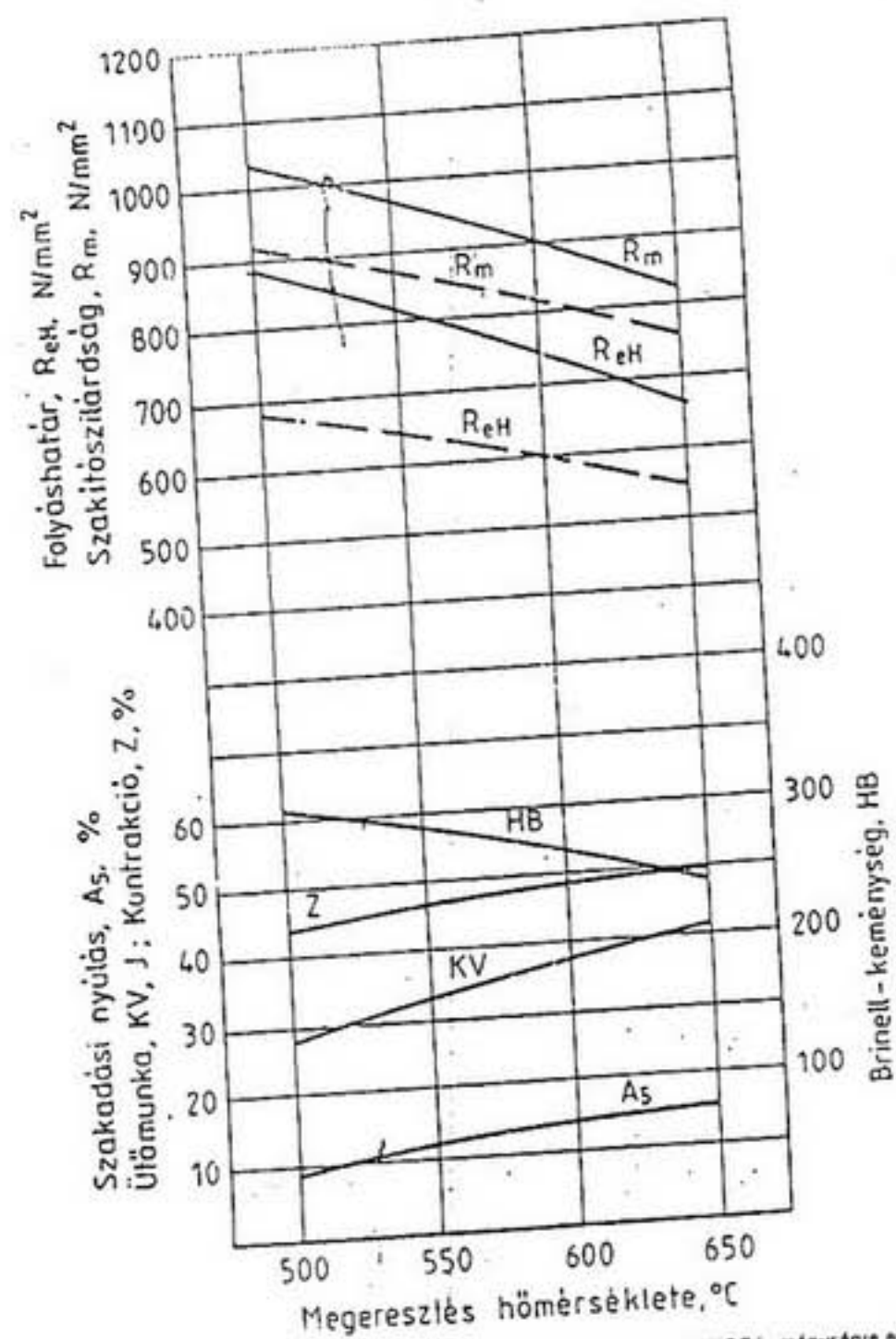
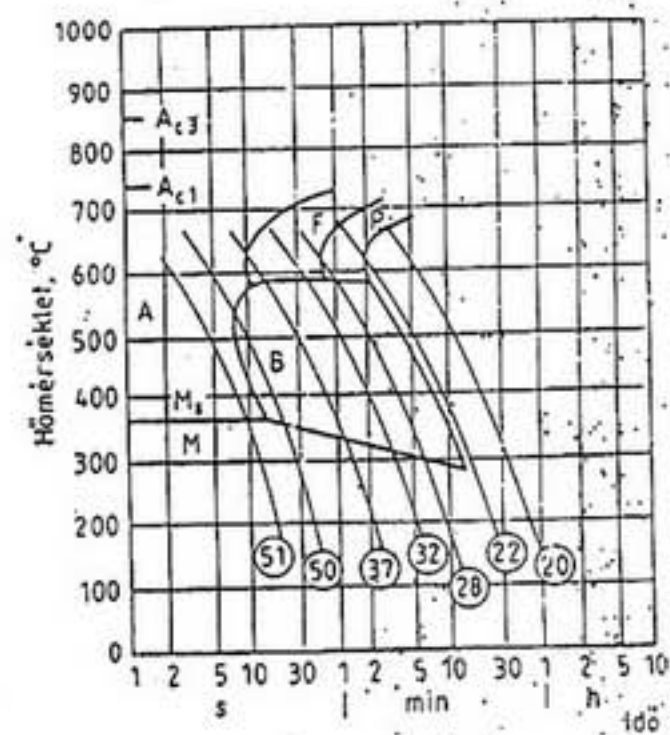
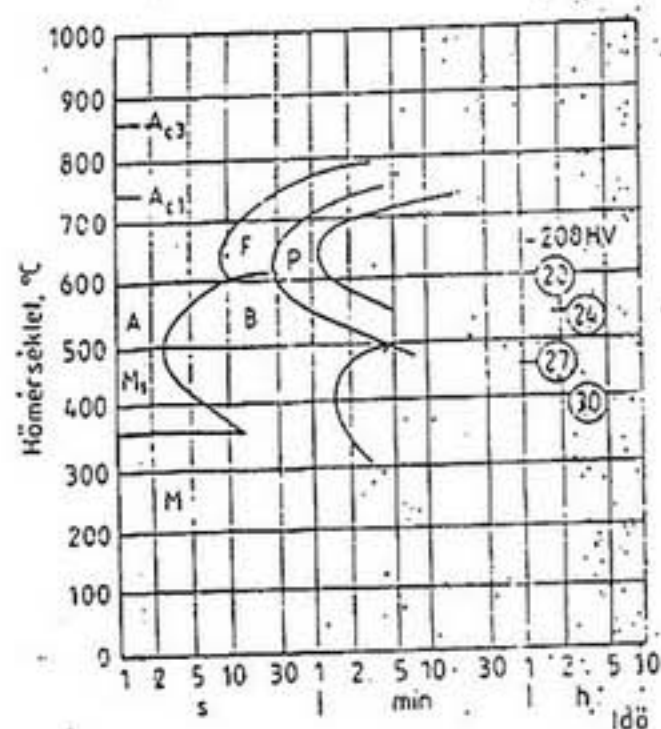
A lágyítás hőmérséklete 680–720 °C  
 Az ausztenitesztés hőmérséklete 840–870 °C  
 A hűtés módja olaj

Keménység, lágyítva, max. 223 HB  
 Edzéssel elérhető keménység 51 HRC

Keménységelosztás, HRC				
Méret, Ø, mm	16	40	63	100
Felületen	51	43	35	31
Magban	51	35	31	26

Kiláradási határ hajlító igénybevételénél, N/mm <sup>2</sup>		
Szakítószilárdság, $R_m$ , N/mm <sup>2</sup>		
1040	940	830
500	450	400





A folyamatos vonallal rajzolt értékek az elérhető, a szaggatottal rajzoltak a 40 HRC keménységre edzett állapothoz vonatkoznak.

# Az acélminőség jele: Cr 2, Cr 2 E

Cr-ötvöztetésű nemesíthető acél, kis mérethez, mérsékelt igénybevételhez.

Vegyi összetétel, %-ban		
C	Mn	Cr
0,34—0,41	0,60—0,90	0,90—1,20

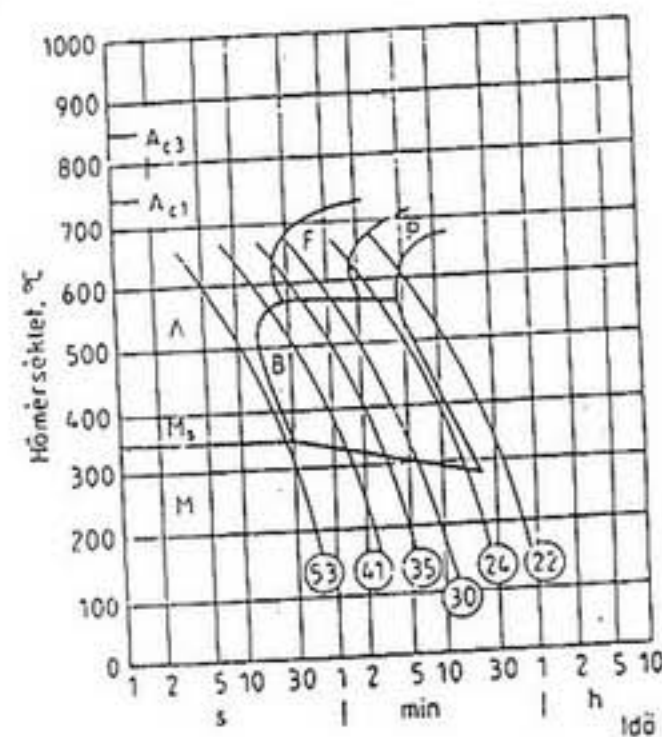
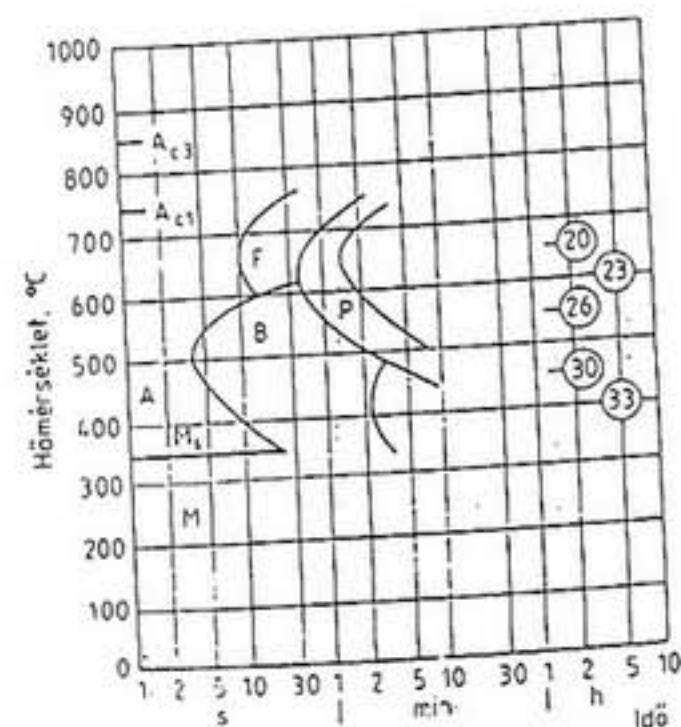
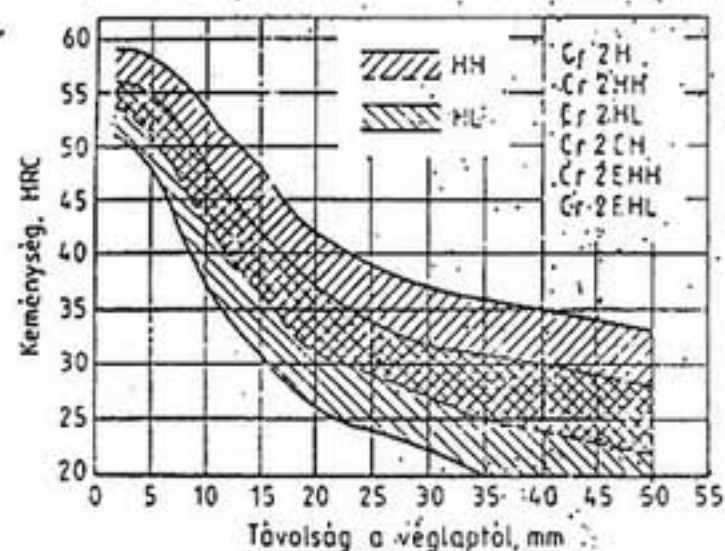
Si max. 0,40%; P max. 0,035%; S a Cr 2-nél max. 0,035%, a Cr 2 E-nél 0,020—0,035%.

A lágyítás hőmérséklete 680—720 °C  
Az ausztenitesítés hőmérséklete 835—865 °C  
A hűtés módja olaj

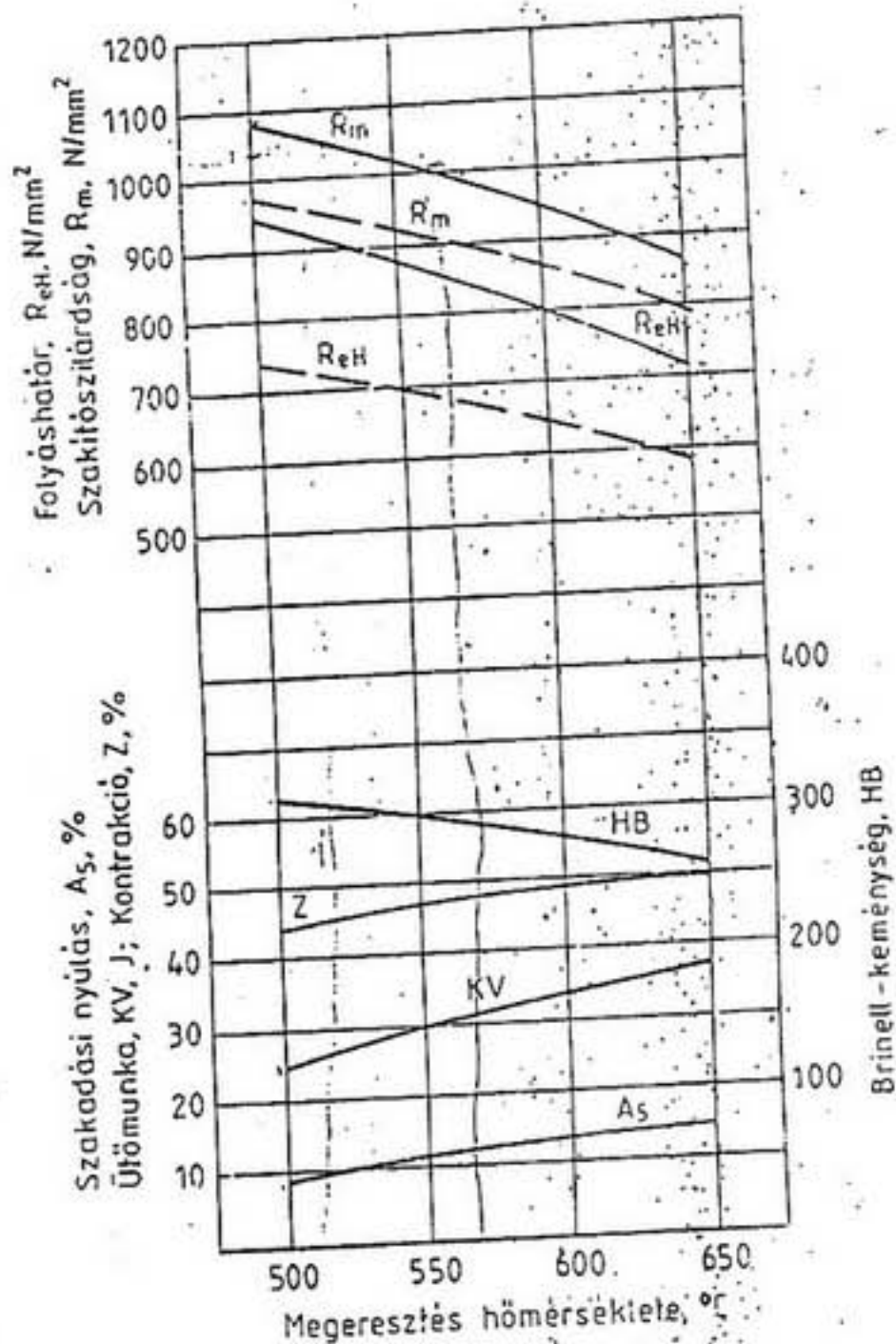
Keménység, lágyítva, max. 235 HB  
Edzéssel elérhető keménység 53 HRC

Keménysegelosztás, HRC				
Méret, Ø, mm	16	40	63	100
Felületen	53	47	39	33
Magban	53	39	34	28

Kilármási határ hajlító igénybevételénél, N/mm²		
Szakítószilárdság, R <sub>m</sub> , N/mm²		
1090	980	870
520	470	420







A folyamatos vonallal rajzolt értékek az elérhető, a szaggatottal rajzoltak a 40 HRC keménységre edzett állapothoz vonatkoznak.

## Az acélminőség jele: Cr 3, Cr 3 E

Cr-ötvöztetésű nemesíthető acél, nagy szilárdsággal.

Vegyi összetétel, %-ban		
C	Mn	Cr
0,38–0,45	0,60–0,90	0,90–1,20

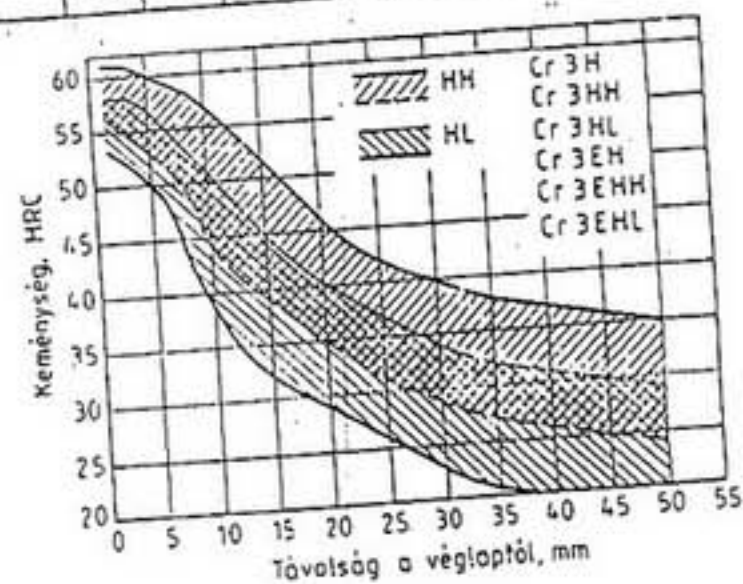
Si max. 0,40%; P max. 0,035%; S a Cr 3-nál max. 0,035%, a Cr 3 E-nél 0,020–0,035%.

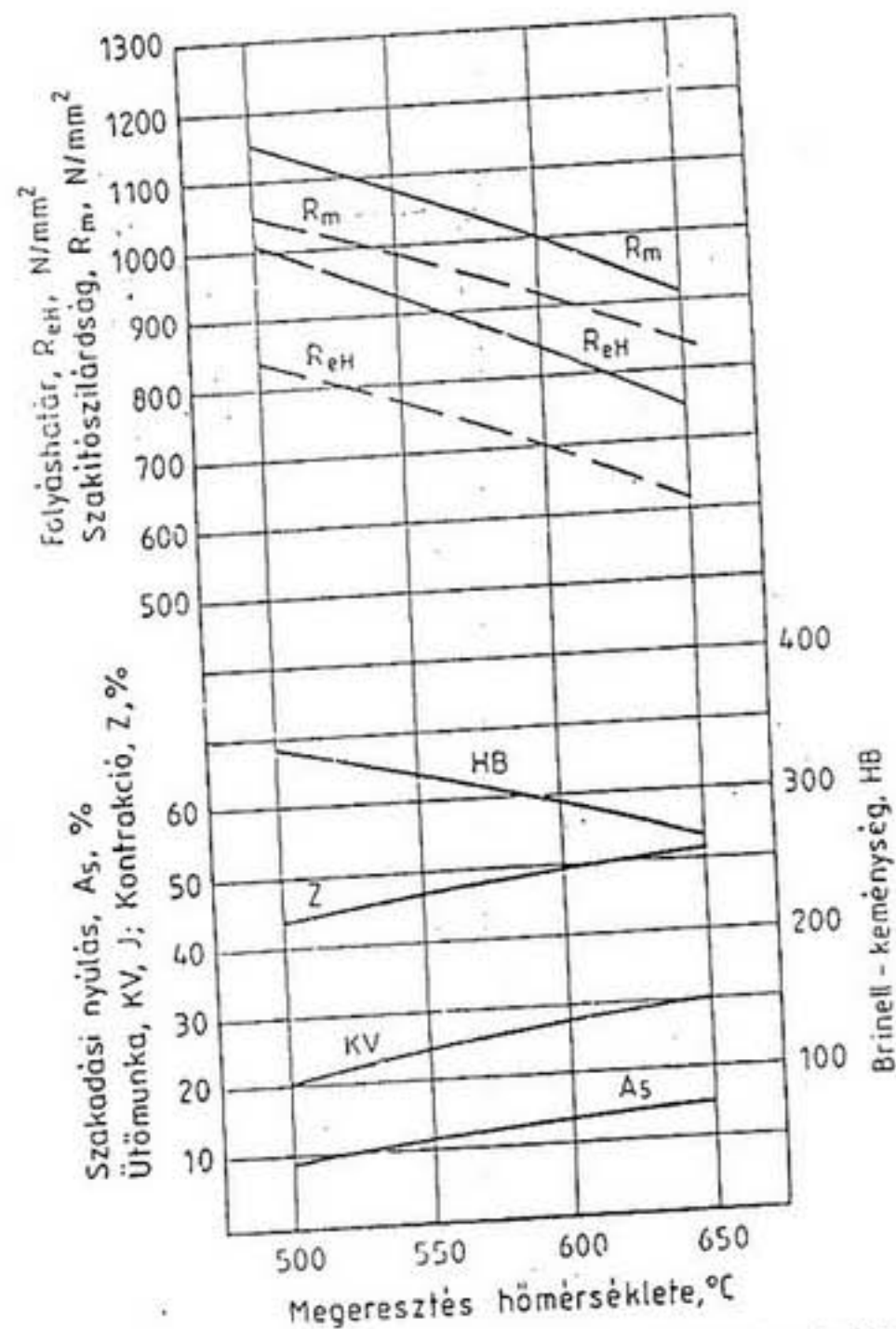
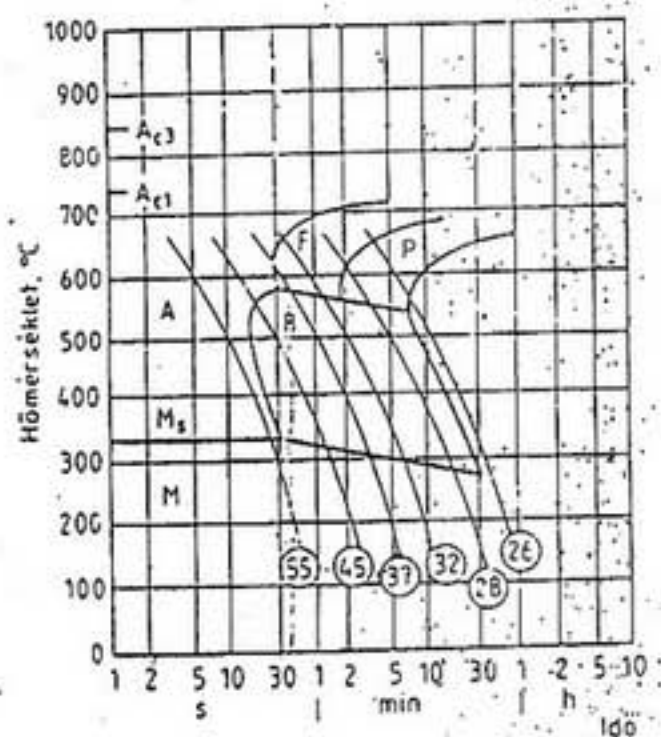
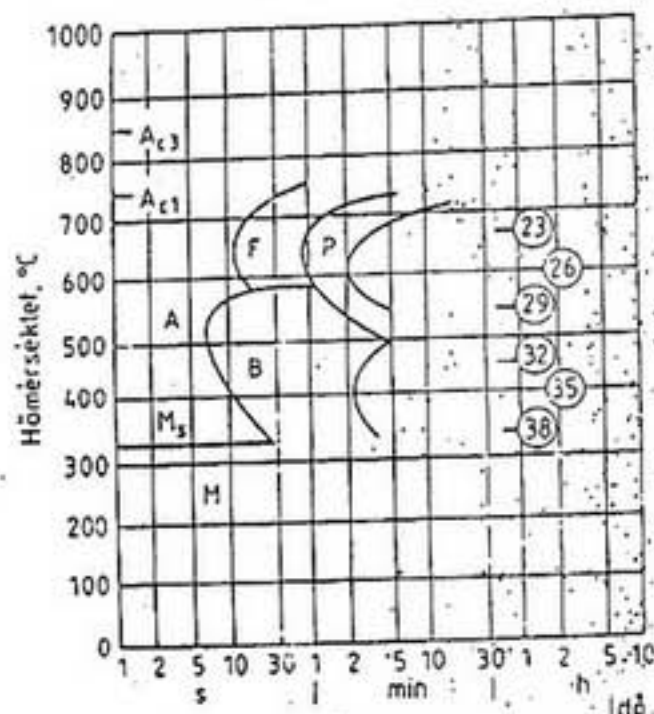
A lágyítás hőmérséklete 680–720 °C  
 Az ausztenitesítés hőmérséklete 830–860 °C  
 A hűtés módja olaj

Keménység, lágyítva, max. 241 HB  
 Edzéssel elérhető keménység 55 HRC

Keményséelosztás, HRC				
Méret, Ø, mm	16	40	63	100
Felületen	55	51	42	35
Magban	55	42	36	31

Kifáradási határ hajlító igénybevételénél, N/mm <sup>2</sup>		
Szakítószilárdság, $R_m$ , N/mm <sup>2</sup>		
1150	1030	910
550	490	440





A folyamatos vonallal rajzolt értékek az elérhető, a szaggatottal rajzoltak a 45 HRC keménységre edzett állapotra vonatkoznak.

# Az acélminőség jele: Mn 1, Mn 1 E

Mn-ötvözésű nemesíthető acél, kis igénybevételhez.

Vegyi összetétel, %-ban	
C	Mn
0,25—0,32	1,30—1,65

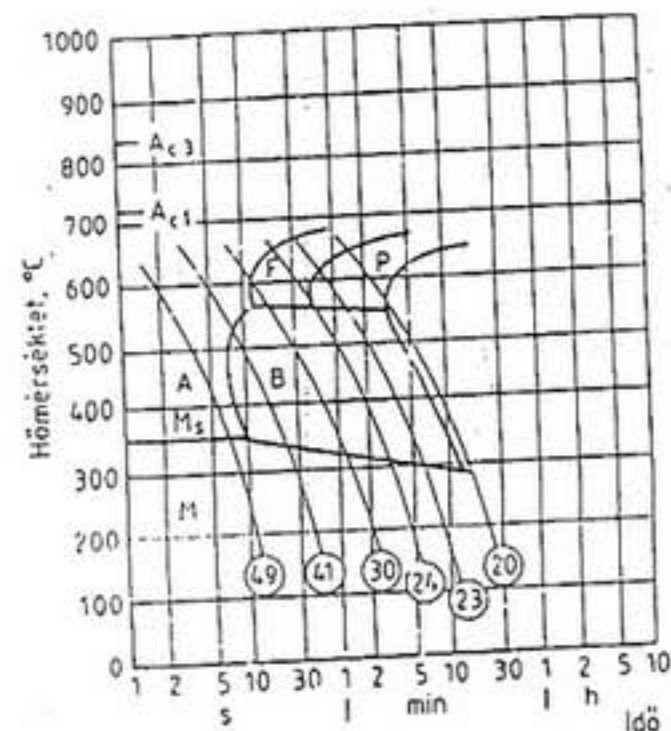
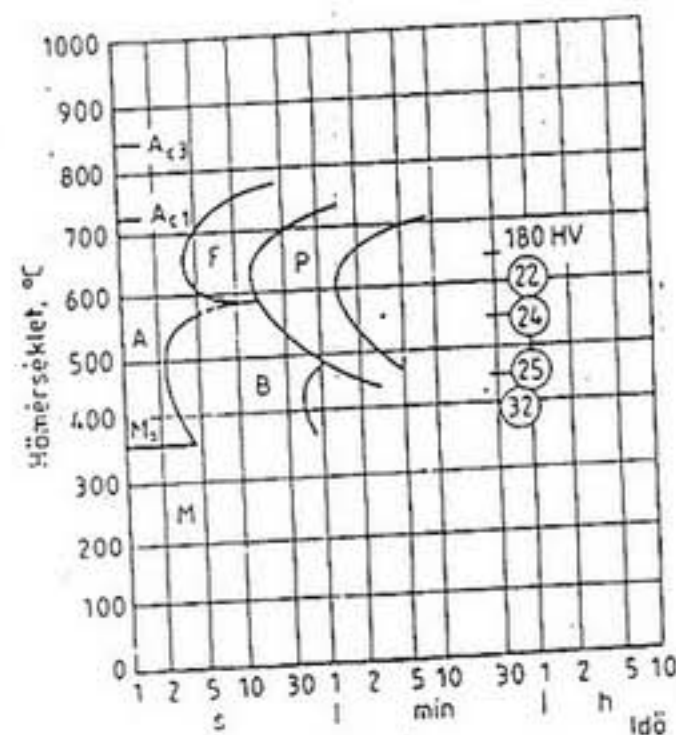
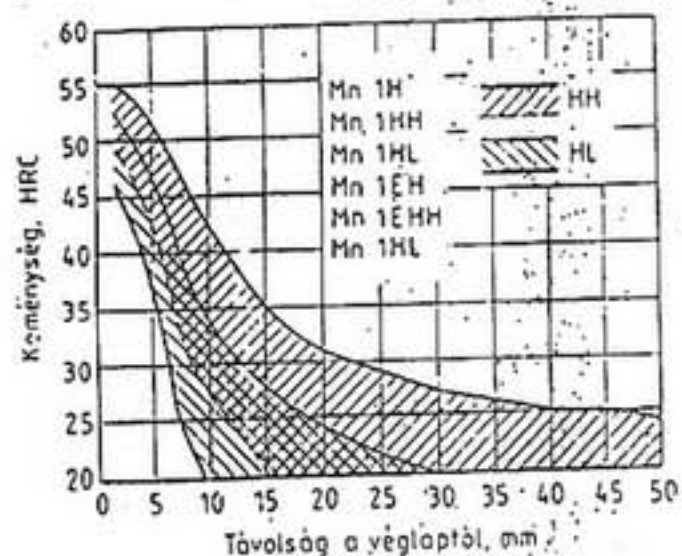
Si max. 0,40%; P max. 0,035%; S a Mn 1-nél max. 0,035%, a Mn 1 E-nél 0,020—0,035%.

A lágyítás hőmérséklete 680—700 °C  
 Az ausztenitesítés hőmérséklete P40—870 °C  
 A hűtés módja olaj

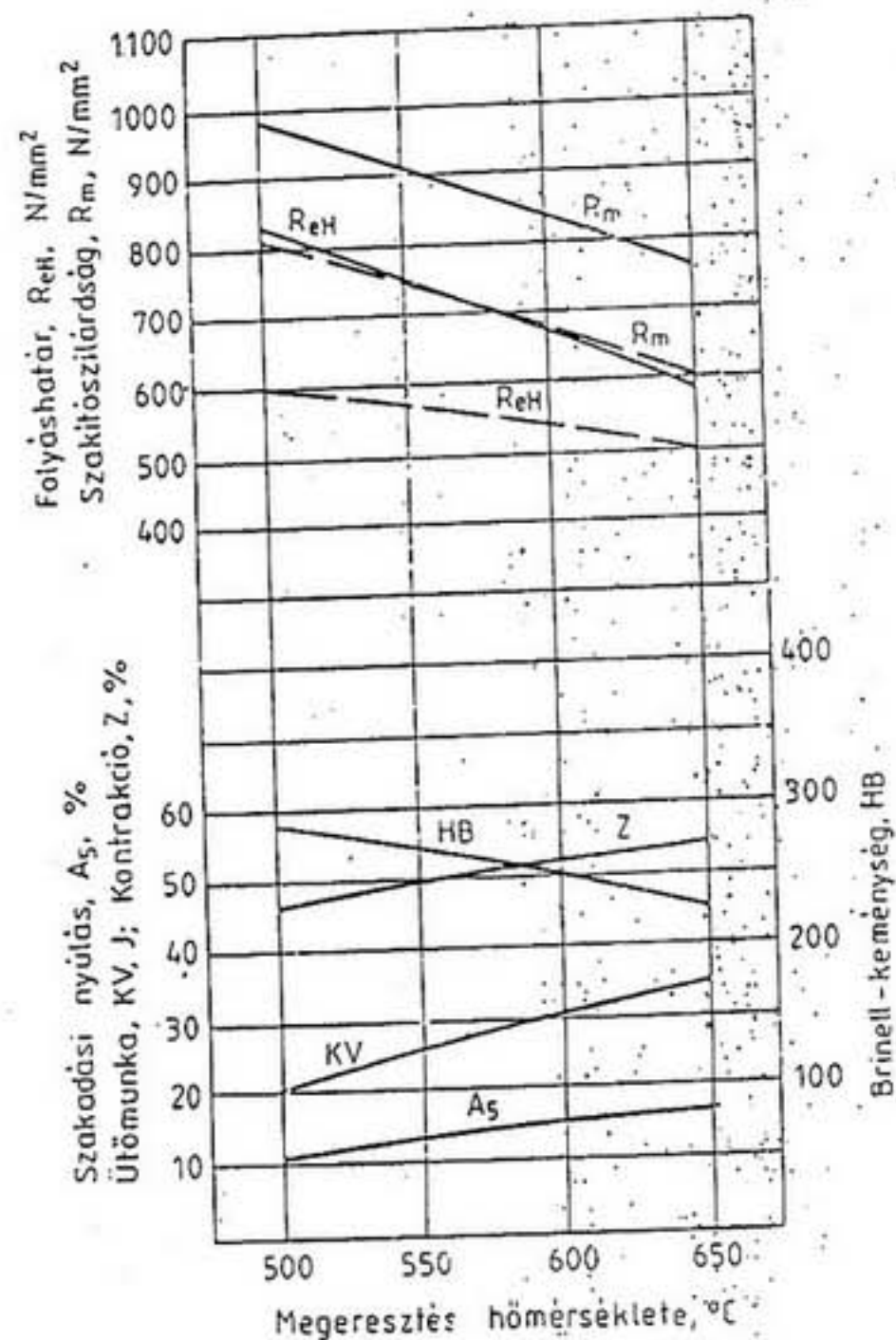
Keménység, lágyítva, max. 223 HB  
 Edzéssel elérhető keménység 47 HRC

Keménységleosztás, HRC				
Méret, Ø, mm	16	40	63	100
Felületen	47	34	28	23
Magban	41	28	23	22

Kilágyási határ hajlító igénybevételénél, N/mm <sup>2</sup>		
Szakítószilárdság, R <sub>m</sub> , N/mm <sup>2</sup>		
1060	940	820
510	450	390







A folyamatos vonallal rajzolt értékek az elérhető, a szaggatottal rajzoltak a 40 HRC keménységre edzett állapotra vonatkoznak.

## Az acélminőség jele: Mn 2, Mn 2 E

Mn-ötvöztetésű nemesíthető acél, kis mérethez, közepes igénybevételhez.

Vegyi összetétel, %-ban	
C	Mn
0,33–0,40	1,30–1,65

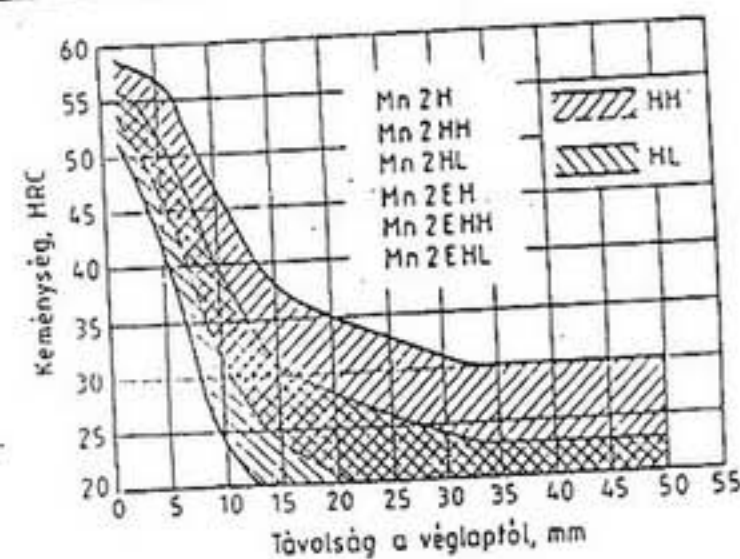
Si max. 0,40%; P max. 0,035%; S a Mn 2-nél max. 0,035%, a Mn 2 E-nél 0,020–0,035%.

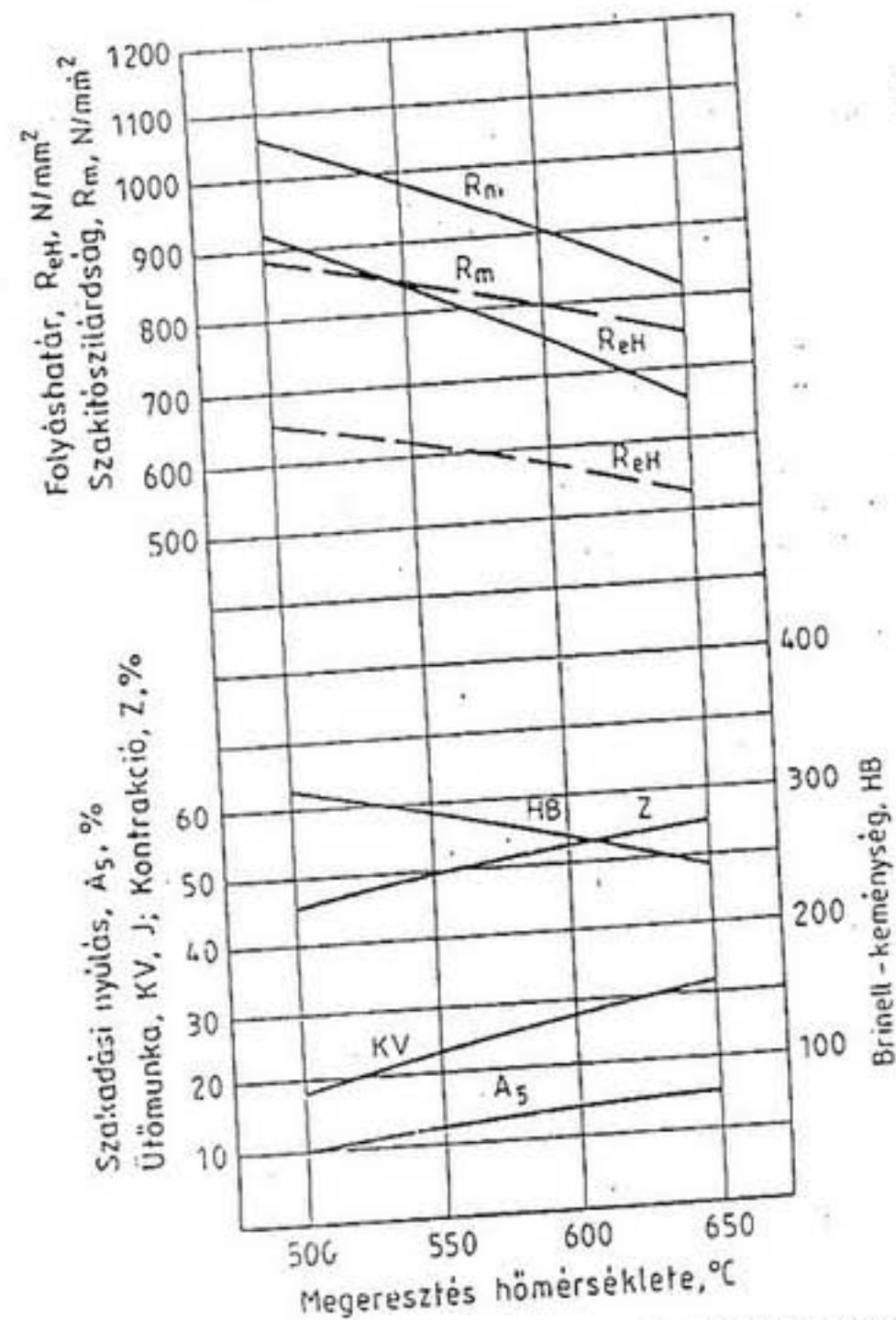
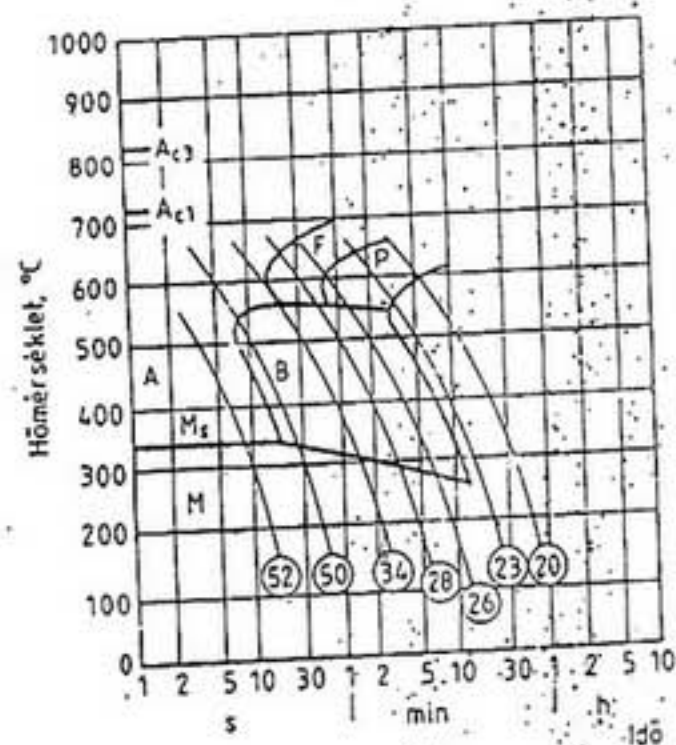
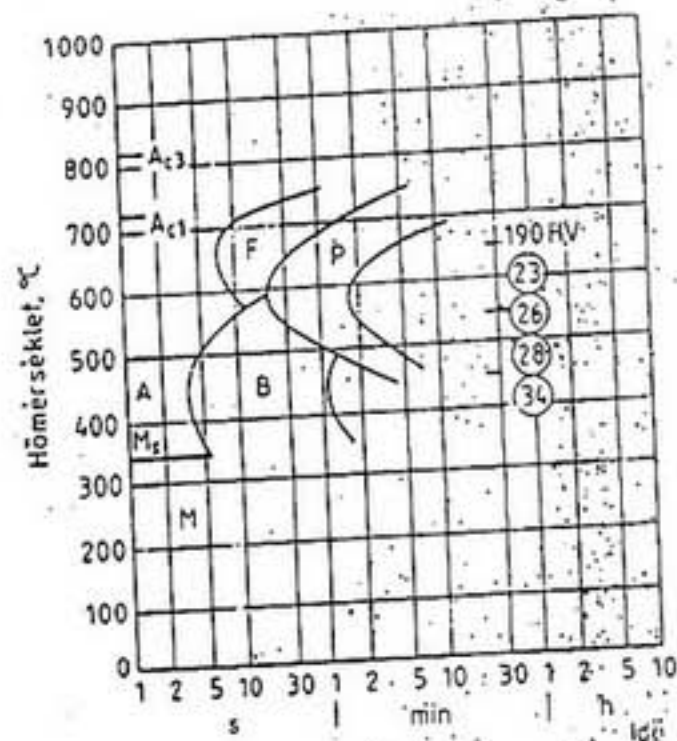
A lágyítás hőmérséklete 700–720 °C  
 Az ausztenizálás hőmérséklete 830–860 °C  
 A hűtés módja olaj

Keménység, lágyítva, max. 229 HB  
 Edzéssel elérhető keménység 52 HRC

Keményséeloszlás, HRC				
Méret, Ø, mm	16	40	63	100
Felületen	52	40	32	27
Magban	50	32	27	25

Kitérődési határ hajlító igénybevételénél, N/mm <sup>2</sup>		
Szakítószilárdság, $R_m$ , N/mm <sup>2</sup>		
980	870	760
470	420	360





A folyamatos vonallal rajzolt értékek az előírtak, a szaggatottal rajzoltak a 40 HRC keménységre edzett állapotról vonatkoznak.

# Az acélminőség jele: CMo 1, CMo 1 E

Cr-Mo ötvöztetett szerkezeti acél, kis szilárdsággal, jó ütőmunkával.  
Megeresztési ridegségre nem hajlamos.

Vegyi összetétel, %-ban			
C	Mn	Cr	Mo
0,22—0,29	0,60—0,90	0,90—1,20	0,15—0,30

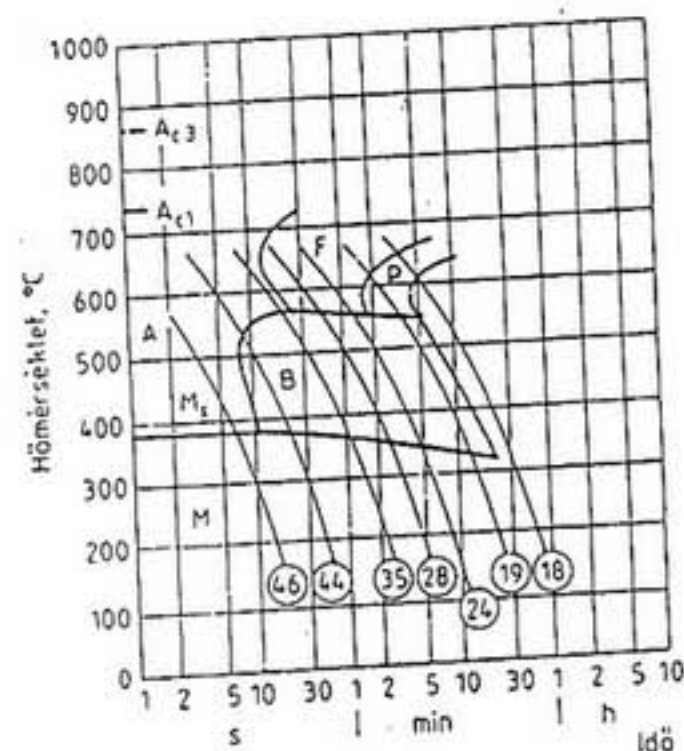
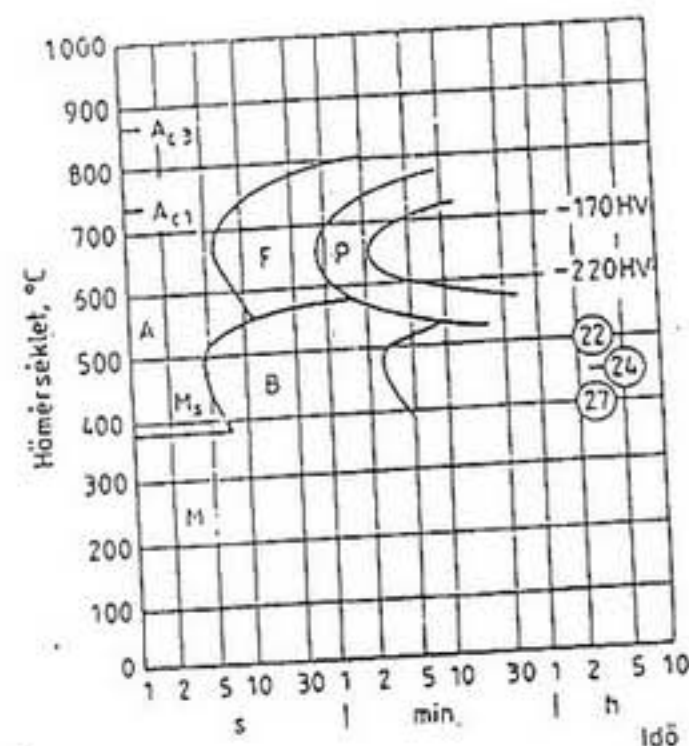
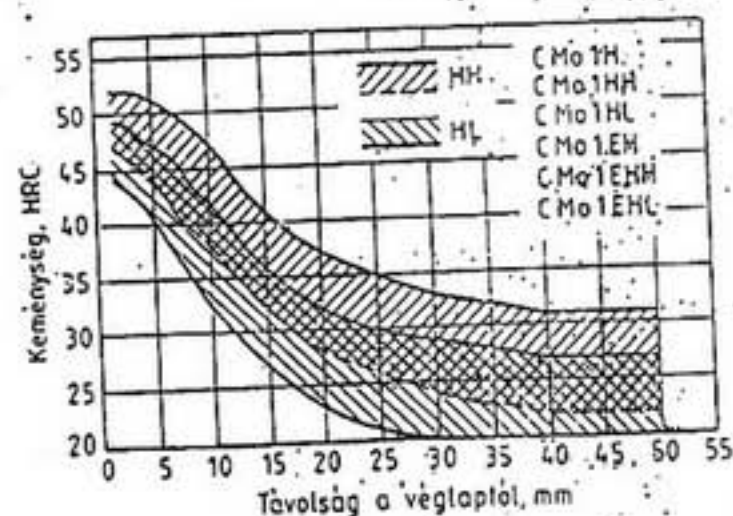
Si max. 0,40%; P max. 0,035%; S a CMo 1-nél max. 0,035%, a CMo 1 E-nél 0,020—0,035%.

A lágyítás hőmérséklete 680—720 °C  
Az ausztenizálás hőmérséklete 850—880 °C  
A hűtés módja olaj

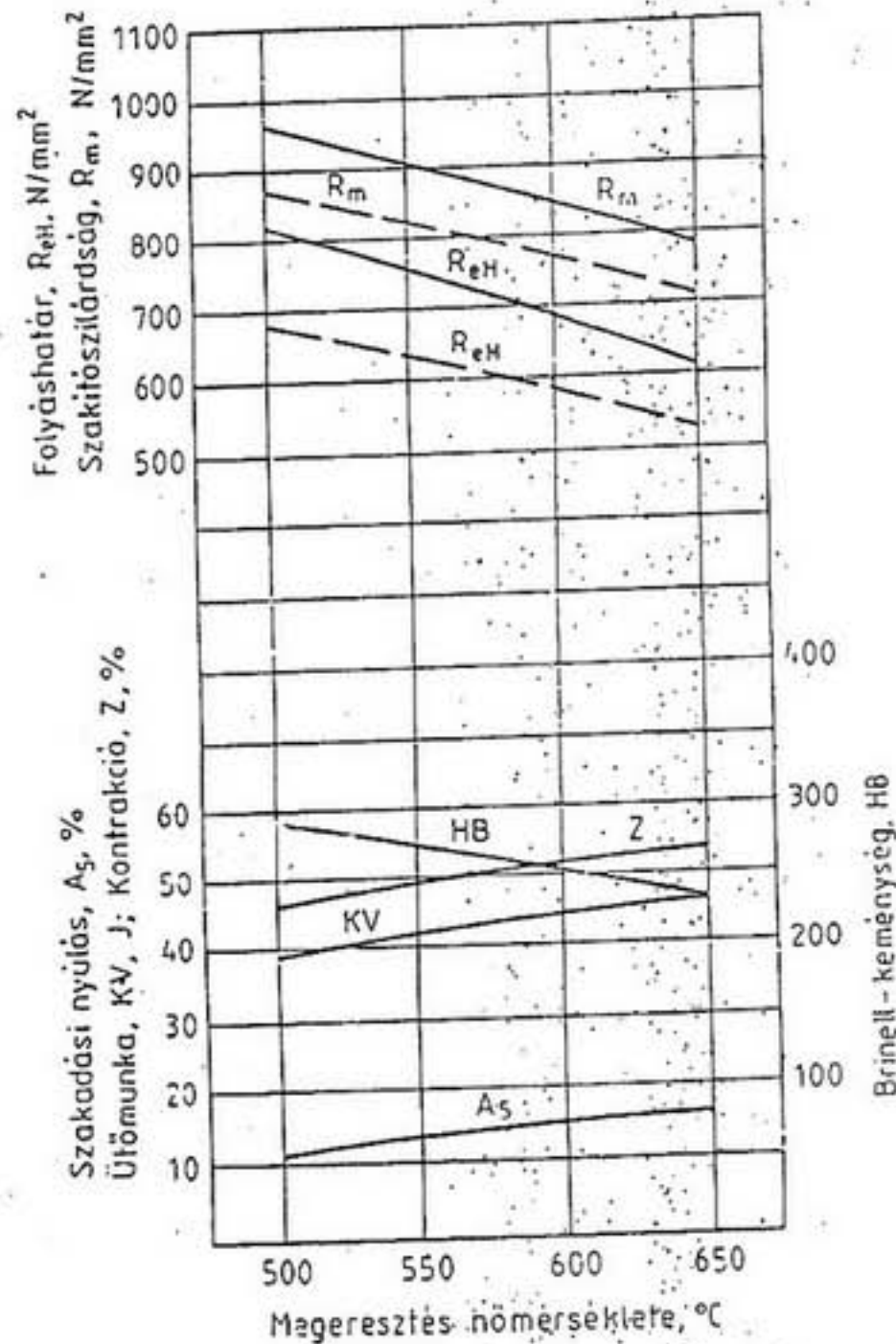
Keménység, lágyítva, max. 212 HB  
Edzéssel elérhető keménység 46 HRC

Keményséeloszlás, HRC				
Méret, Ø, mm	16	40	63	100
Felületen	45	39	32	26
Magban	44	33	27	23

Kifáradási-határ hajlítógörnybavételénél, N/mm <sup>2</sup>		
Szakítószilárdság, R <sub>m</sub> , N/mm <sup>2</sup>		
970	880	780
470	430	380







A folyamatos vonallal rajzolt értékek az elérhető, a szaggatottal rajzoltak a 40 HRC keménységre edzett állapotra vonatkoznak.

## Az acélminőség jele: CMo 3, CMo 3 E

Cr-Mo ötvöztetett nemesíthető acél, közepes igénybevételre, jó szívósággal. Megeresztési ridegségre nem hajlamos.

Vegyi összetétel, %-ban			
C	Mn	Cr	Mo
0,30–0,37	0,60–0,90	0,90–1,20	0,15–0,30

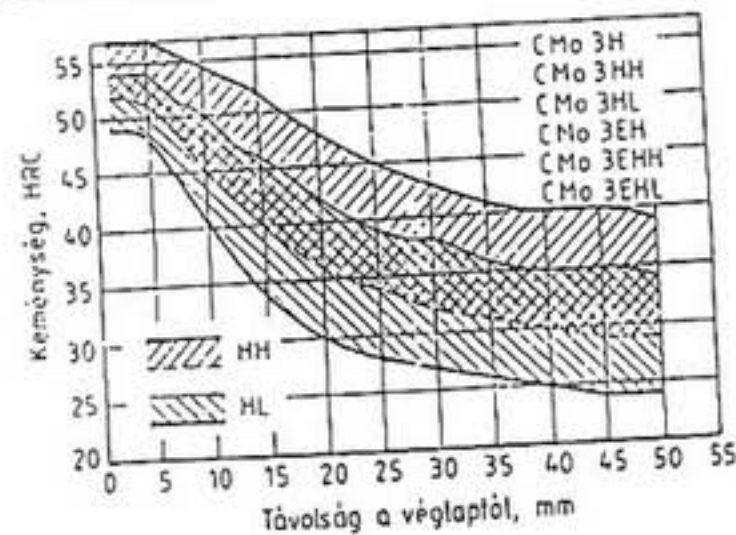
Si max. 0,40%; P max. 0,035%; S a CMo 3-nél max. 0,035%, a CMo 3 E-nél 0,020–0,035%.

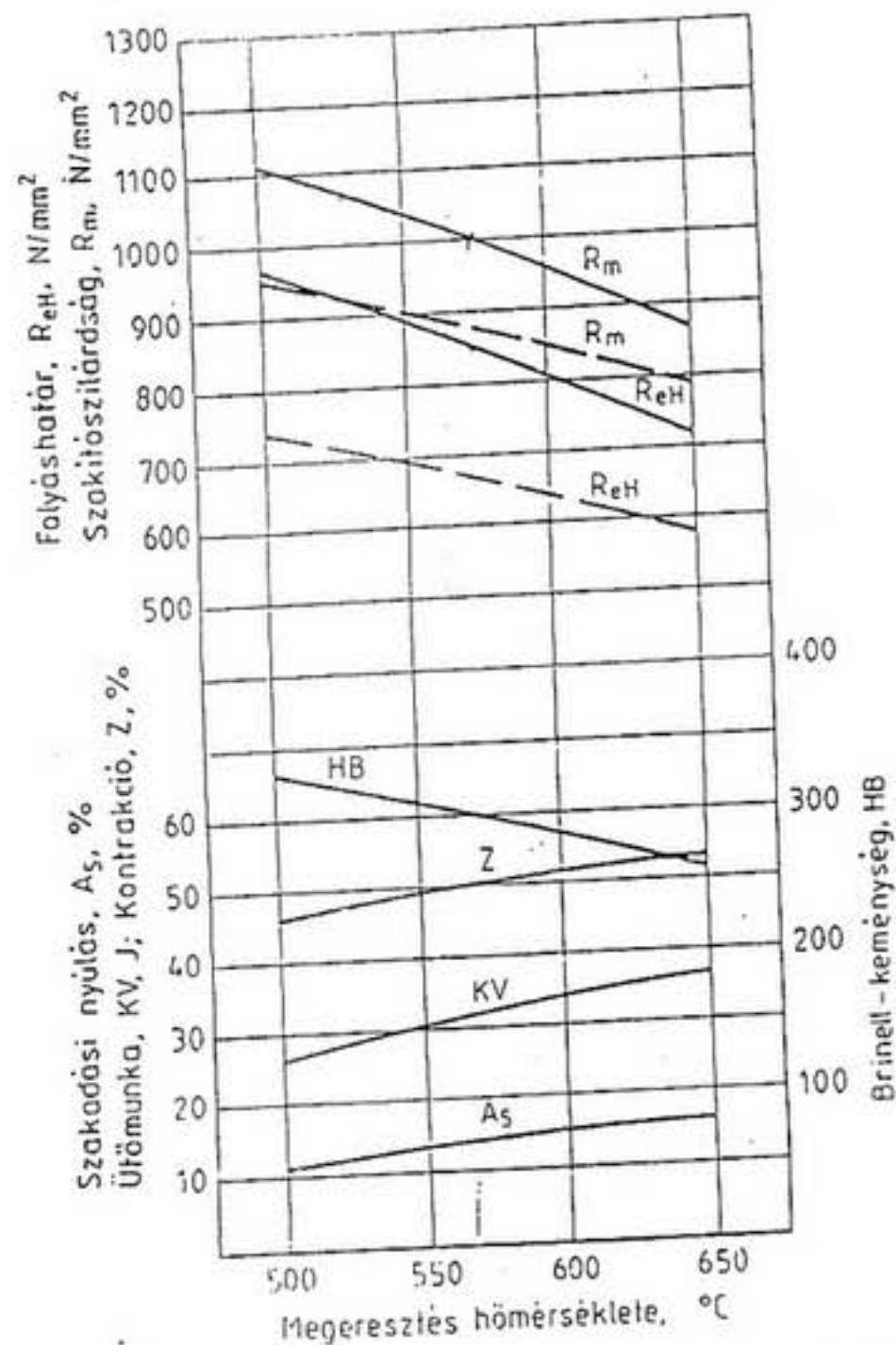
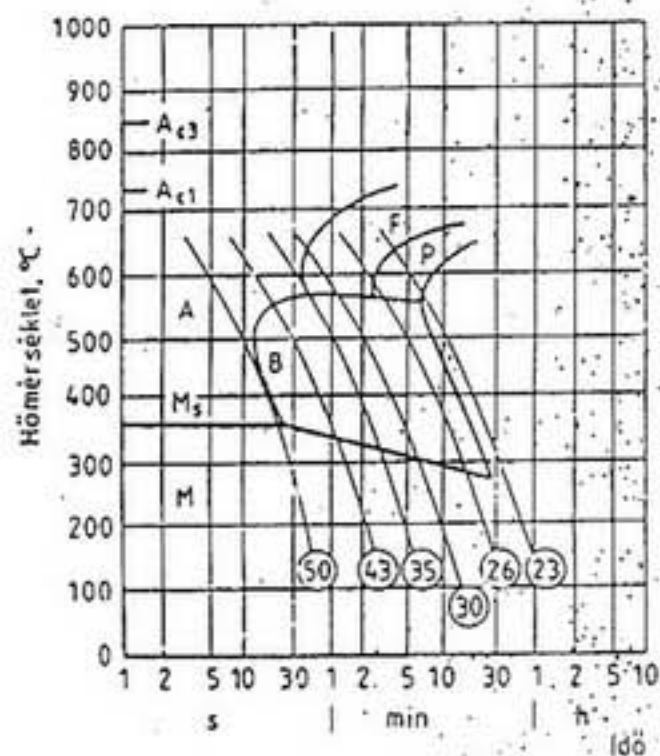
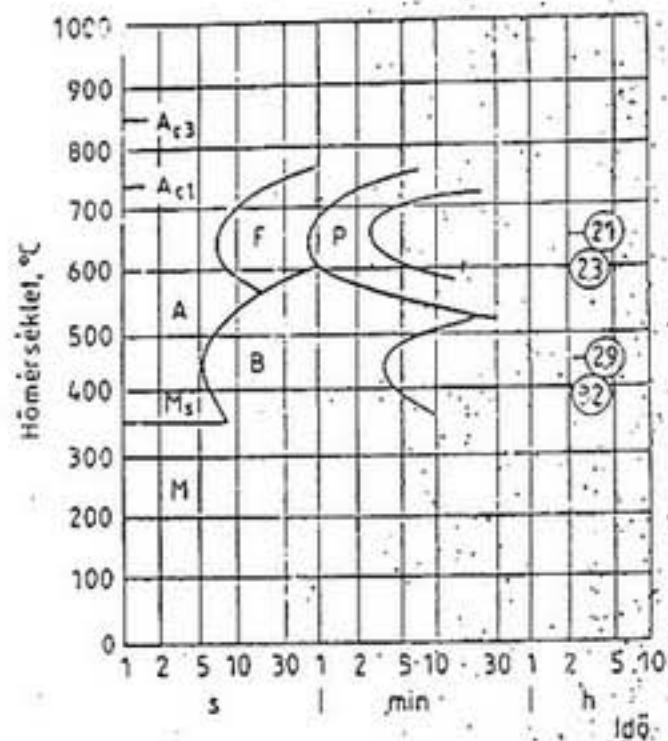
A lágyítás hőmérséklete 680–720 °C  
Az ausztenitesítés hőmérséklete 840–870 °C  
A hűtés módja olaj

Keménység, lágyítva, max. 223 HB  
Edzéssel elérhető keménység 51 HRC

Keményséelosztás, HRC				
Méret, Ø, mm	16	40	63	100
Felületen	51	46	38	33
Magban	51	38	33	29

Kiláradási határ hajlító igénybevételénél, N/mm <sup>2</sup>		
Szakítószilárdság, $R_m$ , N/mm <sup>2</sup>		
1110	990	870
560	500	430





A folyamatos vonallal rajzolt értékek az előírtak, a szaggatottal rajzoltak a 40 HRC keménységre edzett állapotra vonatkoznak.

# Az acélminőség jele: CMo 4; CMo 4 E

Cr-Mo ötvöztetésű nemesíthető, szívós szerkezetű acél, nagy igénybevételhez. Megeresztési ridegségre nem hajlamos.

Vegyi összetétel, %-ban			
C	Mn	Cr	Mo
0,38—0,45	0,60—0,90	0,90—1,20	0,15—0,30

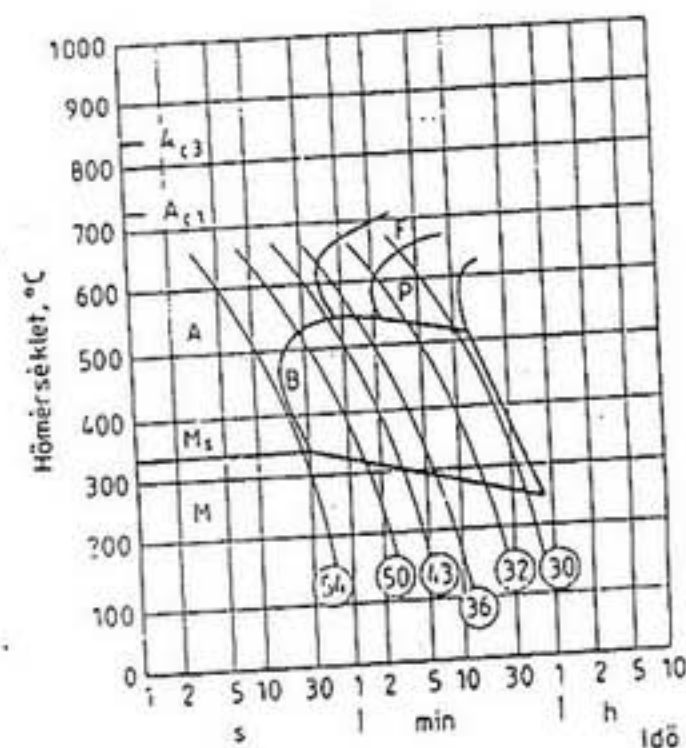
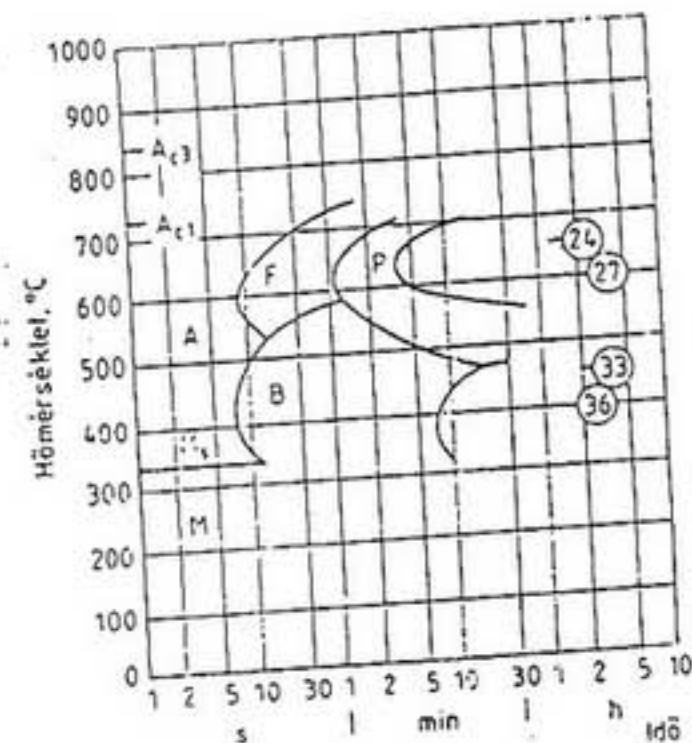
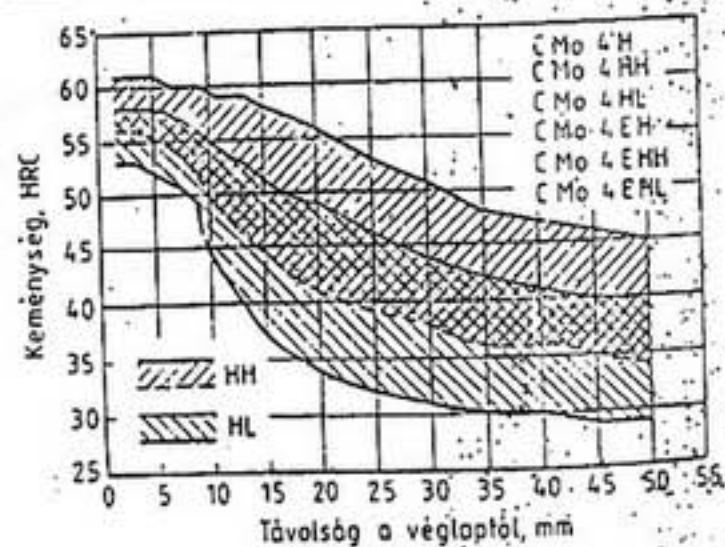
Si max. 0,40%; P max. 0,035%; S a CMo 4-nél max. 0,035%, a CMo 4 E-nél 0,020—0,035%.

A lágyítás hőmérséklete	680—720 °C	Keménység	241 HB
Az auszténítés hőmérséklete	830—860 °C	lágyítva, max.	
A hűtés módja	olaj	Edzésel elérhető keménység	55 HRC

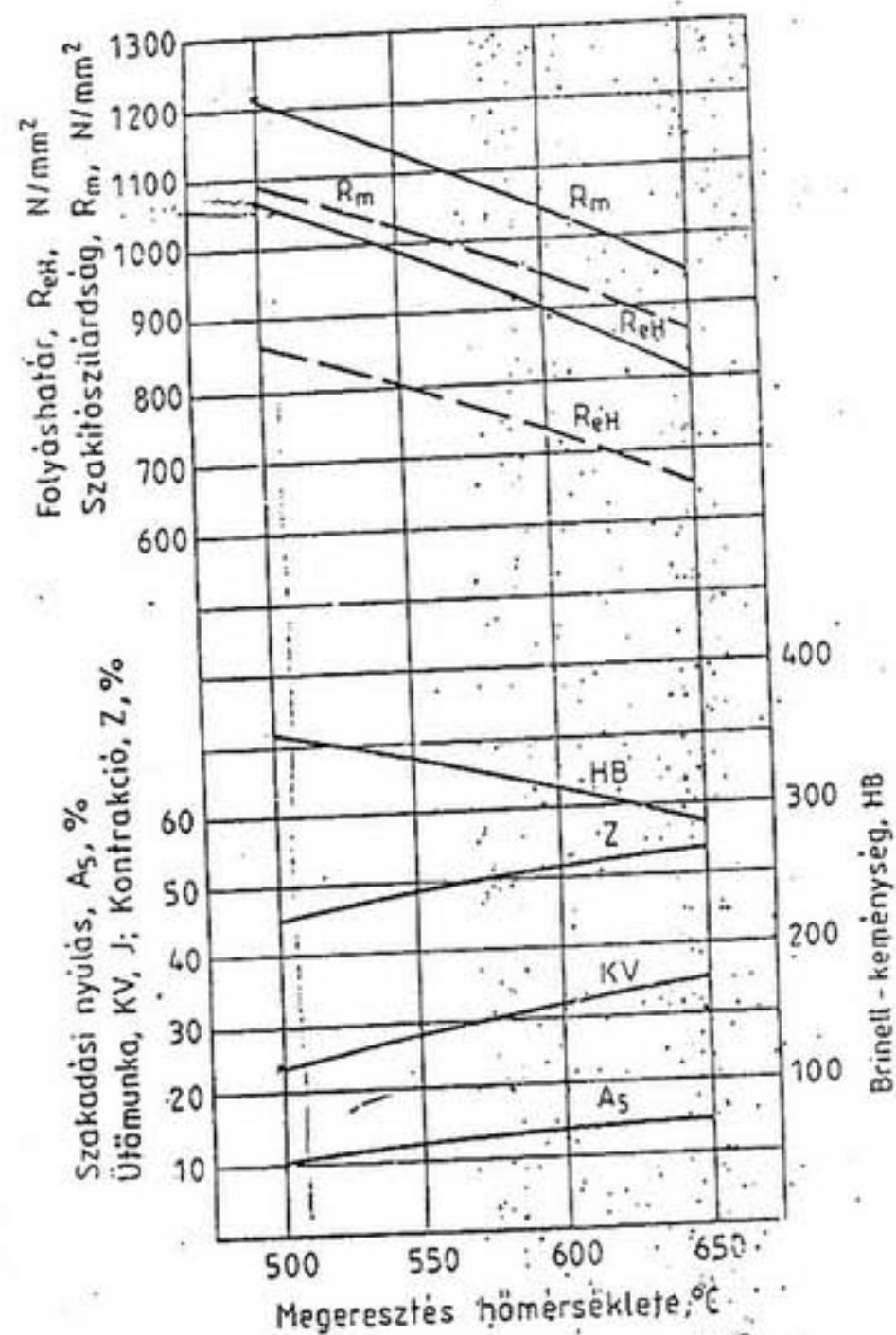
Keményséelosztás, HRC				
Méret, Ø, mm	16	40	63	100
Felületen	55	52	47	40
Magban	54	47	41	35

Kifáradási határ: hajlító igénybevételnél, N/mm <sup>2</sup>		
Szakítószilárdság, R <sub>m</sub> , N/mm <sup>2</sup>		
1210	1060	950
610	540	480







A folyamatos vonallal rajzolt értékek az elérhető, a szaggatottal rajzoltak a 45 HRC keménységre edzett állapothoz vonatkoznak.

## Az acélminőség jele: CrV 1

Finomszemcsés, Cr-V ötvöztetésű nemesíthető acél, kis méretekhez, kis igénybevételhez.

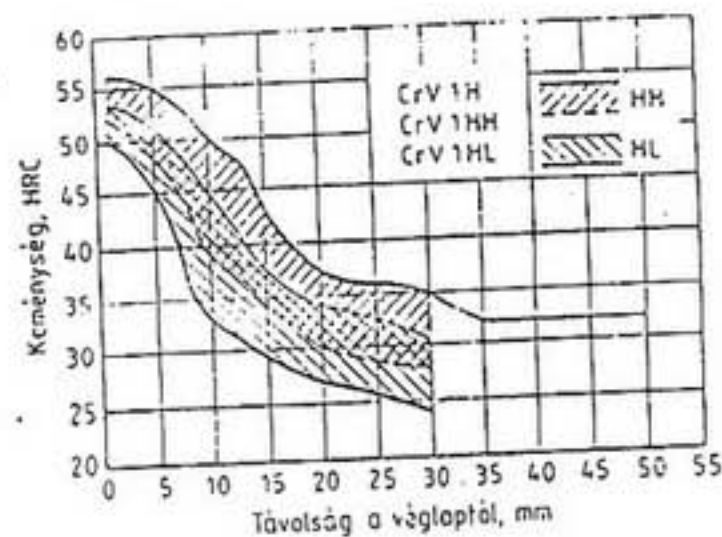
Vegyi összetétel, %-ban			
C	Mn	Cr	V
0,30–0,37	0,60–1,00	0,80–1,10	0,10–0,20

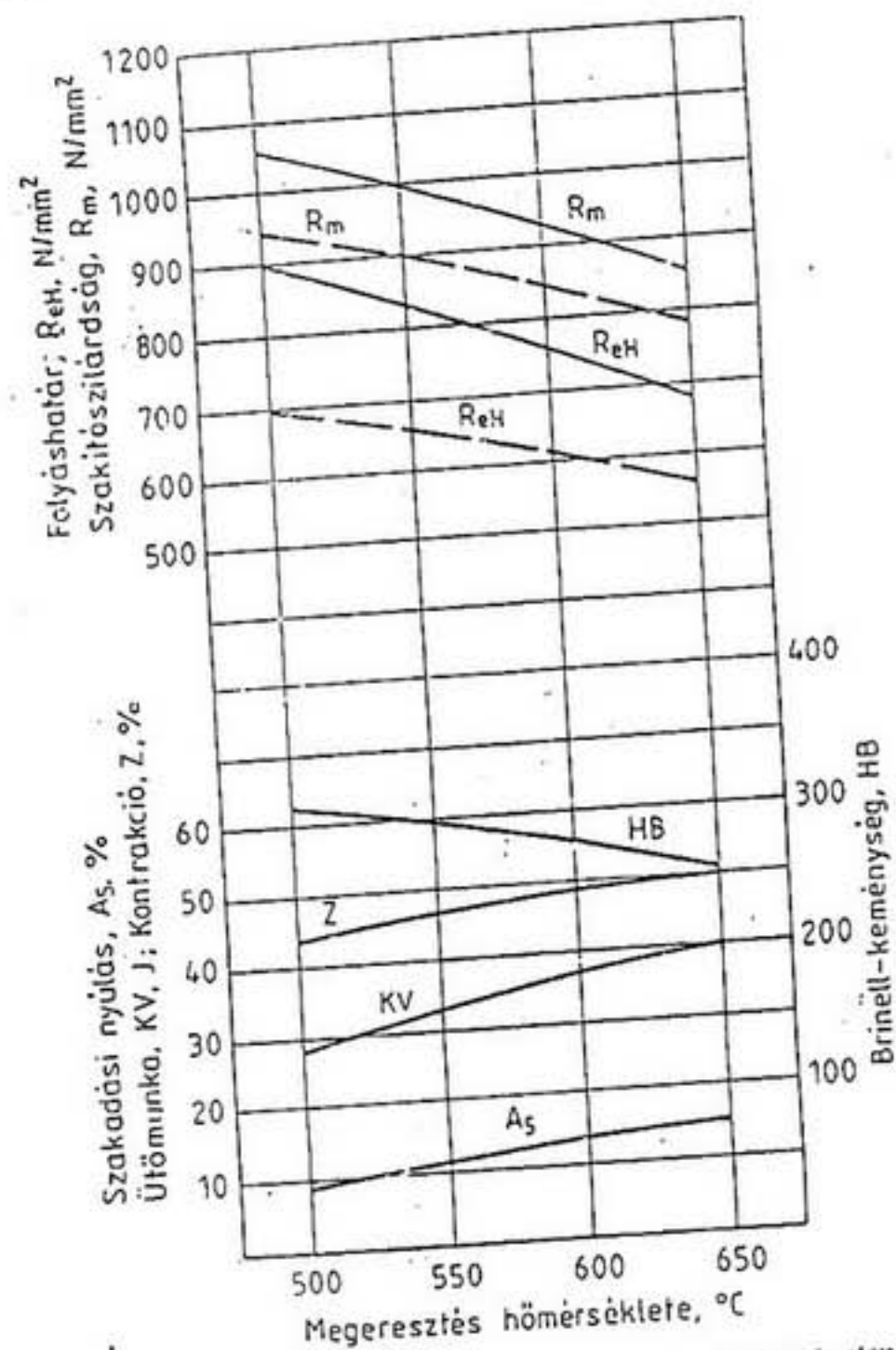
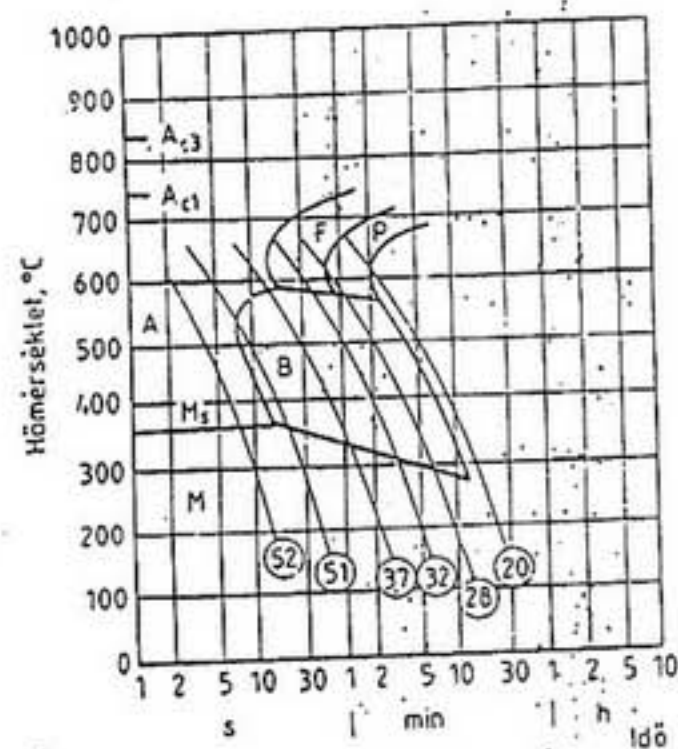
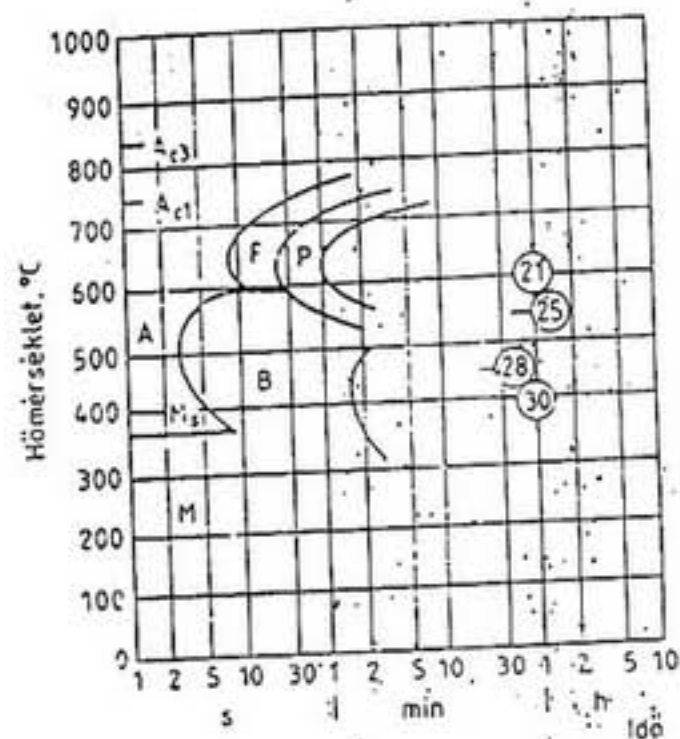
A lágyítás hőmérséklete 680–720 °C  
Az ausztenítés hőmérséklete 845–875 °C  
A hűtés módja olaj

Keménység, lágyítva, max. 217 HB  
Edzéssel elérhető keménység 51 HRC

Keménységi eloszlás, HRC				
Méret, Ø, mm	16	40	63	100
Felületen	51	43	35	31
Magban	50	34	30	25

Kifáradási határ hajlító igénybevételénél, N/mm <sup>2</sup>		
Szakítószilárdság, $R_m$ , N/mm <sup>2</sup>		
1060	960	850
520	470	420





A folyamatos vonallal rajzolt értékek az elérhető, a szaggatottal rajzoltak a 40 HRC keménységre edzett állapotról vonatkoznak.

# Az acélminőség jele: CrV 2

Finomszemcsés, Cr-V ötvöztetésű nemesíthető acél,  
közepes igénybevételhez.

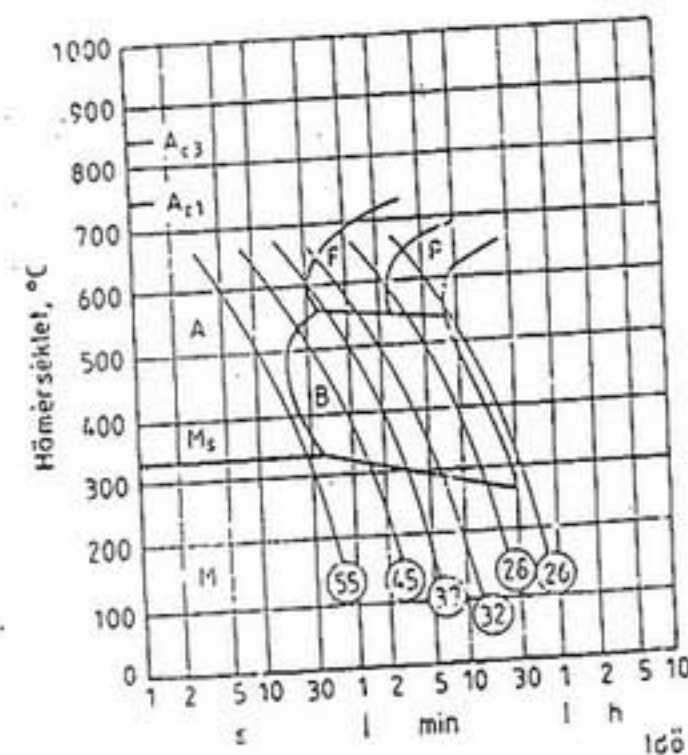
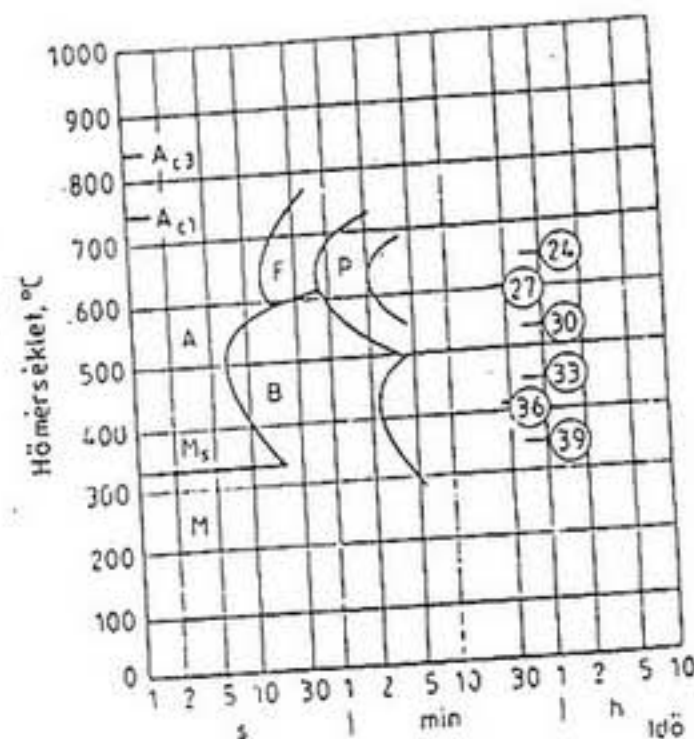
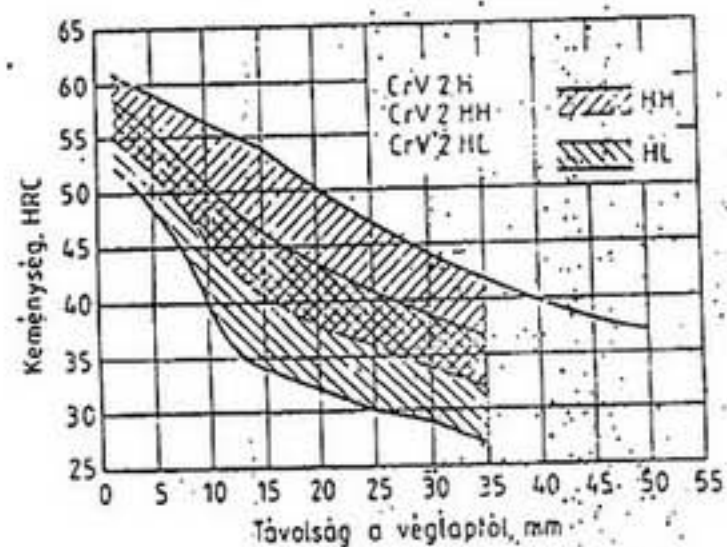
Vegyi összetétel, %-ban			
C	Mn	Cr	V
0,38–0,45	0,60–1,00	0,80–1,10	0,10–0,20

A lágyítás hőmérséklete 680–720 °C  
Az ausztenitesítés hőmérséklete 845–875 °C  
A hűtés módja olaj

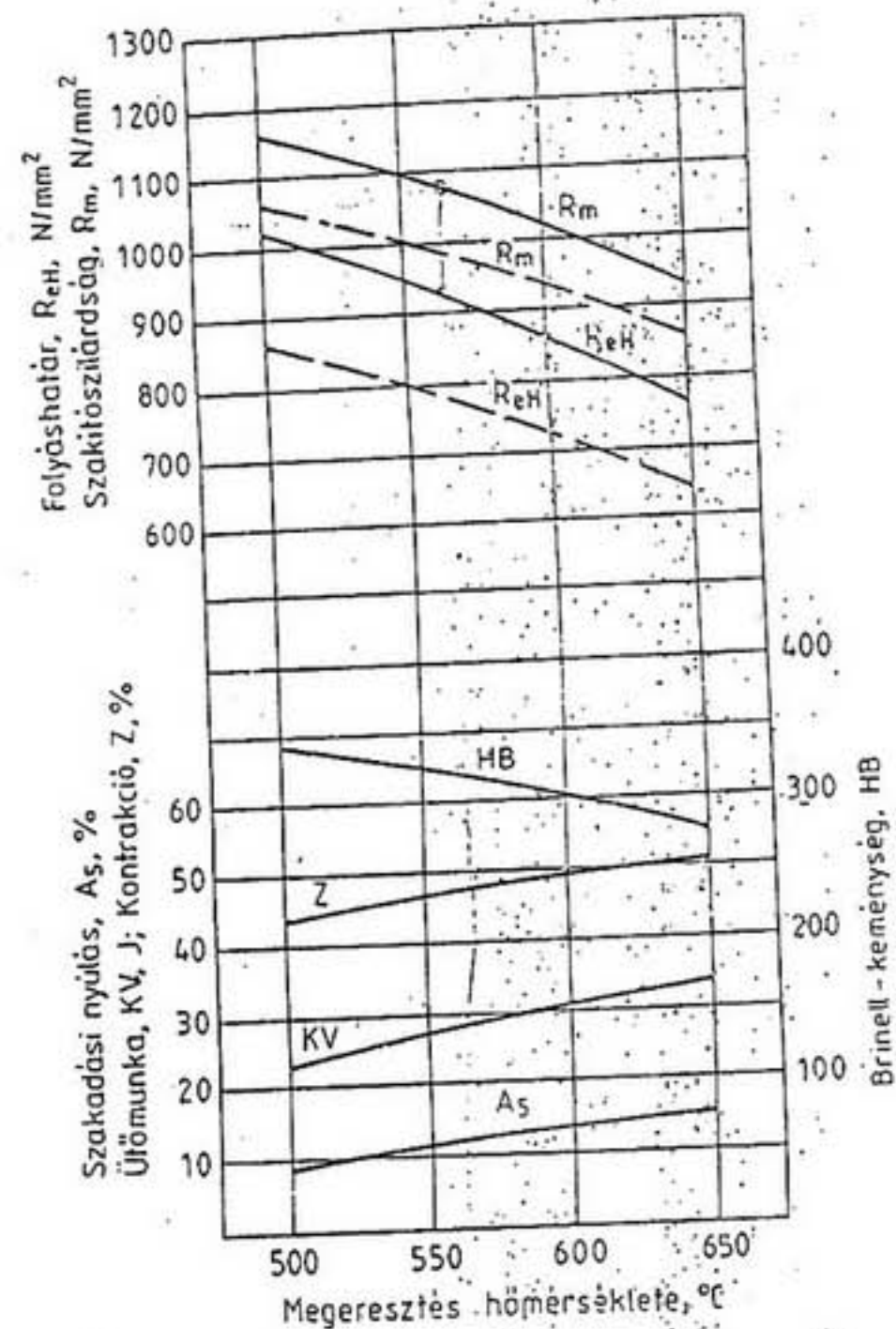
Keménység,  
lágylva, máx. 229 HB  
Edzéssel elérhető  
keménység 55 HRC

Keményséelosztás, HRC				
Méret, Ø, mm	16	40	63	100
Felületen	55	51	42	35
Magban	54	41	35	30

Kifáradási határ hajlító igénybevételénél, N/mm <sup>2</sup>		
Szilárdság, R <sub>m</sub> , N/mm <sup>2</sup>		
1170	1050	930
580	520	460







A folyamatos vonallal rajzolt értékek az elérhető, a szaggatottal rajzoltak a 45 HRC keménységre edzett állapothoz vonatkoznak.

## Az acélminőség jele: CrV 3

Széles felhasználási területű, finomszemcsés, Cr-V ötvöztetésű, nemesíthető acél, jelentős igénybevételhez.

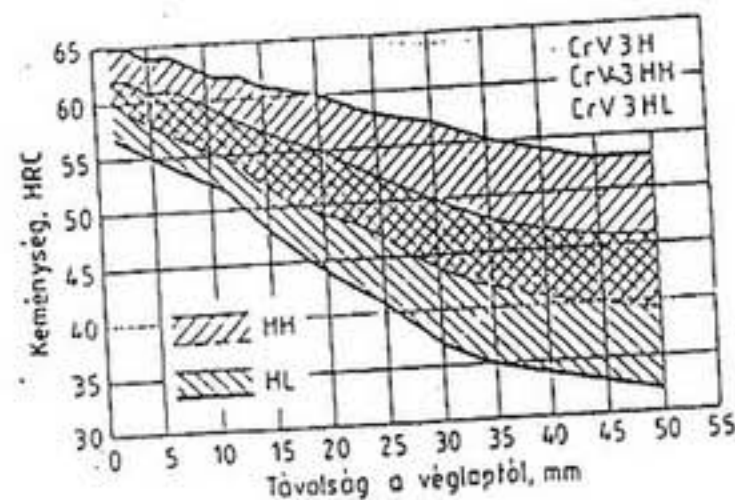
Vegyi összetétel, %-ban			
C	Mn	Cr	V
0,47–0,55	0,60–1,00	0,80–1,10	0,10–0,20

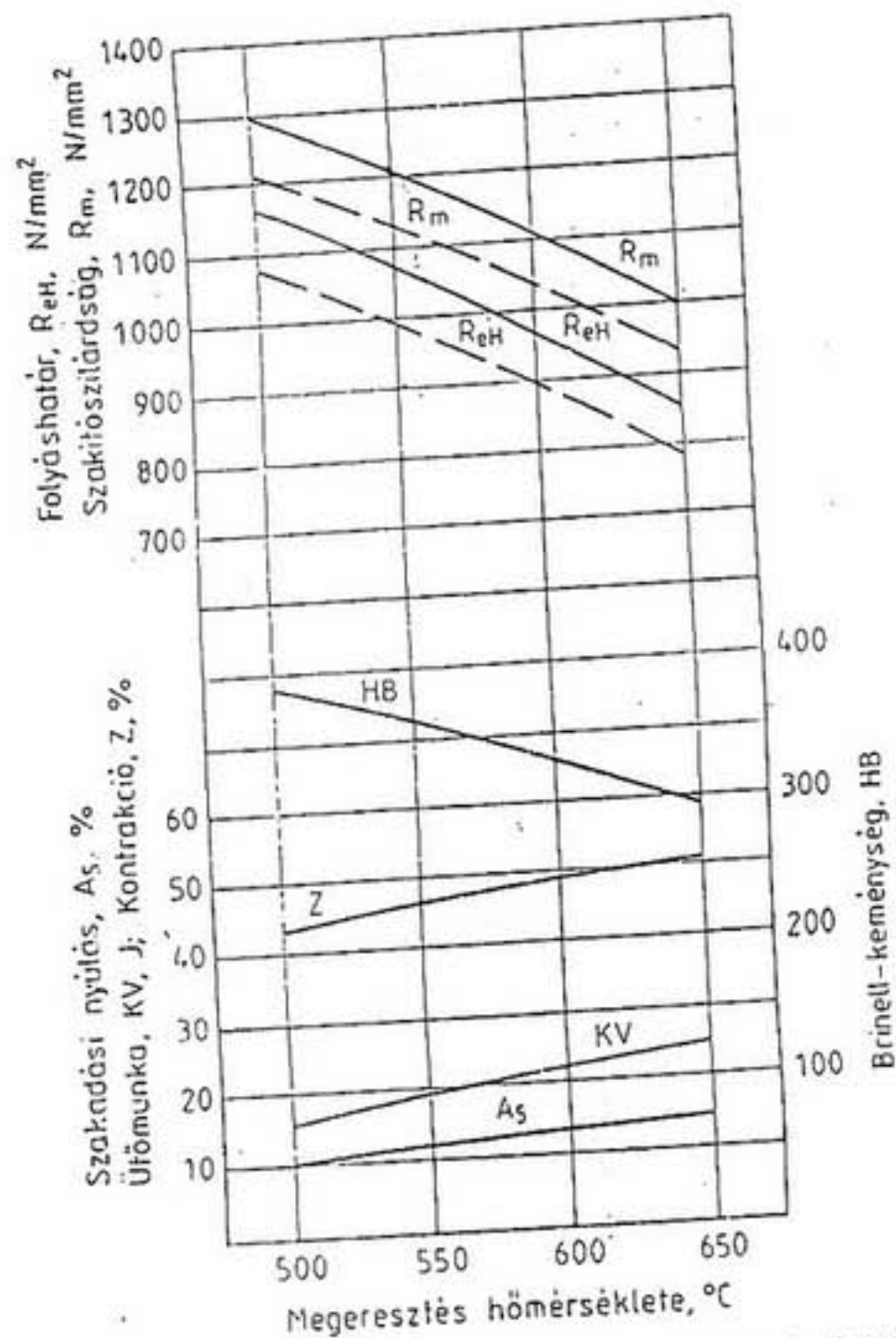
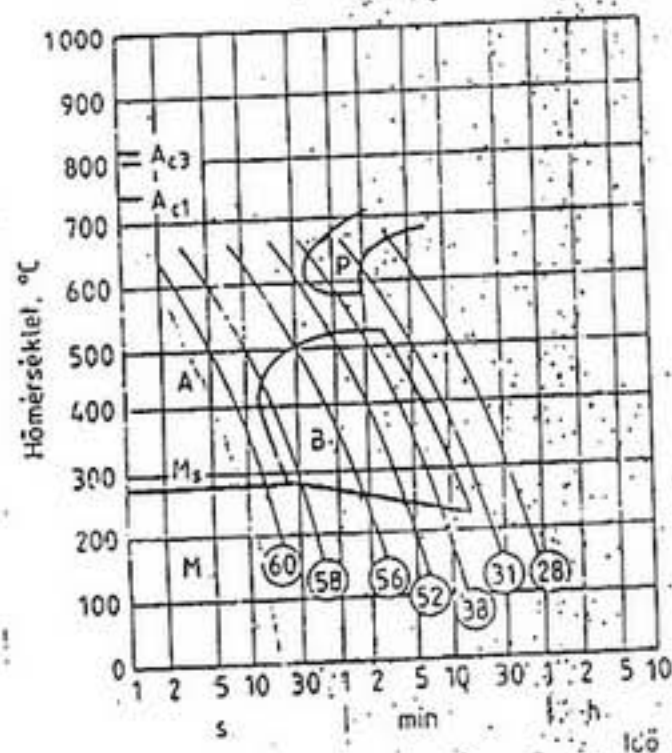
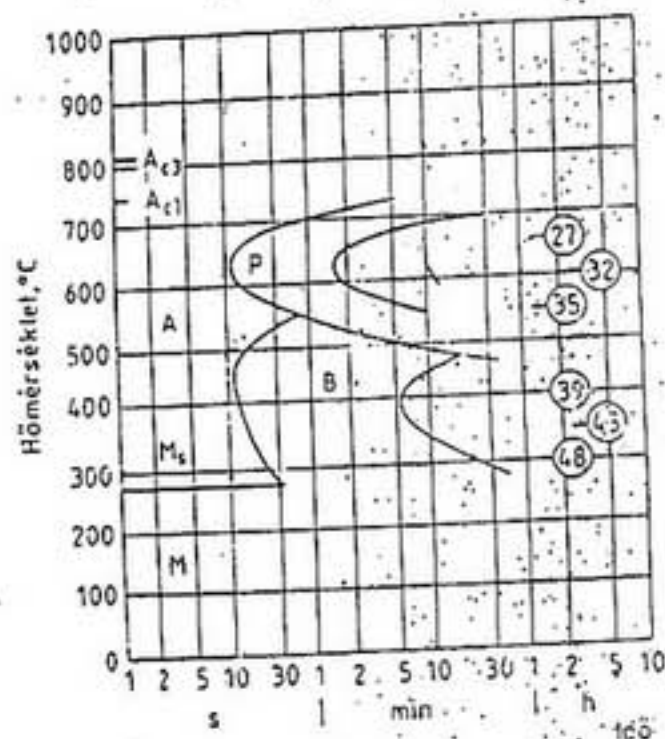
A lágyítás hőmérséklete 680–720 °C  
Az ausztenítés hőmérséklete 830–860 °C  
A hűtés módja olaj

Keménység, lágyítva, max. 248 HB  
Edzéssel elérhető keménység 59 HRC

Keménységeloszlás, HRC				
Méret, Ø, mm	16	40	63	100
Felületen	59	57	54	47
Magban	59	54	48	40

Kiláradási határ hajlító igénybevételénél, N/mm <sup>2</sup>		
Szakítószilárdság, $R_m$ , N/mm <sup>2</sup>		
1300	1150	1000
650	580	500





A folyamatos vonallal rajzolt értékek az elérhető, a szaggatottal rajzoltak a 45 HRC keménységre edzett állapothoz vonatkoznak.

# Az acélminőség jele: NCMo 3

Nikkellel gyengén ötvözött nemesíthető acél, kis mérethez és igénybevételhez. Megeresztési ridegségre nem hajlamos.

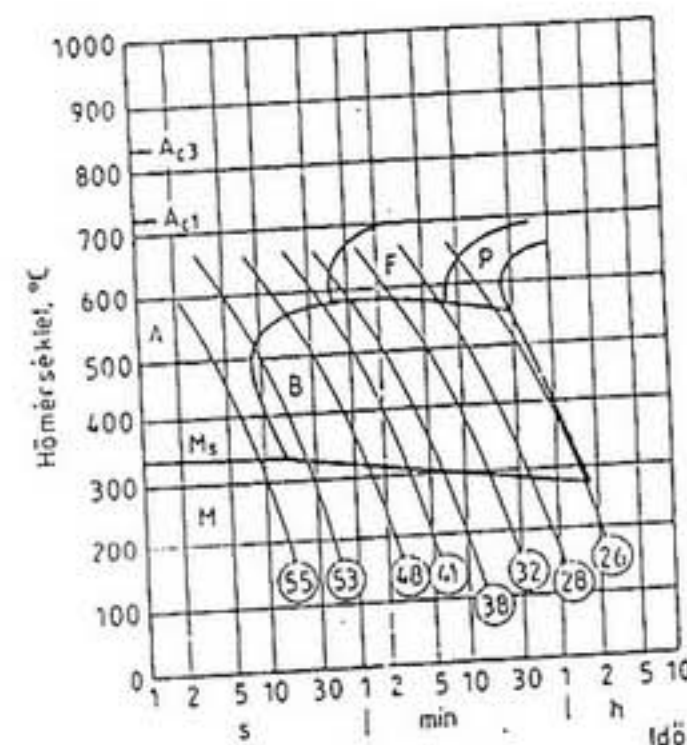
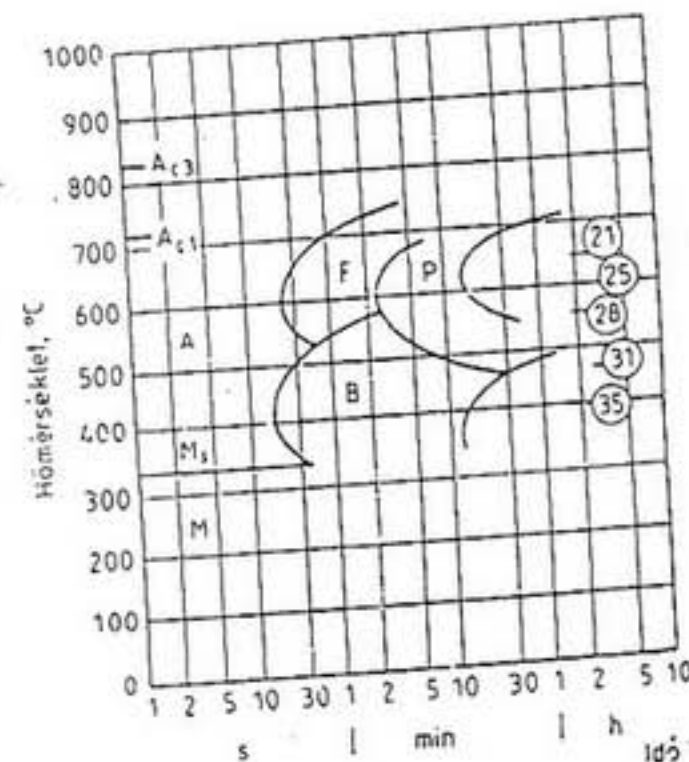
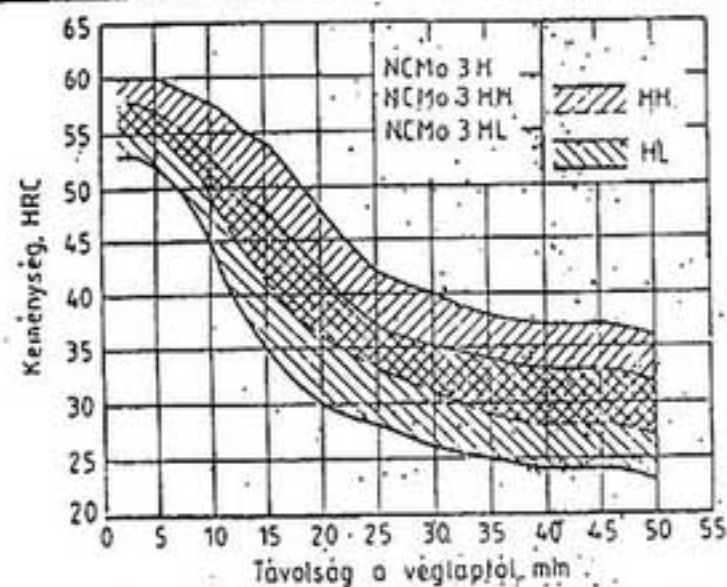
Vegyi összetétel, %-ban				
C	Mn	Cr	Mo	Ni
0,37—0,44	0,70—1,00	0,40—0,60	0,15—0,30	0,40—0,70

A lágyítás hőmérséklete 650—700 °C  
Az ausztenitesztés hőmérséklete 840—860 °C  
A hűtés módja olaj

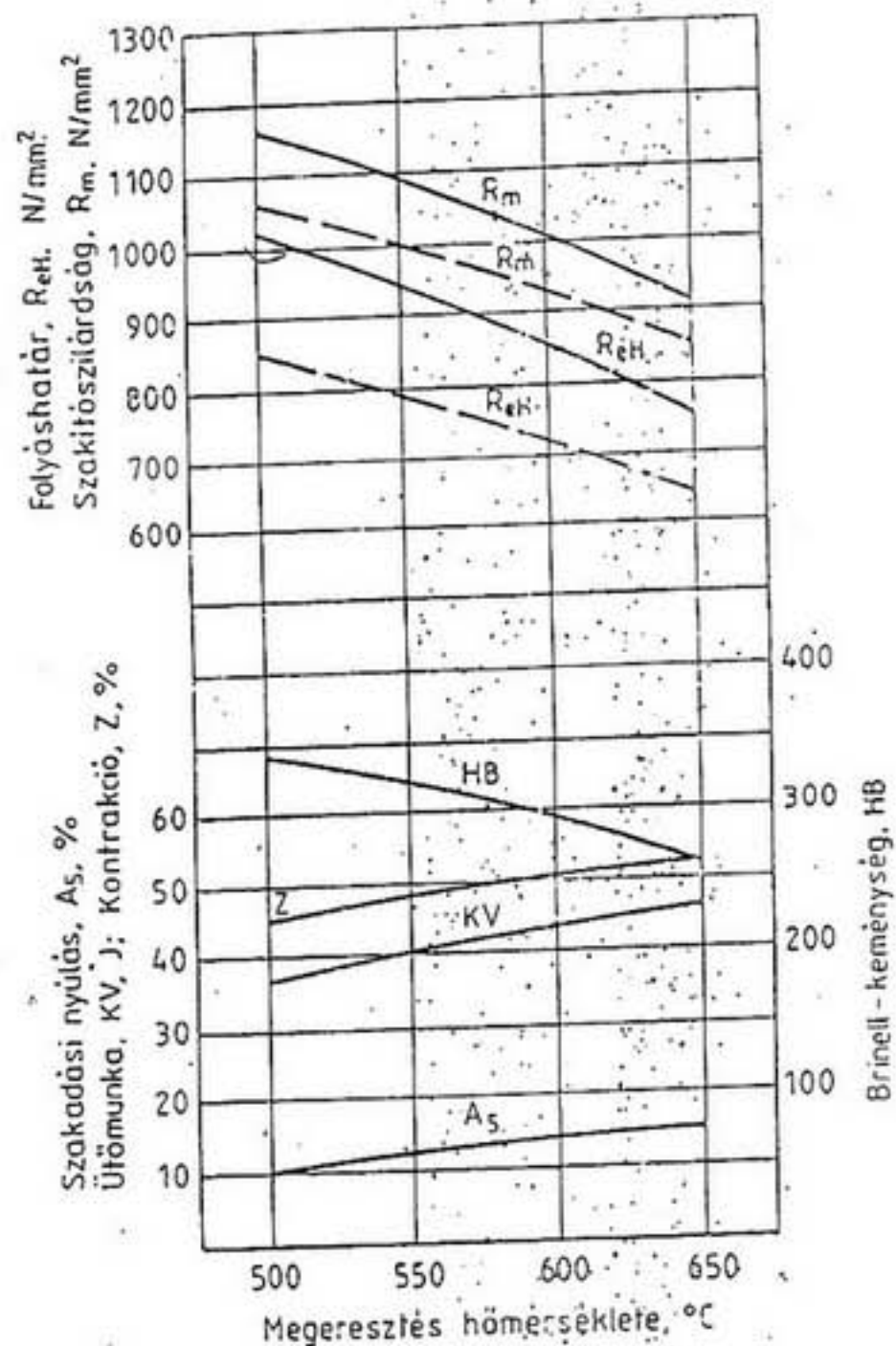
Keményység, lágyítva, max. 217 HB  
Ezréssel elérhető keménység 54 HRC

Keménységelosztás, HRC				
Méret, Ø, mm	16	40	63	100
Felületen	54	50	44	37
Magban	53	44	38	34

Kilégadási határ hajlító igénybevételénél, N/mm <sup>2</sup>		
Szakítószilárdság, R <sub>m</sub> , N/mm <sup>2</sup>		
1160	1040	910
580	520	460







A folyamatos vonallal rajzolt értékek az elérhető, a szaggatottal rajzoltak a 45 HRC keménységre edzett állapothoz vonatkoznak.

## Az acélminőség jele: NCMo 4

Nikkelrel ötvözött nemesíthető acél, mérsékelt igénybevételhez.  
Megeresztési ridegségre nem hajlamos.

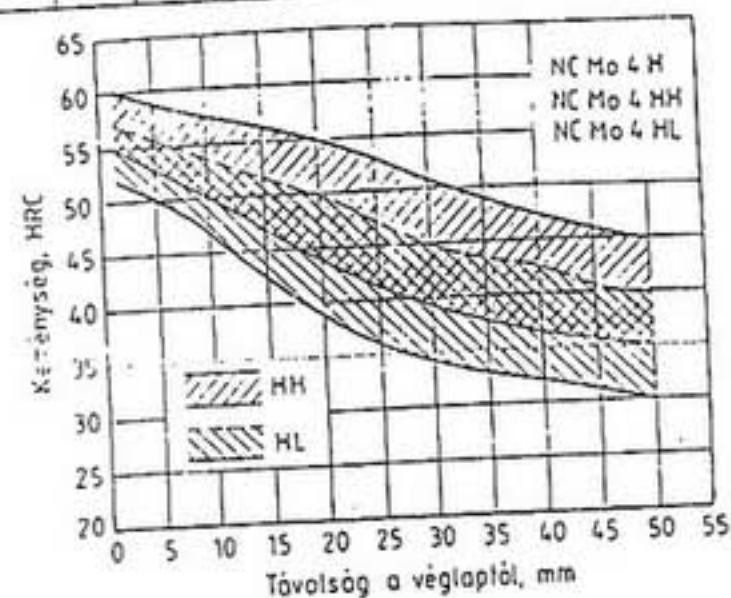
Vegyi összetétel, %-ban				
C	Mn	Cr	Mo	Ni
0,36–0,43	0,50–0,80	0,60–0,90	0,15–0,30	0,70–1,00

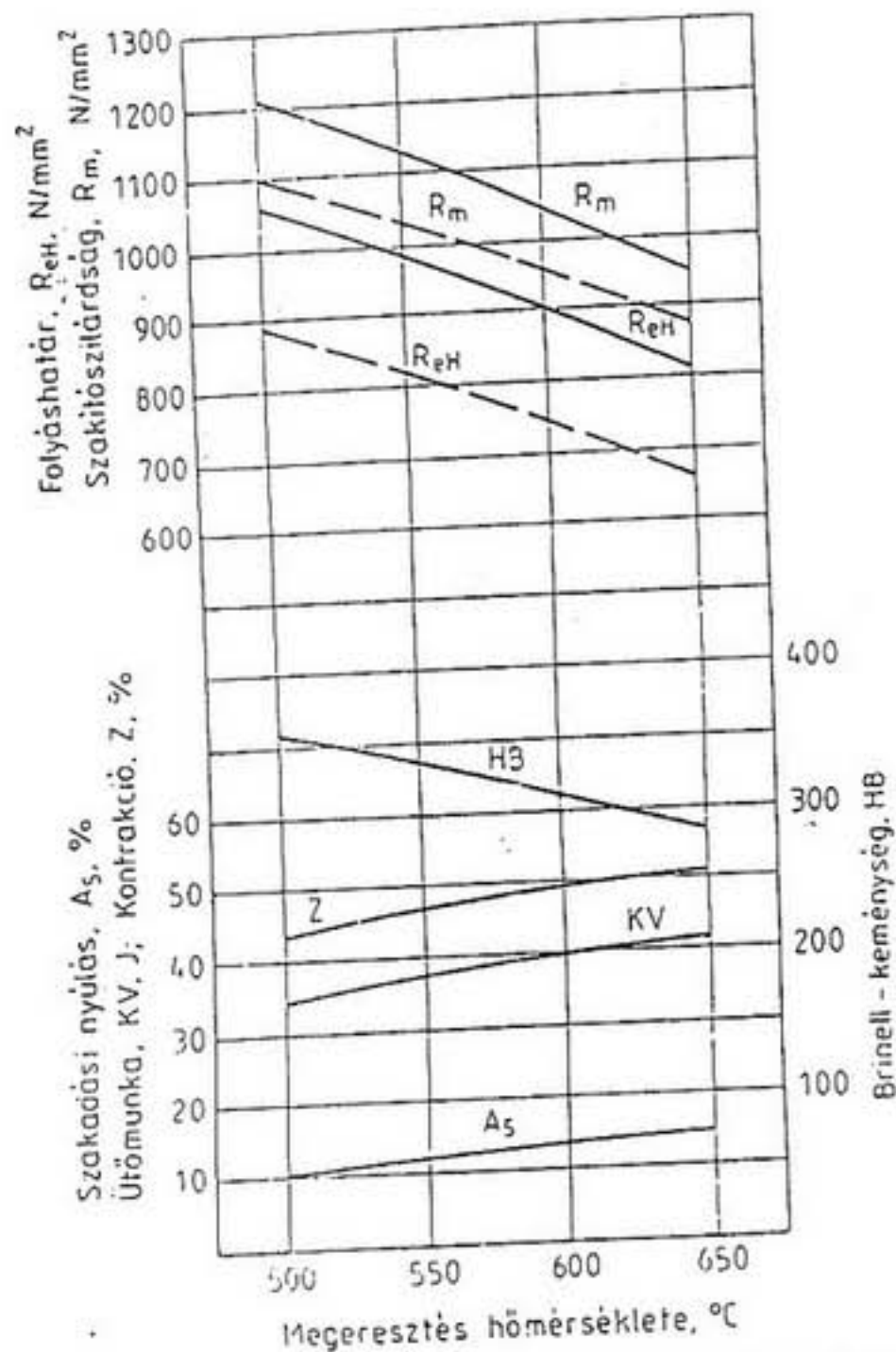
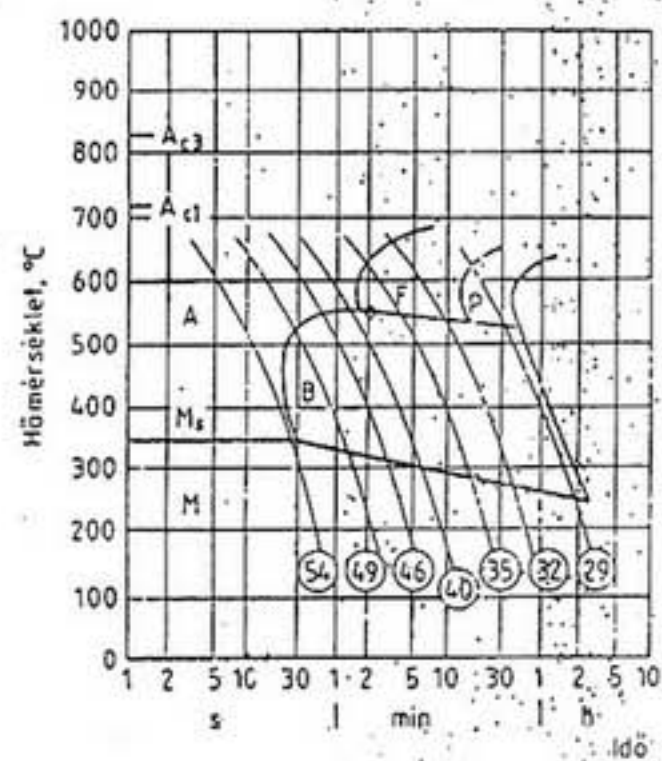
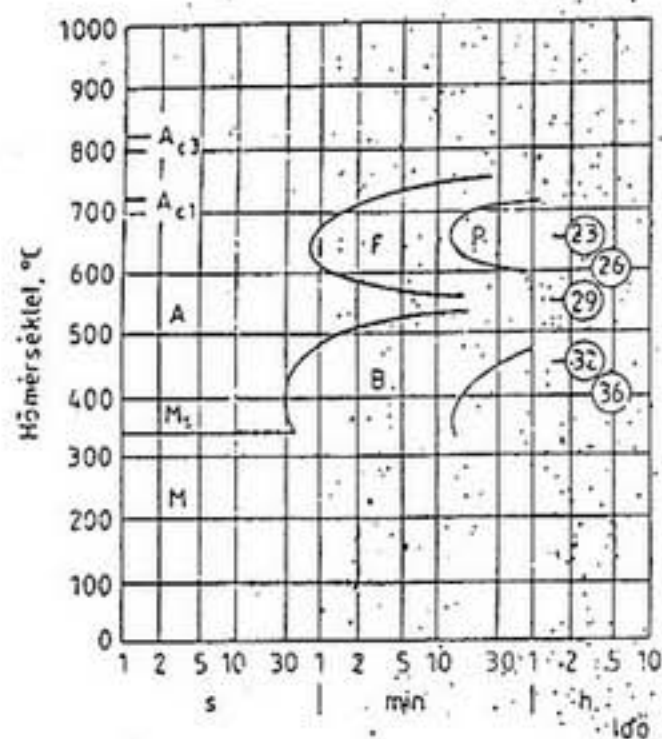
A lágyítás hőmérséklete 650–700 °C  
Az ausztenitesztés hőmérséklete 840–860 °C  
A hűtés módja olaj

Keménység, lágyítva, max. 229 HB  
Edzéssel elérhető keménység 54 HRC

Keménységleosztás, HRC				
Méret, Ø, mm	16	40	63	100
Felületen	54	53	49	44
Magban	54	49	45	39

Kifáradási határ hajlító igénybevételénél, N/mm <sup>2</sup>		
Szakítószilárdság, $R_m$ , N/mm <sup>2</sup>		
1210	1080	950
620	550	480





A folyamatos vonallal rajzolt értékek az elérhető, a szaggatással rajzoltak a 45 HRC keménységre ezelt állapotról vonatkoznak.

## Az acélminőség jele: NCMo 5

Nikkellel, krómmal ötvözött szilvós, nagy szilárdságú nemésíthető acél, nagy mérethez és igénybevételhez. Megeresztési ridegségre nem hajlamos.

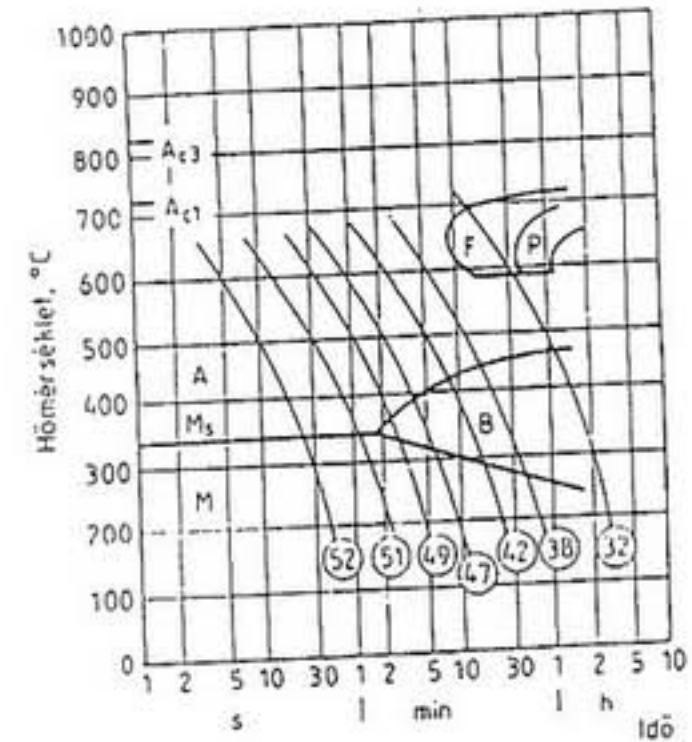
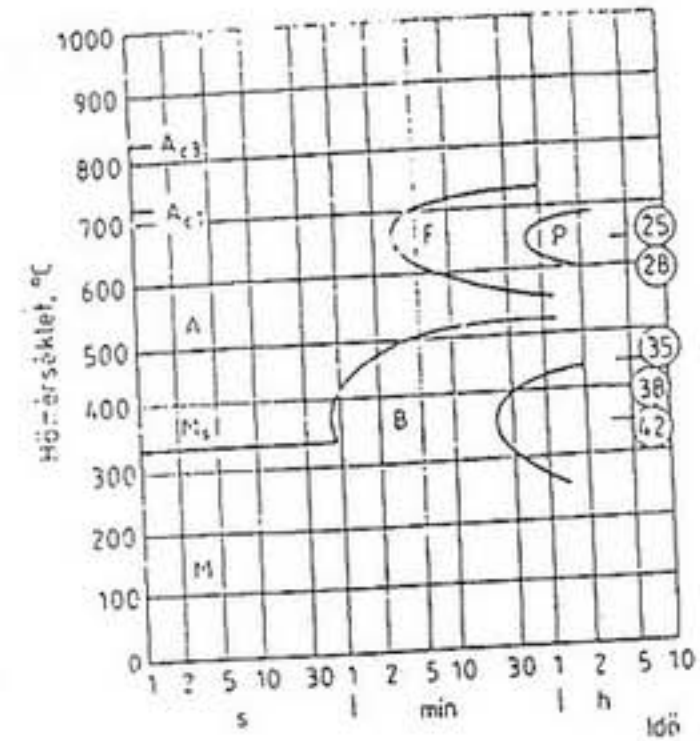
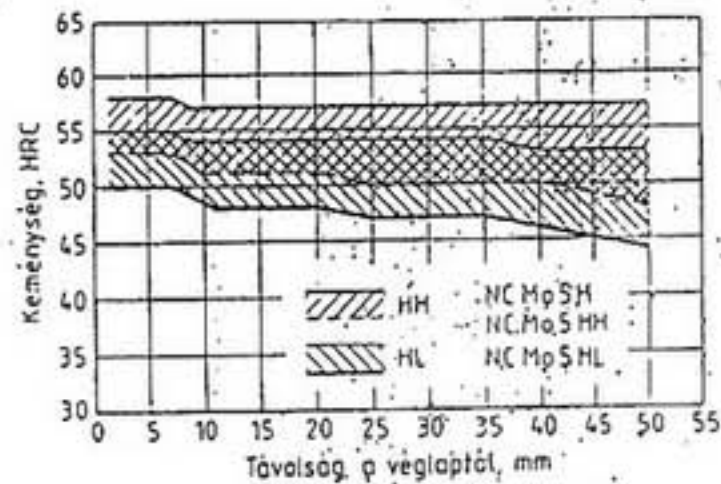
Vegyi összetétel, %-ban				
C	Mn	Cr	Mo	Ni
0,32–0,39	0,50–0,80	1,30–1,70	0,15–0,30	1,30–1,70

A lágyítás hőmérséklete	650–700 °C	Keménység, lágyítva, max.	241 HB
Az ausztenitesítés hőmérséklete	930–860 °C	Edzéssel elérhető keménység	52 HRC
A hűtés módja	olaj		

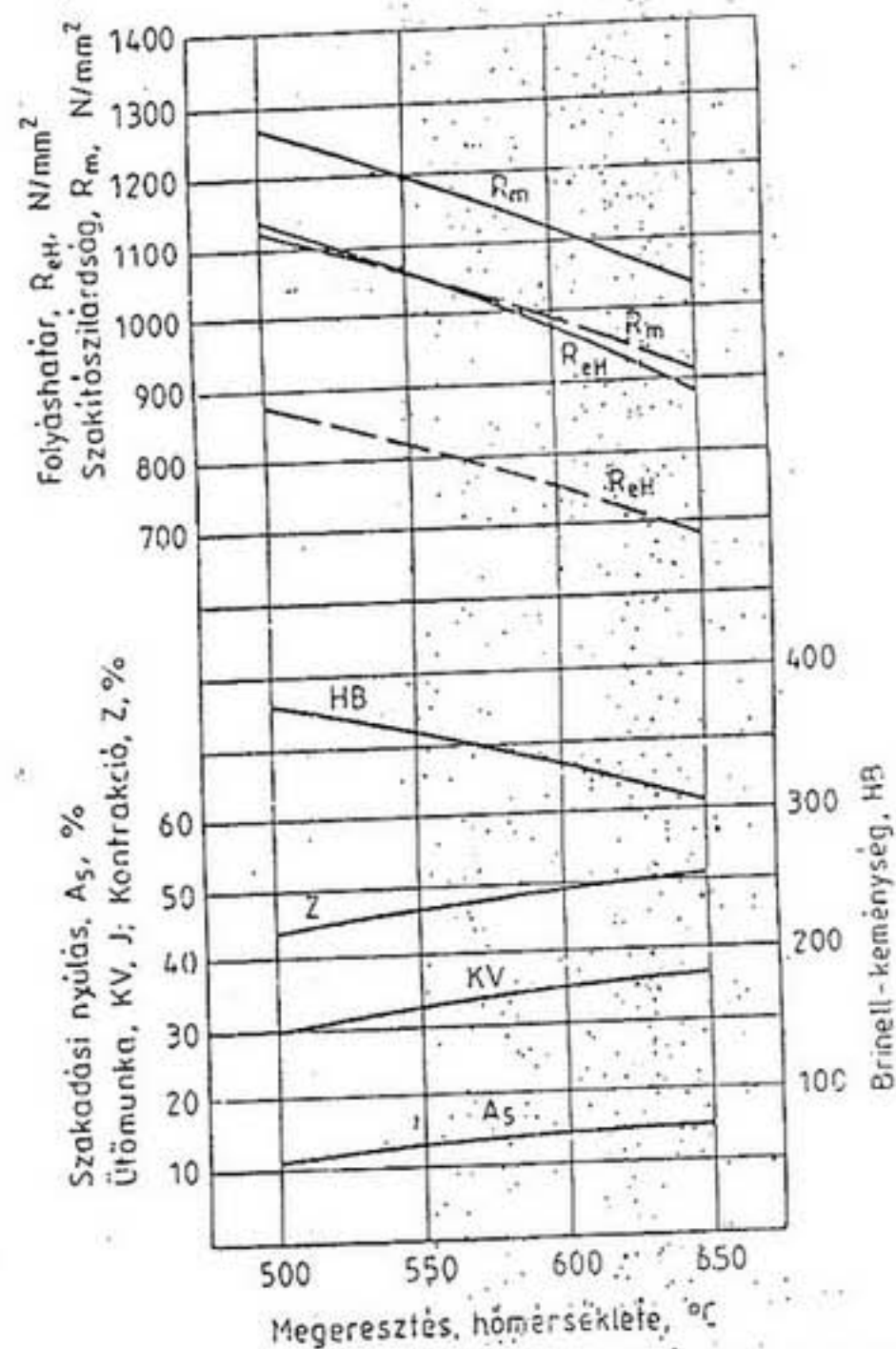
Keménységelosztás, HRC				
Méret, Ø, mm	16	40	63	100
Felületen	52	52	51	49
Magban	52	51	49	46

Kiláradási határ hajlító igénybevételénél, N/mm²		
Szakítószilárdság, R <sub>m</sub> , N/mm²		
1270	1150	1030
640	580	520







A folyamatos vonallal rajzolt értékek az elérhető, a szaggatottal rajzoltak a 40 HRC keménységre edzett állapotra vonatkoznak.

## Az acélminőség jele: NCMo 6

Ni-Cr ötvöztetésű nemesíthető, szívós szerkezeti acél, nagy szelvénymérethez. Megeresztési ridegségre nem hajlamos.

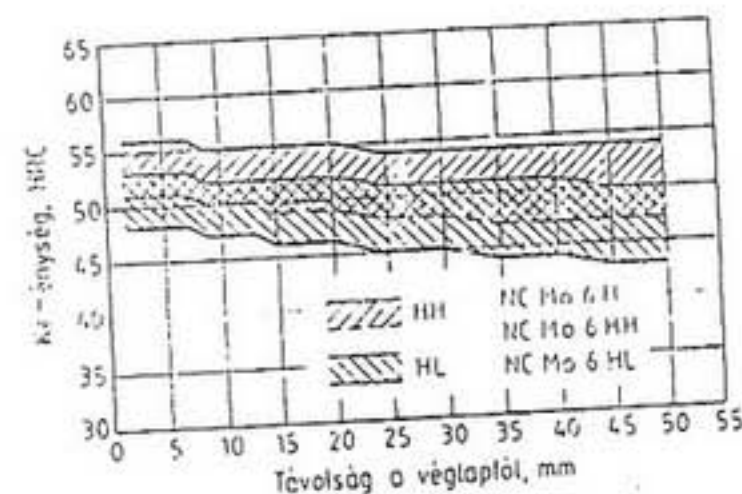
Vegyi összetétel, %-ban				
C*	Mn	Cr	Mo	Ni
0,26–0,34	0,30–0,60	1,80–2,20	0,30–0,50	1,80–2,20

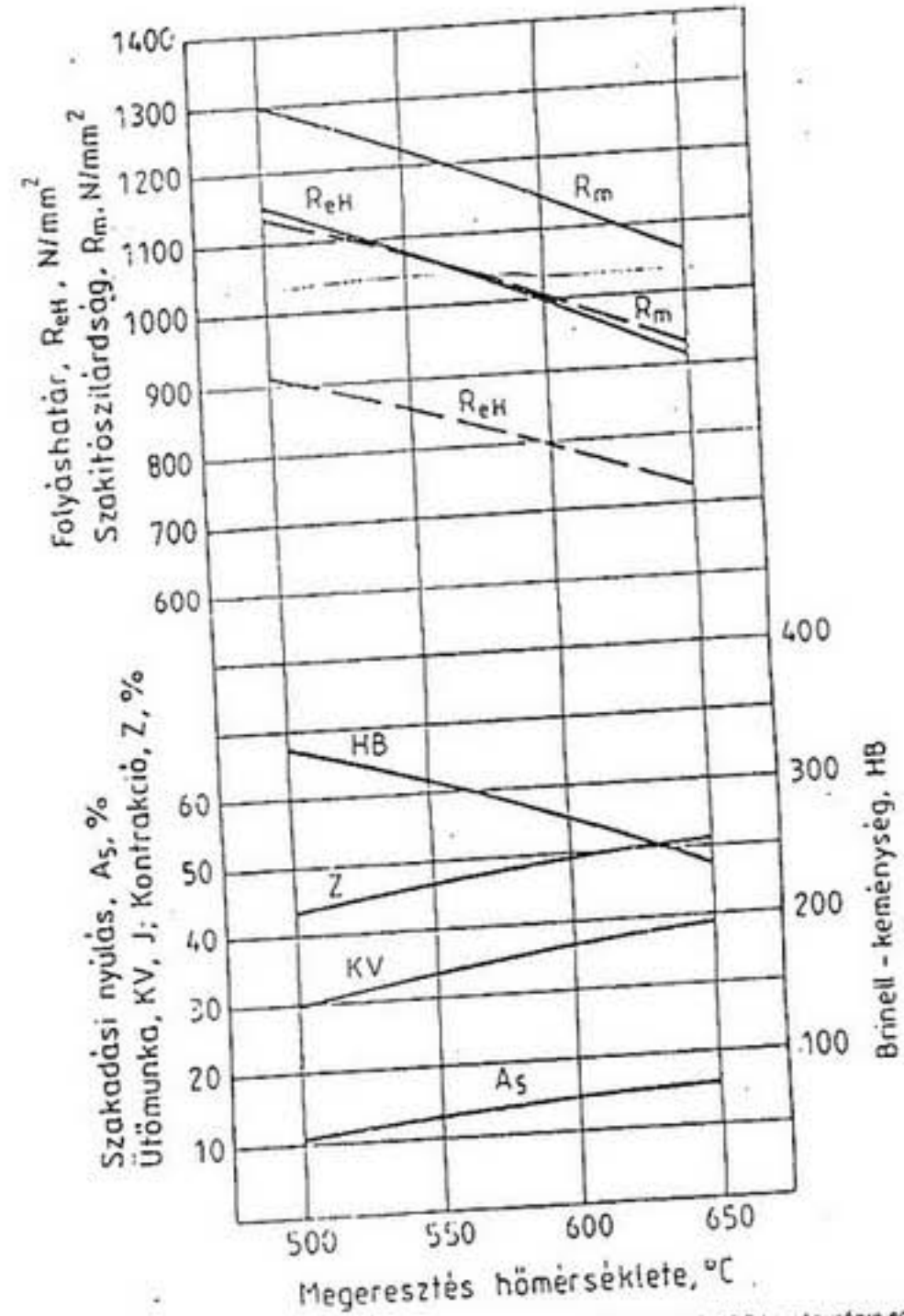
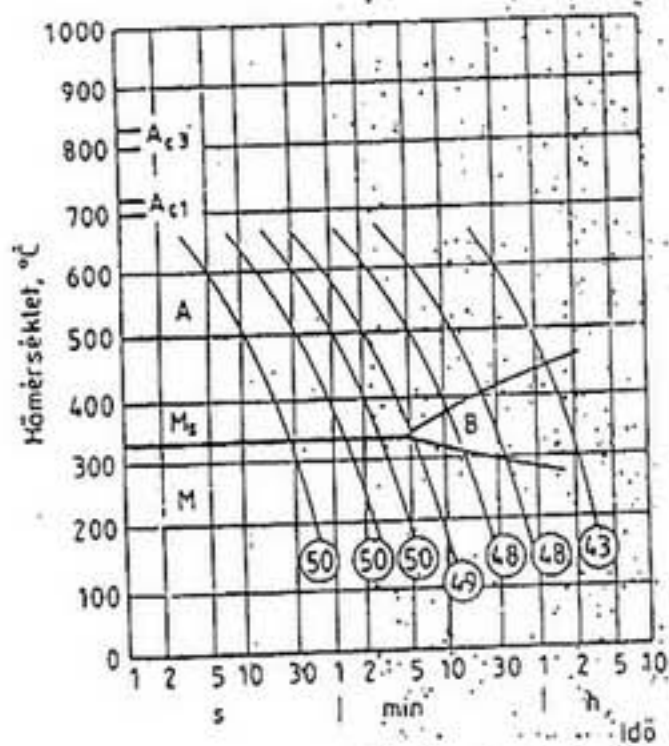
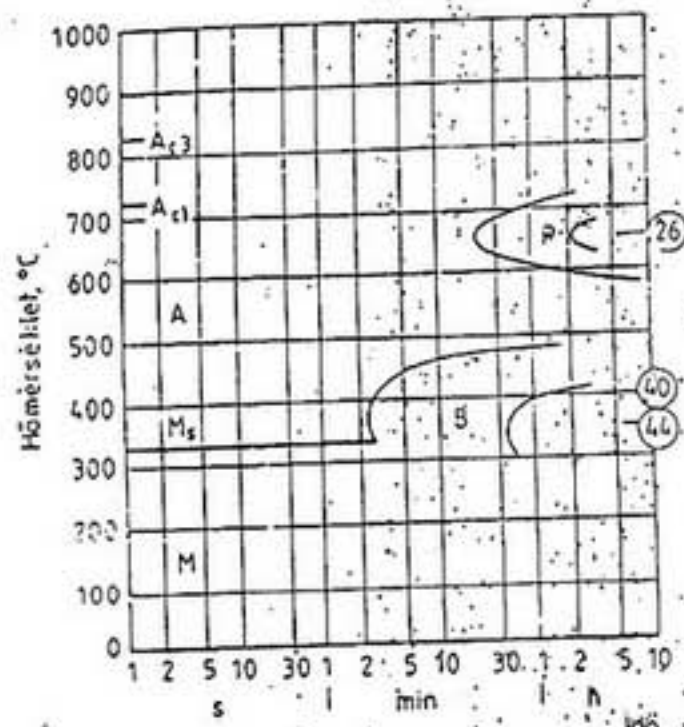
A lágyítás hőmérséklete 650–700 °C  
Az ausztenitesítés hőmérséklete 830–860 °C  
A hűtés módja olaj

Keménység, lágyítva, max. 248 HB  
Edzéssel elérhető keménység 51 HRC

Keménységesztés, HRC				
Méret, Ø, mm	16	40	63	100
Felületen	51	51	51	51
Magban	51	51	50	49

Kitérési határ hajlító igénybevételénél, N/mm <sup>2</sup>		
Szakítószilárdság, $R_m$ , N/mm <sup>2</sup>		
1300	1180	1060
670	610	550





A folyamatos vonallal rajzolt értékek az elérhető, a szaggatottal rajzoltak a 40 HRC keménységre edzett állapothoz vonatkoznak.

## Az acélminőség jele: NCMoV

Nikkellel-krómmal-molibdénal erősen ötvözött, nemesíthető, nagy szilárdságú acél nagy méretekhez, rendkívül nagy igénybevétellel. Megeresztési ridegségre nem hajlamos.

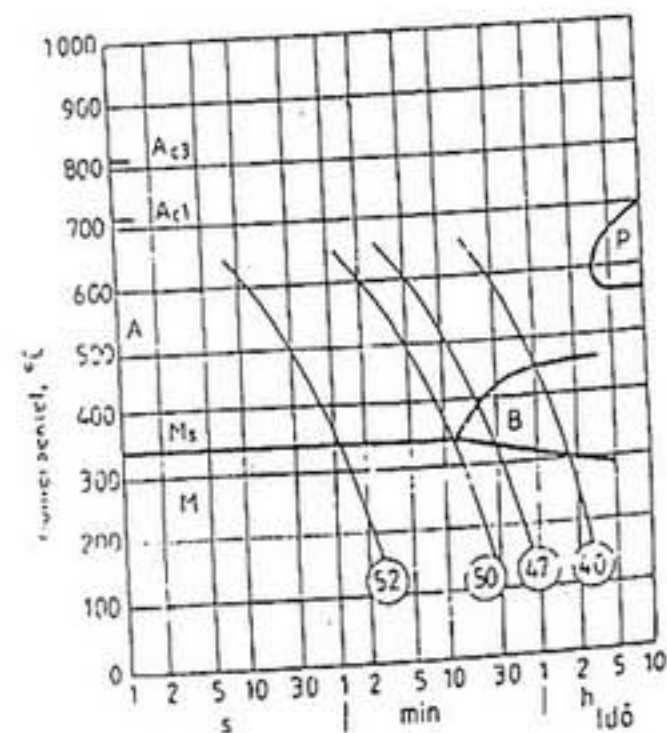
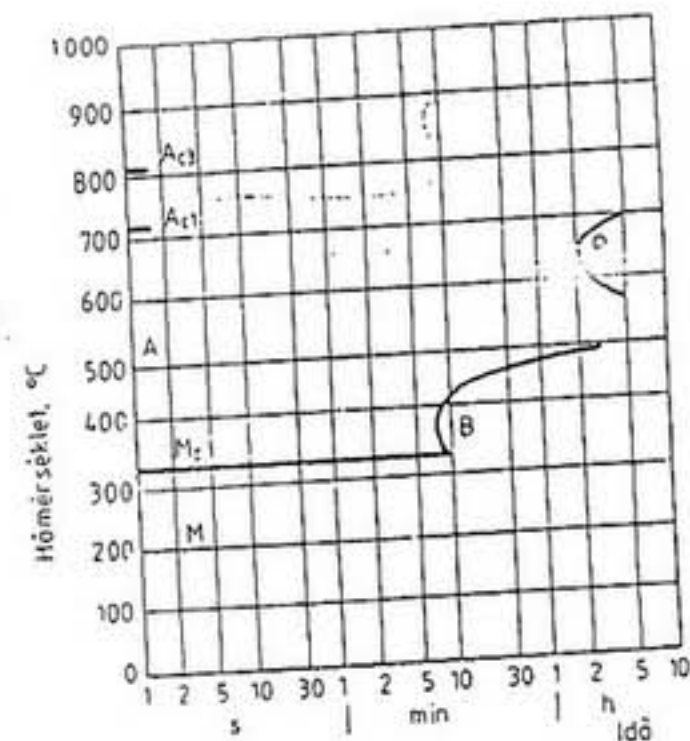
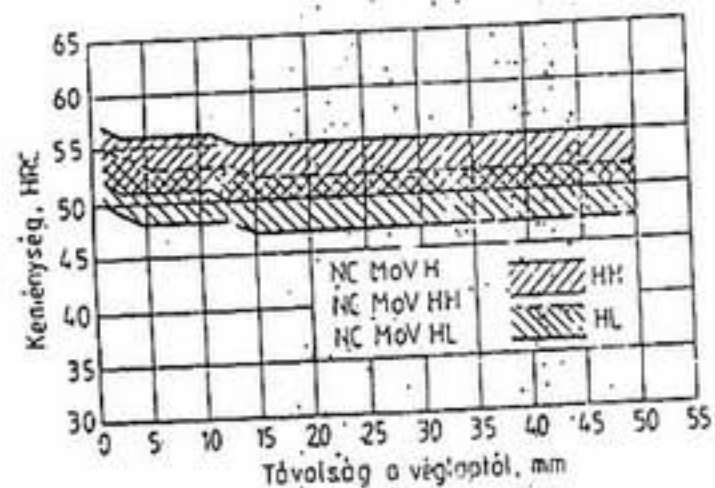
Vegyi összetétel, %-ban					
C	Mn	Cr	Mo	Ni	V
0,33–0,40	0,25–0,50	1,20–1,50	0,30–0,50	3,00–3,50	0,10–0,20

A lágyítás hőmérséklete 620–650 °C  
Az ausztenitesítés hőmérséklete 810–840 °C  
A hűtés módja olaj

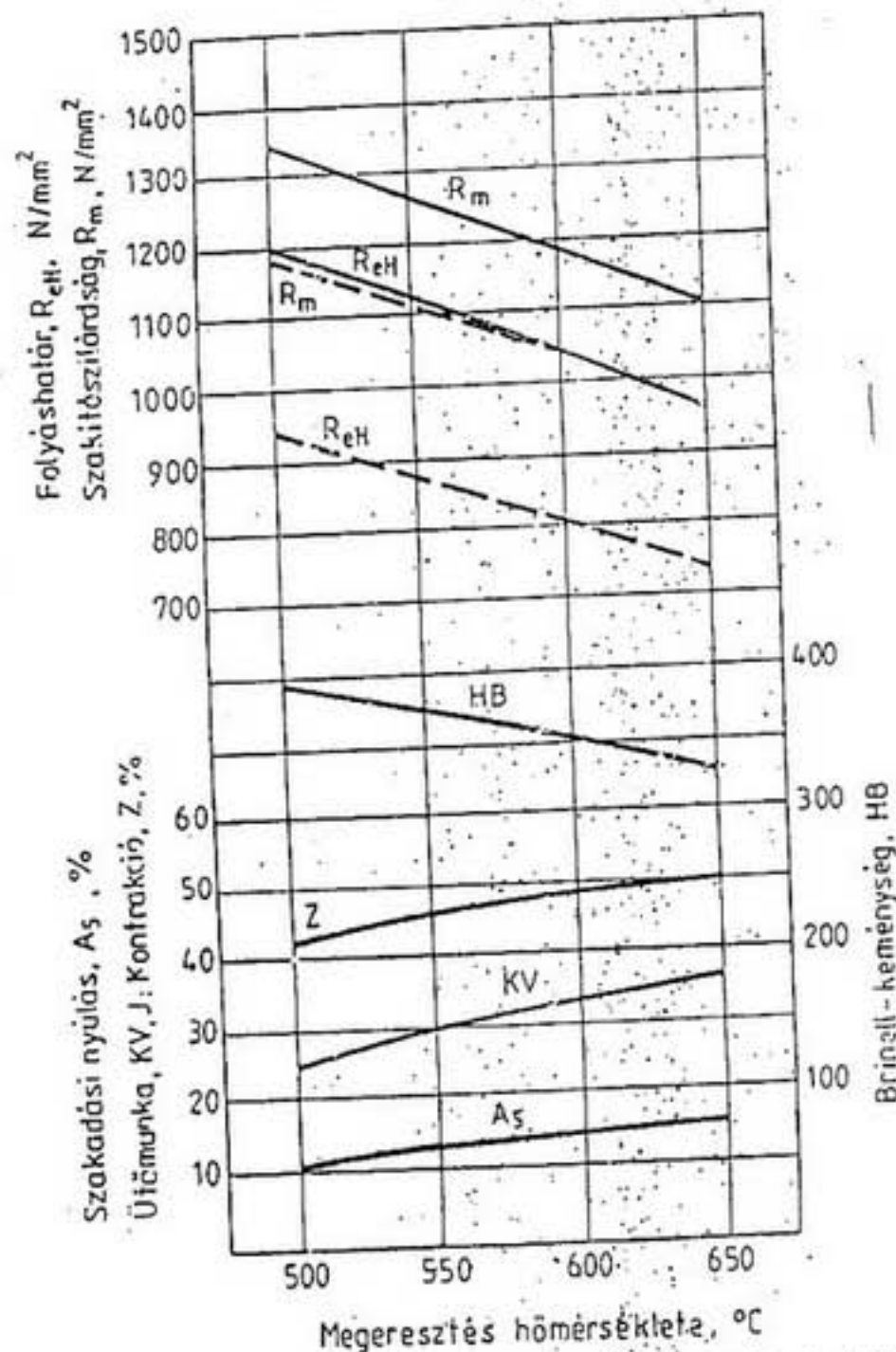
Keménység, lágyítva, max. 285 HB  
Edzéssel elérhető keménység 52 HRC

Keményséeloszlás, HRC				
Méret, Ø, mm	16	40	63	100
Felületen	52	52	52	51
Magban	52	52	51	50

Kifáradási határ hajlító igénybevételénél, N/mm <sup>2</sup>		
Szakítószilárdság, R <sub>m</sub> , N/mm <sup>2</sup>		
1340	1210	1100
690	630	570







A folyamatos vonallal rajzolt értékek az elérhető, a szaggatottal rajzoltak a 45 HRC keménységre edzett állapotról vonatkoznak.

## 5. MELEGEN ALAKÍTOTT RUGÓACÉLOK (MSZ 2666-76)

A rugóacélok kiválasztásakor az összetétel, a mechanikai tulajdonságok, a felület minősége és a gyártási költség a fontosabb tényezők. Készíthetők hidegen alakított huzalból, szalagból, patentírozott vagy nemesített huzalból és szalagból, vagy nemesíthető lágy állapotban való előalakítás után. Ez utóbbiakat foglalja magába az MSZ 2666 szabvány. A következőkben ezeket a minőségeket ismertetjük.

Ha lágyított anyagból hidegen akarunk gyártani, akkor nagyon fontos az alakítási repedések elkerülése. Ezért az anyagot kellően ki kell lágyítani. Az ötvöztelen mangan- és szilíciumacéloknál a hőntartási idő 2 h, a krómötvöztésűeknél 3–4 h. A túllágyítás és túlidőztetés főleg az Mn- és Si-ötvöztésűeknél káros, mert ezek hajlamosak a szemcsedurulásra, a nagyobb C- és Si-tartalmúak pedig a grafitkiválásra. Ez érvényes a megalakításra is, tehát figyelembe kell venni, hogy mindkét jelenség károsan befolyásolja a használati tulajdonságokat. Célszerű ezért az alakítást a lehetőség szerinti legalacsonyabb hőmérsékleten végezni, hogy finom szemcsézetet érjünk el.

Hévítéskor ügyelni kell a dekarbonizációra, mert ez a kifáradási határt jelentősen csökkenti. Kismértékű szénfelvétel nem káros, ezért a hévítést cianidtartalmú sófürdőben előnyös elvégezni. Csomagolva való hévítéskor faszén, kokszzemcse, vagy öntöttvasforgács ajánlható szemcsének. Gáztüzelésű kemencében redukáló gázt állítunk be.

Auszténítéskor a finom szemcsézet elérésére lehetőleg a megadott hőmérséklet határ alsó értékét választjuk, míg a felső értéket csak nagyobb méreteknél, a jobb edzhetőség miatt alkalmazzuk. A hőntartásra itt ötvöztelen minőségnél 5–10 min, Si- és Mn-ötvöztésűnél 10 min, Cr-ötvöztésűnél 10–15 min elegendő a hőmérséklet teljes átvétele után. Túlhévíteskor és túlidőztetéskor különösen az ötvöztelen, valamint az Mn- és Si-ötvöztésű típusok hajlamosak a szemcsedurulásra.

Az 51 CMoV és 50 CV 2, 60 SM 1, 55 S és 60 S olajban edződő típusok. A 38 S kisebb méretnél olajban, nagyobb méretnél vízben hűthető. A 75 jelű vízben edződő, bár kisebb szelvényben ( $\varnothing$  8 mm-ig) és alárendeltebb célra olajban is hűthető; ilyenkor 50 HRC keménység érhető el.

A rugókat az igénybevételnek megfelelően nemesítjük. A laprugókat kis és közepes igénybevételhez 1100–1400 N/mm<sup>2</sup>-re, a nagy igénybevételhez

1300–1650 N/mm<sup>2</sup>-re a csavarrugókat, a közepeshez 1100–1400 N/mm<sup>2</sup>-re, a nagyokhoz 1400–1700 N/mm<sup>2</sup>-re, a különleges kivételűket (tányér- és torziós rugók) 1200–1500 N/mm<sup>2</sup>-re eresztjük meg.

A rugók izotermikusan is nemesíthetők. Ekkor a kévert struktúra elkerüléséhez nagyon lényeges feltétel az, hogy a fürdő hőmérsékletének eléréséig ne metssze a perlites átalakulás vonalát. Az így nemesített rugóknak a jobb szívósság az előnye. Nagyobb nyúlásuk miatt pl. a túlterhelést kedvezőbben viselik el, és a nagy, lökés-szerű terheknél kevésbé törnek.

Ha a melegalakítás hőmérsékletéről edzünk, akkor célszerű a kiegyenlítést a hűtés előtt elvégezni, mivel ilyenkor különböző hőmérsékletű és így különböző szövet-szerkezetű hegyek alakulnak ki. Erre egyébként ügyelni kell a készülékben való hűtés-kor is és főleg azokon a helyeken, ahol a rugó azzal érintkezik.

A rugók edzésénél az alakjuk miatti vetemedés komoly gondot okoz. Ennek elkerülésére készülékben hevíthetünk és hűthetünk, vagy a kemencéből kivéve csak készülékben hűtünk. Az izotermikus nemesítés előnye, hogy az anyag a hűtő sófürdőből kivéve készülékben hűthető tovább. Ez az eljárás kedvezőbb alaknál martemperáláskor is alkalmas (pl. lap- és torziós rugók). A megéresztés is végezhető szorító-készülékben.

A hidegen alakított rugók feszültségcsökkentésére 240–270 °C ajánlható 1 h hőntartással.

A rugók általában erősen terhelt gépelemek, nagy mennyiségű energiát tárolnak, igénybevételek a rugalmas alakváltozás tartományában megy végbe. Statikus és lökés-szerű igénybevételekhez nagy folyáshatár, ismételt nagy kifáradási szilárdság szükséges. Kívánatos, hogy maradé alakváltozást nagy terheléskor se szenvedjenek (ne üljenek le), de erős túlterheléskor se törjenek, hanem inkább deformálódjanak. Ehhez az szükséges, hogy nemesített állapotban a nyúlás kellő mértékű legyen (min. 5%). A mechanikai tulajdonságokat és hőkezelésükkel kapcsolatban fokozottan érvényesek tehát a bevezető részben ezzel kapcsolatban elmondottak. Ez elsősorban az edzés utáni homogén finomszemcsézetre és a nagy martenzittartalomra vonatkozik.

A megfelelően nemesített ötvöztöltő rugóacéloknál nagy a folyáshatár-szakítószilárdság viszony (85–90%). Ez főleg a Si- és Cr-ötvöztöltőket jellemzi.

Az egyes anyaglapokon az átedződő átmérő 80% martenzittartalomra érvényes és a magra van számítva. A kifáradási határ értékei csavaró igénybevételekre vonatkoznak ( $\sigma_m = 0$  közép-feszültségre), amely a csavar- és torziós rugókra jellemző. Hajlító igénybevételeinél ennek az értéknek kb. 1,4-szeresé vehető.

A 4. táblázat a rugók kiválasztásához ad javaslatot a felhasználási terület és igénybevétel alapján. Megjegyzendő, hogy a laprugóhoz általában a 60 SM 1 jelű finomlemez gyártják, míg a torziós rugóhoz az 50 CV 2 és 51 C MoV a tipikus minőség. Az Si-ötvöztöltő acélokat főleg a nagyobb méretű tekercsrugóhoz gyártják. A vízben edződő 75 jelű acél a kisebb igénybevételekre ajánlható.

4. táblázat  
Tányérvék rugóacélok kiválasztásához

Felhasználási terület	Igénybevétel	Szilárdság, nemesített állapotban, N/mm <sup>2</sup>	Anyagminőség
Vasúti járművek laprugói	mérsékelt, közepes	1100–1500	38 Si
Közúti járművek laprugói	közepes, nagy	1200–1550	55 Si, 60 Si, 60 SM1
Közúti járművek laprugói	nagy	1300–1650	50 CV 2, 51 C MoV
Csavarrugók (síkban csavarva)	közepes, nagy	1200–1500	55 Si, 60 Si, 60 SM1
Csavarrugók (síkban csavarva)	nagy	1550–1750	50 CV 2, 50 C MoV
Elsősorban csavarásra igénybe vett rugók	közepes, nagy	1400–1600	55 Si, 60 Si, 60 SM1
Járművek torziós és csavarrugói	nagy	1450–1700	60 SM1, 50 CV 2, 51 C MoV
Járművek torziós és csavarrugói	mérsékelt, közepes	1100–1450	38 Si
Nagyteretű, húzásra és nyomásra igénybe vett rugók a gép- és járműiparban	közepes, nagy	1200–1550	55 Si, 60 Si, 60 SM1
	nagy	1400–1700	60 SM1, 50 CV 2, 51 C MoV
Különleges rugók	mérsékelt, közepes	1100–1450	38 Si
Szorítógyűrűk, rugós lapok	közepes, nagy	1350–1600	50 CV 2
Gyűrűs rugók, ütközőrugók	mérsékelt, közepes	1200–1400	38 Si, 55 Si
Tányérrugók	közepes, nagy	1400–1600	60 SM1, 60 Si



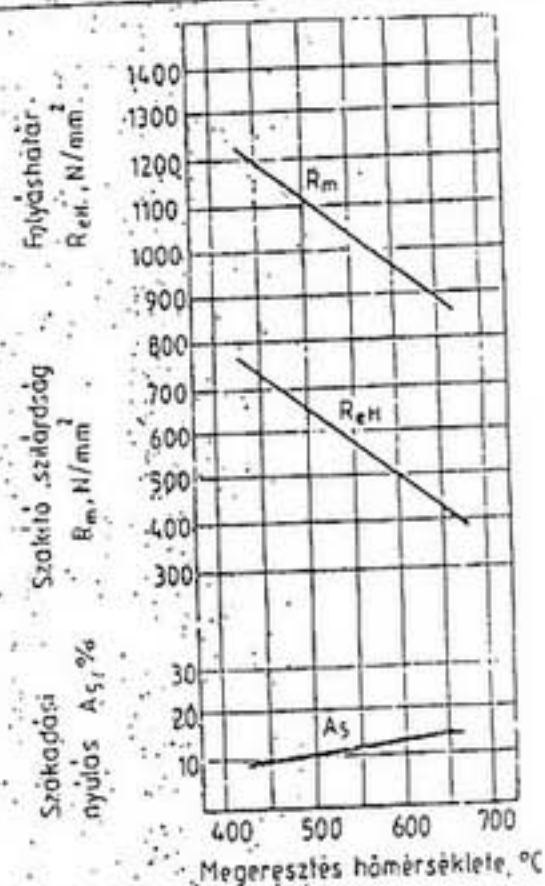
## Az acélminőség jele: 75

Ötvöztelen rugóacél, kis igénybevételre.

Vegyi összetétel, %-ban		
C	Si	Mn
0,72–0,80	0,17–0,37	0,50–0,80

Keménység, lágyítva, legfeljebb	241 HB
Keménység, edzve, legalább	60 HRC
Legnagyobb átedződő átmérő	20 mm

A melegalakítás hőmérséklete 900–820 °C  
 A lágyítás hőmérséklete 690–720 °C  
 Az edzés hőmérséklete 790–820 °C  
 A hűtés módja víz



## Az acélminőség jele: 38 S

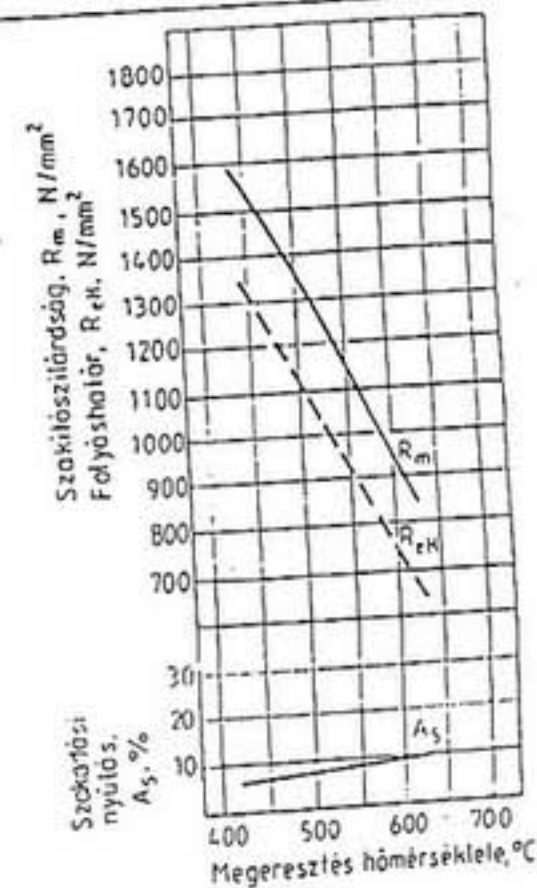
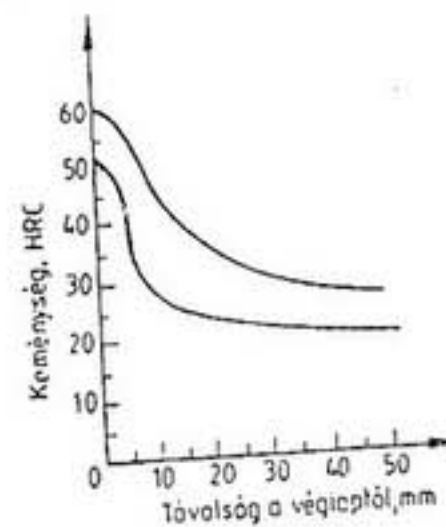
Si-ötvöztetésű rugóacél, mérsékelt igénybevételre, jó folyáshatárral.

Vegyi összetétel, %-ban		
C	Si	Mn
0,34–0,42	1,4–1,7	0,50–0,80

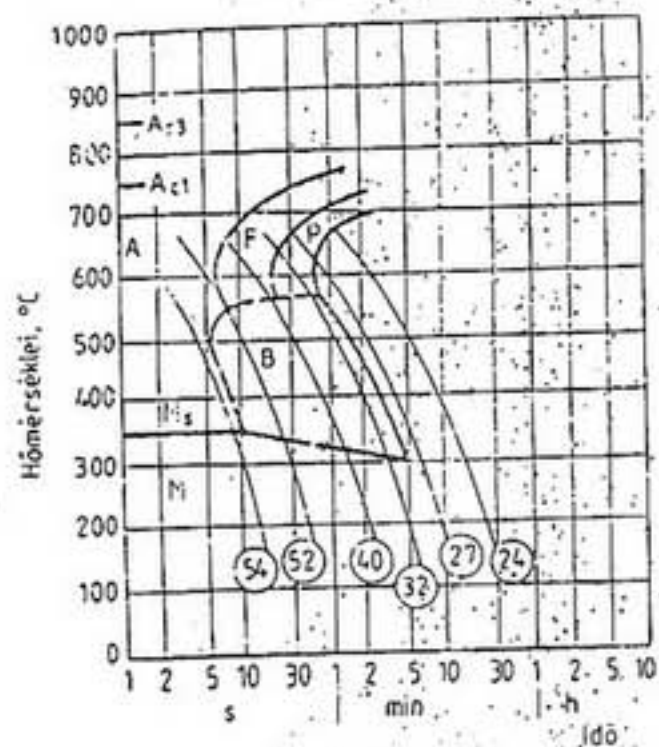
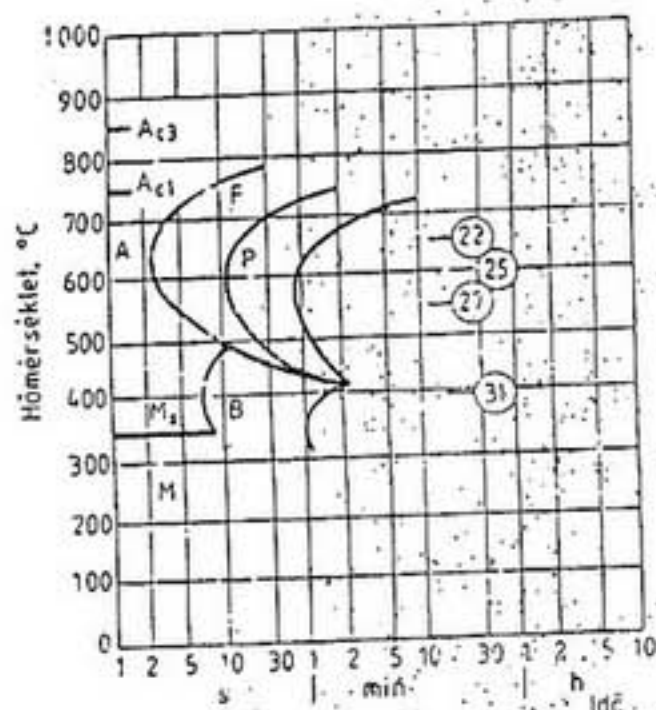
Keménység, lágyítva, legfeljebb	217 HB
Keménység, edzve, legalább	48 HRC
Legnagyobb átedződő átmérő	12 mm

A melegalakítás hőmérséklete 900–820 °C  
 A lágyítás hőmérséklete 650–690 °C  
 Az edzés hőmérséklete 830–860 °C  
 A hűtés módja víz

Kiláradási határ, csavaró igénybevételre, N/mm²	
Szakítószilárdság, Rm, N/mm²	
1000	1300
330	420







## Az acélminőség jele: 55 S

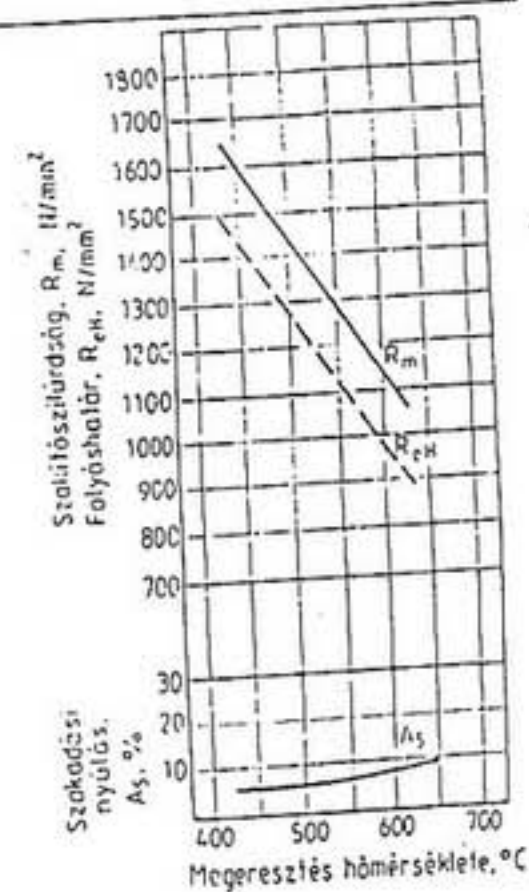
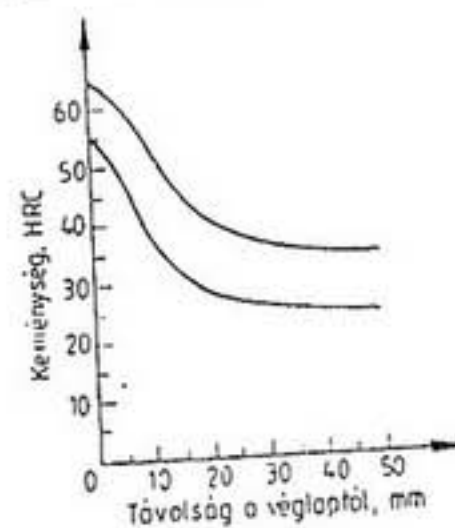
Si-ötvöztetésű rugóacél, közepes és nagy terhelésre.

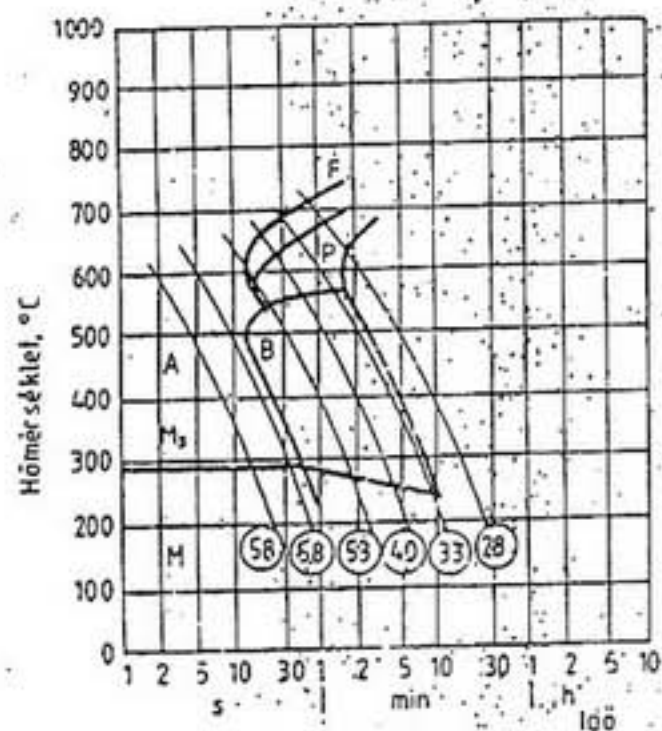
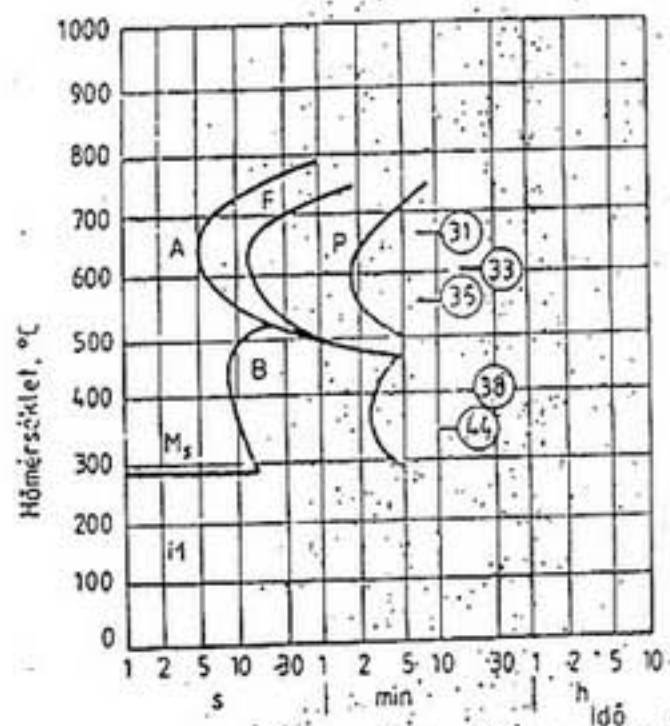
Vegyi összetétel, %-ban		
C	Si	Mn
0,52 – 0,60	1,50 – 2,00	0,60 – 0,90

Keménység, lágyítva, legfeljebb	245 HB
Keménység, edzve, legalább	55 HRC
Légnagyobb átedződő átmérő	15 mm

A melegalakítás hőmérséklete 900 – 830 °C  
 A lágyítás hőmérséklete 650 – 600 °C  
 Az edzés hőmérséklete 830 – 860 °C  
 A hűtés módja olaj

Kifáradási határ csavaró igénybevételnél, N/mm <sup>2</sup>	
Szakítószilárdság, R <sub>m</sub> , N/mm <sup>2</sup>	
1100	1350
370	440





## Az acélminőség jele: 60 S

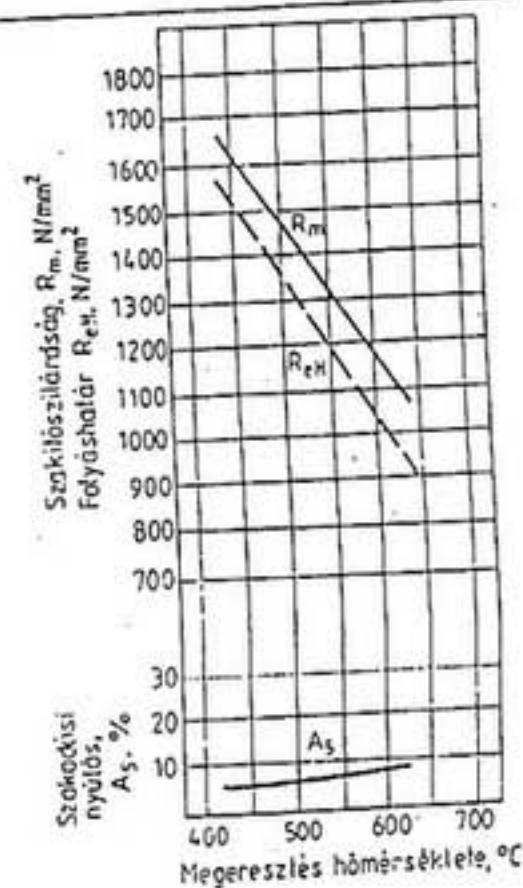
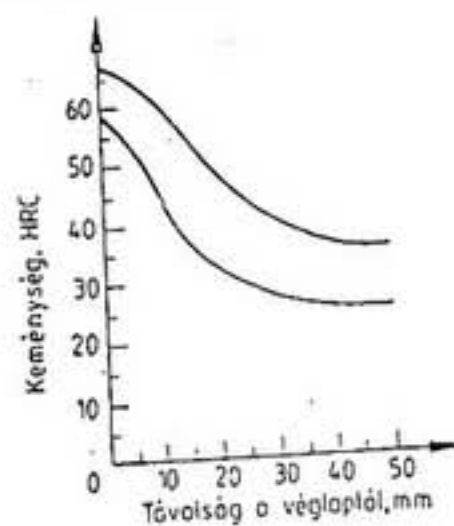
Si-ötvöztetésű rugóacél nagy folyáshatárral, erős igénybevételre.

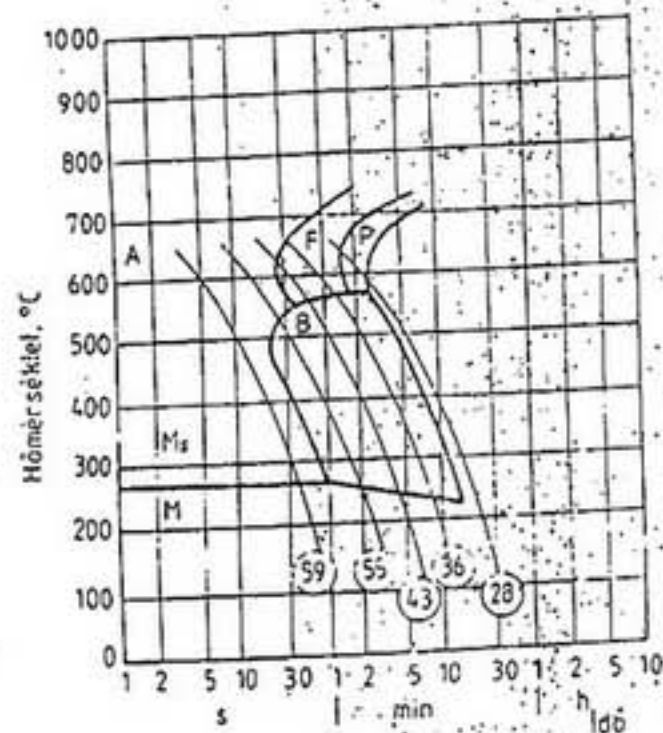
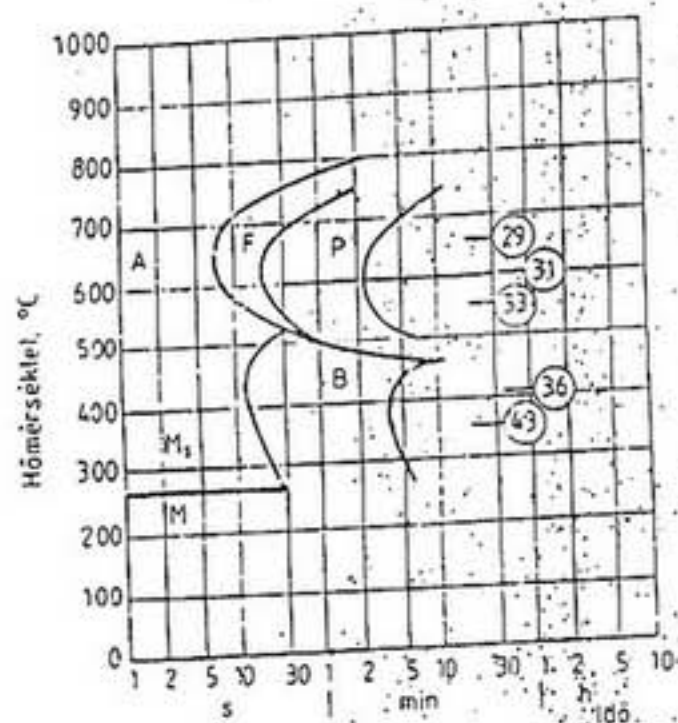
Vegyi összetétel, %-ban		
C	Si	Mn
0,57—0,65	1,5—2,0	0,60—0,90

Keménység, lágyítva, legfeljebb	255 HB
Keménység, edzve, legalább	57 HRC
Legnagyobb átedződő átmérő	17 mm

A megalakítás hőmérséklete 900—830 °C  
 A lágyítás hőmérséklete 650—690 °C  
 Az edzés hőmérséklete 820—850 °C  
 A hűtés módja olaj

Kiláradási határ csavaró igénybevételnél, N/mm <sup>2</sup>	
Szakítószilárdság, R <sub>m</sub> , N/mm <sup>2</sup>	
1150	1400
390	460





## Az acélminőség jele: 60 SM1

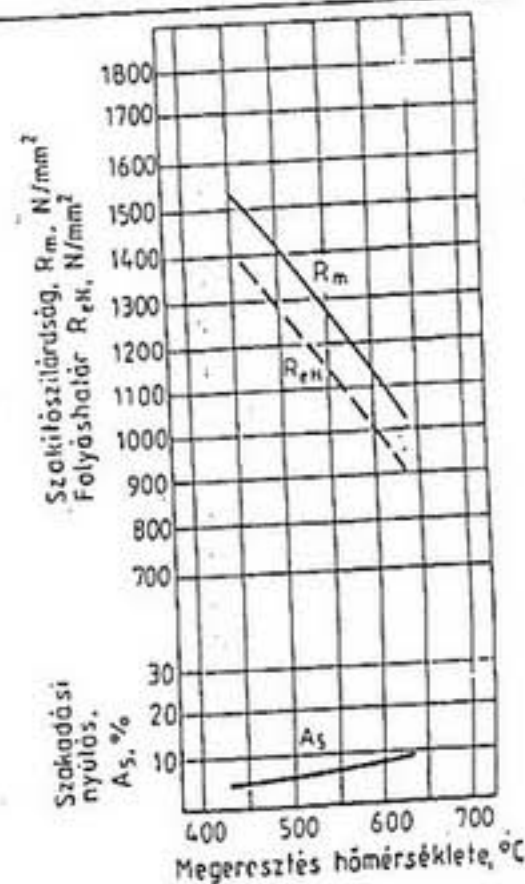
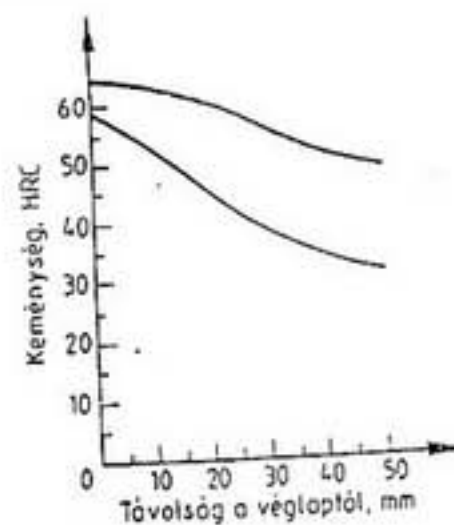
Általános felhasználású Mn-Si ötvöztetésű rugóacél,  
közepes és nagy terhelésre.

Vegyi összetétel, %-ban		
C	Si	Mn
0,55 – 0,65	1,00 – 1,50	1,00 – 1,40

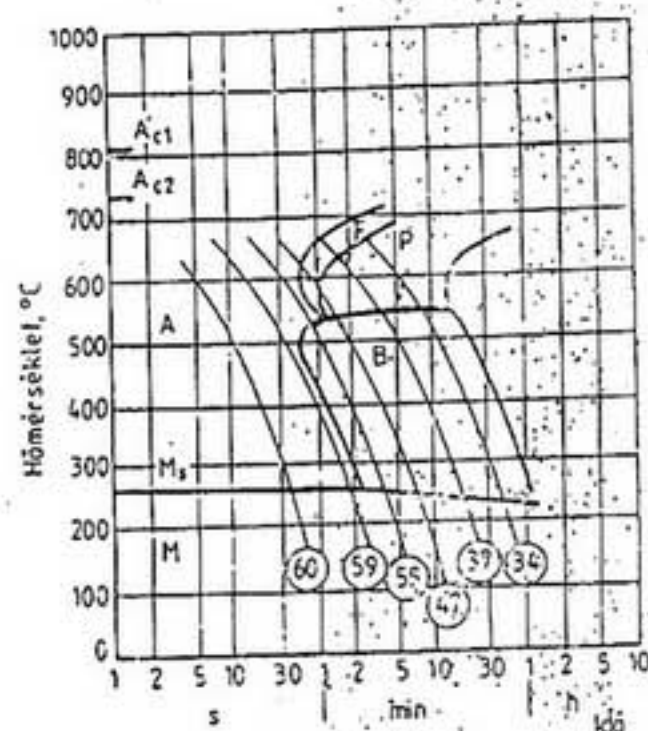
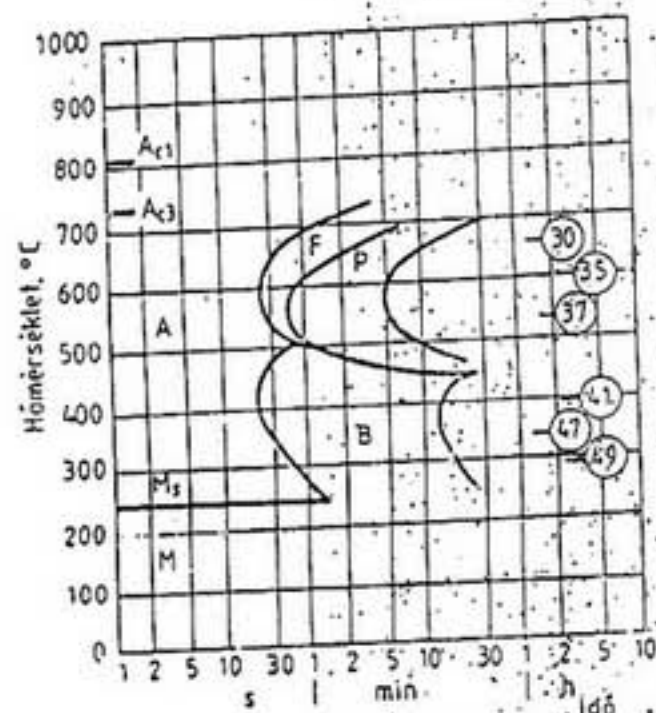
Keménység, lágysítva, legfeljebb	255 HB
Keménység, edzve, legalább	57 HRC
Legnagyobb átvezető átmérő	35 mm

A megalakítás hőmérséklete 900–830 °C  
A lágysítás hőmérséklete 690–720 °C  
Az edzés hőmérséklete 820–850 °C  
A hűtés módja olaj

Kifáradási határ csavart igénybevételnél, N/mm <sup>2</sup>	
Szakítószilárdság, R <sub>m</sub> , N/mm <sup>2</sup>	
1150	1400
380	440







## Az acélminőség jele: 50 CV2

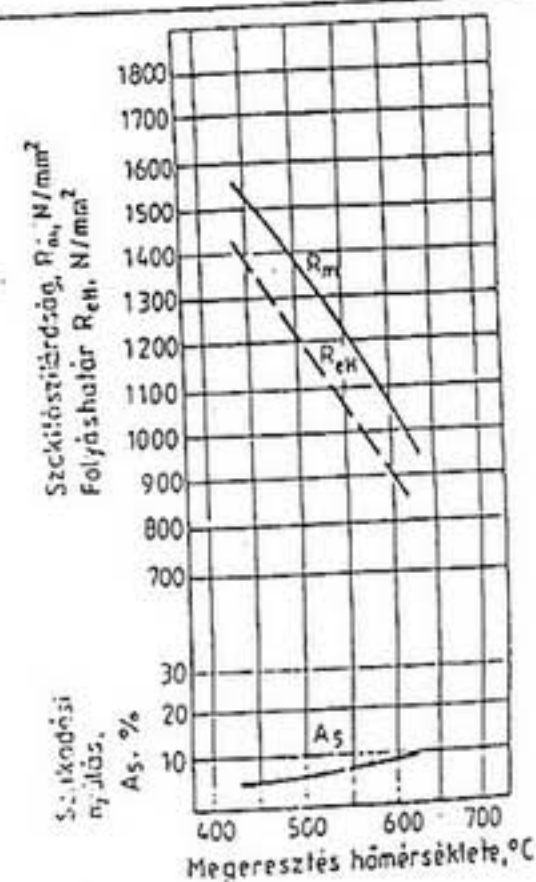
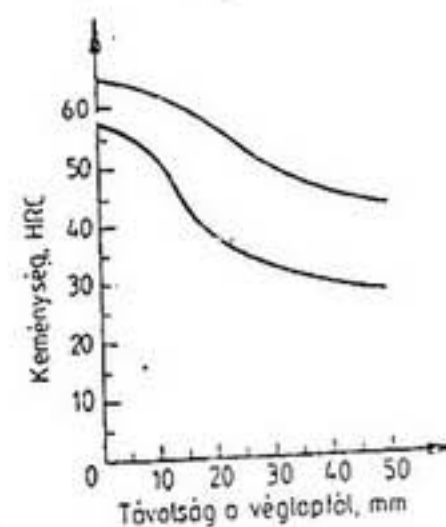
Cr-V ötvöztetésű finomszemcsés rugóacél, nagy torhelések.

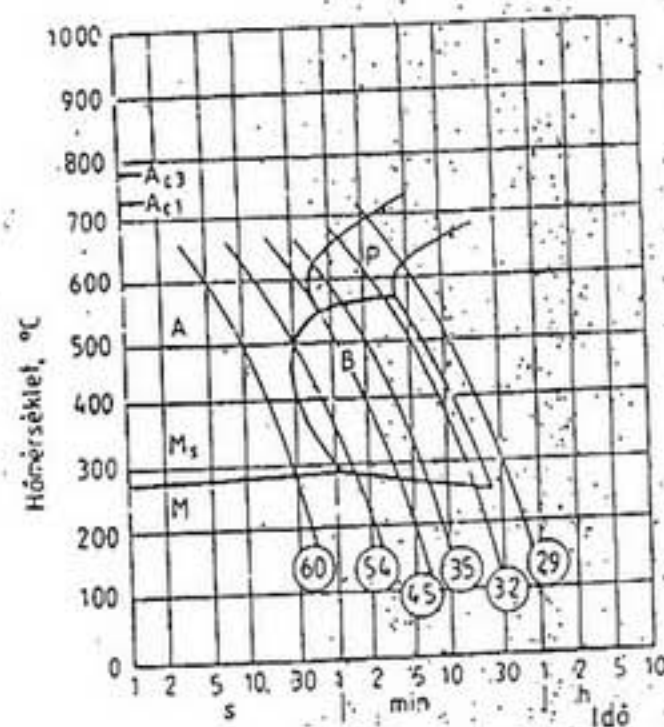
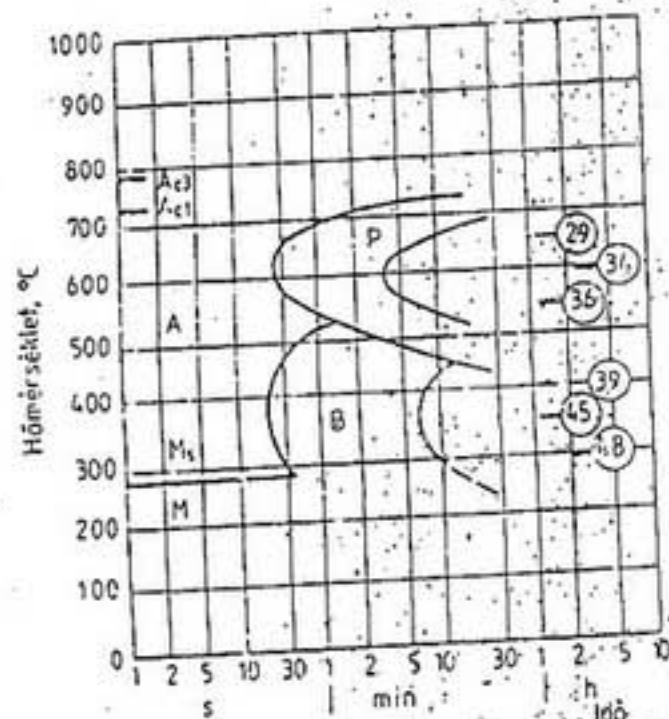
Vegyi összetétel, %-ban				
C	Si	Mn	Cr	V
0,47–0,55	0,15–0,40	0,80–1,10	0,90–1,20	0,10–0,20

Keménység, lágyítva, legfeljebb	241 HB
Keménység, edzve, legalább	55 HRC
Legnagyobb átedződő átmérő	40 mm

A melegalakítás hőmérséklete 920–850 °C  
 A lágyítás hőmérséklete 720–750 °C  
 Az edzés hőmérséklete 830–860 °C  
 A hűtés módja olaj

Kiláradási határ csevaró igénybevételénél, N/mm <sup>2</sup>	
Szakítószilárdság, R <sub>m</sub> , N/mm <sup>2</sup>	
1150	1400
390	470





## Az acélininőség jele: 51 CrMoV

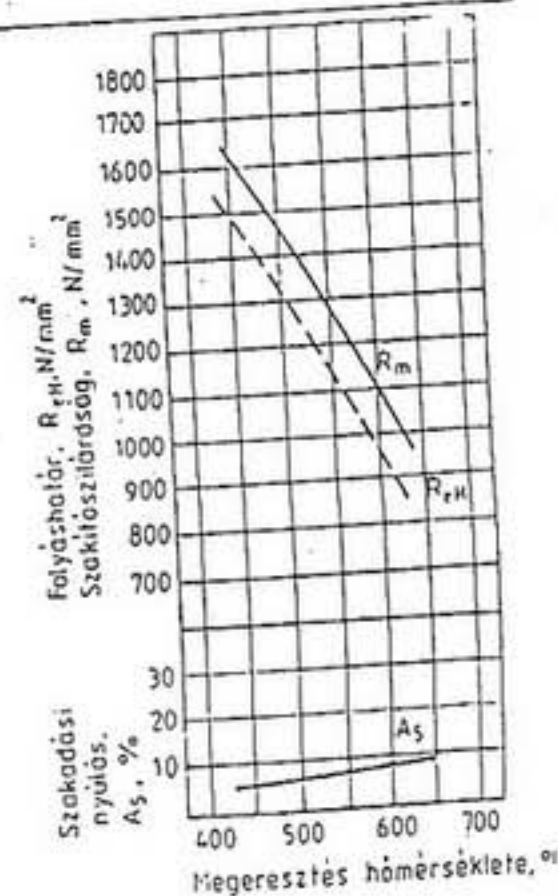
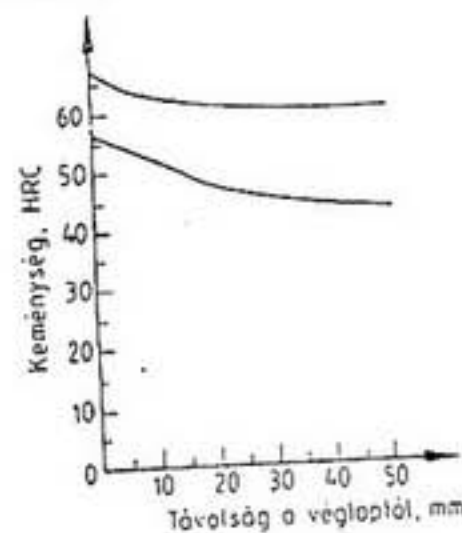
Cr-Mo-V ötvöztetésű rugóacél, rendkívül nagy igénybevételre.  
Megeresztési ridegségre nem hajlamos.

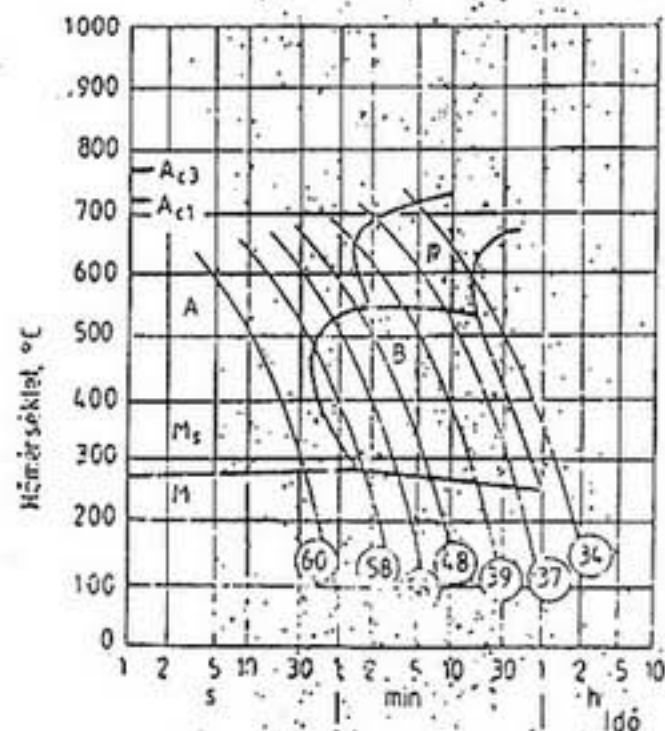
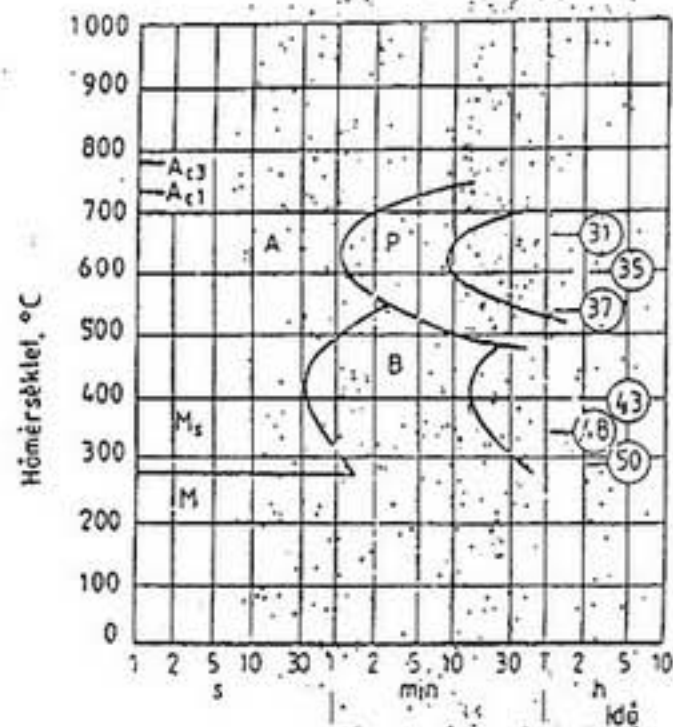
Vegyi összetétel, %-ban					
C	Si	Mn	Cr	Mo	V
0,48–0,56	0,15–0,40	0,70–1,00	0,90–1,20	0,15–0,25	0,07–0,12

Keménység, lágyítva, legfeljebb	255 HB
Keménység, edzve, legalább	56 HRC
Legnagyobb átedződő átmérő	50 mm

A megalakítás hőmérséklete 920–850 °C  
A lágyítás hőmérséklete 720–750 °C  
Az edzés hőmérséklete 830–860 °C  
A hűtés módja olaj

Kifáradási határ csaváró igénybevételnél, N/mm <sup>2</sup>	
Szakítószilárdság, R <sub>m</sub> , N/mm <sup>2</sup>	
1150	1400
400	480





## 6. AUTOMATAACÉLOK (MSZ 4339—86)

A mérsékelt, vagy közepes igénybevételnek kitett és nagy mennyiségben előállított alkatrészek gyártásához olyan acélokat kell használni, amelyek igen jól forgácsolhatók, s ezért gazdaságosak. Az ezeket a követelményeket kielégítő, és megmunkálásra rendszerint gyorsjáratú automatákra szánt különleges acélokat nevezik *automataacéloknak*. Az MSZ-ben felsorolt acélminőségeknél kén- és bizmut-ötvözással érték el a kedvező tulajdonságokat.

A kén mellett az automataacélokat emelt mangántartalommal gyártják, mivel az így keletkezett mangánszulfidzárványok javítják a forgácsolhatóságot. Ezek globulárisan, vagy sorosan helyezkednek el az anyagban, elősegítik a tört forgács keletkezését folyóforgács helyett, valamint meggátolják az élrátét képződését és kisebb a forgácsolóerő is. Ezek nyomán jobb a kés éltartóssága és a nagyobb forgácsolási sebességgel növeli a termelékenységet. Előnyös még a forgácsolással nyerhető jobb felület, amellyel esetleg további művelet takarítható meg.

A szabványos automataacélokat — 0,07%-tól 0,65% C-tartalomig — különböző típusban gyártják. Két minőségnél (AS 5 B, ANS 2 B) a kén mellett bizmutot is ötvöznek, amely tovább javítja a minőséget, mivel a bizmut rendkívül finoman diszpergálva oszlik el az acélban. Az AS 1, az AS 4, AS 5 és ASB1 5 kis C-tartalmú, csillapítatlan típusok: növekvő S- és Mn-tartalmukkal különböznek egymástól. Melegen alakított és hidegen húzott formában kerülnek forgalomba. Ezeket a típusokat nem hőkezelik, a gyártómű szállítási állapotban ad garanciát a mechanikai értékekre.

Az automataacélok hőkezelésével kapcsolatban megjegyzendő, hogy ötvözésük és szövetszerkezetük folytán repedésre érzékenyebbek a megfelelő ötvözetlen szerkezeti acéllal összehasonlítva. A mangántartalomnak a szabványban lévő viszonylag nagy túrésmezeje (0,7—1,1%) is nehezíti az egységes edzési technológia kialakítását. Az egyszerűbb darabok vízben hűthetők, a kisméretű, bonyolult alakú alkatrészekhez olajhűtés ajánlható. Mivel ezekből az acélokból mérsékelt igénybevételű alkatrészeket készítenek, az olajhűtéssel nyerhető kisebb keménység, illetve szilárdság is elegendő. Vízvezéskor a repedésveszélyt csökkentő eljárások — mint pl. a megszakításos edzés — különösen előnyösek. A fokozott hűthetőségű, vizezett sófürdő szintén ajánlható.



A betétben edzhető két acélminőség kis és nagy (C 10-nak és C 15-nek megfelelő) C-tartalommal kerüi forgalomba az említett 0,7–1,1% Mn mellett. Vízedzésre az alacsonyabb hőmérséklet határ ajánlható. Nagyobb magszilárdság eléréséhez a mag- és kéregedzés közötti hőmérsékletéről is lehet hűteni.

A cementálás hőmérsékletéről való közvetlen edzést éppen az eljárás gazdaságossága miatt gyakran alkalmazzák. Ebben az esetben vízedzésnél tanácsos a kéregedzés hőmérsékletén történt kiegyenlítés utáni hűteni, mert ezáltal a repedésveszély csökken. Olajedzésnél a cementálás utáni közvetlen hűtéssel elfogadható eredmény kapható, mivel ilyenkor jobb az edzhetőség. Így az Mn-tartalomtól függően,  $\varnothing$  10–15 mm-en, vagy 8–10 mm falvastagságnál 50 HRC-nél nagyobb keménység nyerhető a felületen. Az ABS 2 direktedzésénél olajhűtéssel 800 N/mm<sup>2</sup> magszilárdság érhető el  $\varnothing$  10–15 mm-es méretnél. Mivel ezekből az acélokból kisebb igénybevételre készítenek alkatrészeket, a mérsékelt szilárdsági és keménységi értékek elfogadhatók.

A betétben edzhető, automataacéloknál a betétedzésre vonatkozó technológiák egyaránt érvényesek. A gazdaságos gyártás miatt az utólagos megmunkálási költségek csökkentésére előnyös a szebb felületet adó, és direktedzésre alkalmas cementálási eljárások választása, amilyen pl. a sócementálás. Az említett okok miatt általában az egyszerűbb betétedzésű technológiák választandók.

Az azonos mangántartalmú (0,7–1,1%) nemesíthető minőségek a szénttartalomban különböznek (0,27%-tól 0,65%-ig); három minőségre oszlanak, amelyek közül a 0,42–0,50% C-tartalmú bismutál is ötvözött. Eszerint változik edzhetőségük és az elérhető keménység is.

Elvileg vízedző minőségek, de kisebb méreteknél olaj- vagy termálhűtéssel is nyerhetők mérsékelt, keménységek. Hőkezelésükre és az elérhető eredményekre nagyjából az azonos összetételű, ötvöztelen szerkezeti acélokra vonatkozó eljárások érvényesek. Mindenesetre edzhetőségük jobb az MSZ 61-ben szereplő hasonló C-tartalmú ötvöztelen szerkezeti acélokénál az emelt Mn-tartalom miatt. Így az ANS 1-nél 40 HRC kb. 15 mm-en, az NS 2-nél 50 HRC  $\varnothing$  15 mm-en, 40 HRC  $\varnothing$  30 mm-en, az AS 3-nál 50 HRC  $\varnothing$  25 mm-en, 40 HRC  $\varnothing$  35 mm-en érhető el.

Az automataacélokat elsősorban a háztartási gépek, a tartós fogyasztási cikkek és a híradástechnikai készülékek alkatrészeihez használják. A tömegcikkek legnagyobb része is ezekből a minőségekből készül.

## Az acélminőség jele: ABS 1

Betétben edzhető automataacél vízedzésre, rendkívül lágy maggal.

Vegyi összetétel, %-ban				
C	Si	Mn	P	S
0,07–0,13	0,15–0,35	0,70–1,10	max. 0,06	0,15–0,25

Mechanikai tulajdonságok a magban (magedzett állapotban)			
Méret, $\varnothing$ , mm	Szaktűszilárdság, $R_m$ , N/mm <sup>2</sup>	Folyáshatár, $R_{0.2}$ , N/mm <sup>2</sup>	Szakadási nyúlás, legalább, %
10	700	390	11
20	650	360	11
40	600	330	12

Min. 60 HRC kéregkeménységre edződő $\varnothing$ átmérő, mm (0,9% C-tartalommal)		
Az edzés hőmérséklete, °C		
830	850	920
60	80	100

A magedzés hőmérséklete	880–920 °C
A kéregedzés hőmérséklete	780–820 °C
A megeresztés hőmérséklete	180–250 °C
A lágyítás hőmérséklete	650–700 °C
Keménység, lágyítva	150 HB

## Az acélminőség jele: ABS 2

Betétben edzhető automataacél, lágy, szívós maggal.

Vegyi összetétel, %-ban				
C	Si	Mn	P	S
0,14–0,20	0,15–0,35	0,70–1,10	max. 0,06	0,15–0,25

Mechanikai tulajdonságok a magban (magedzett állapotban)			
Méret, Ø, mm	Széklőszilárdság, $R_m$ , N/mm <sup>2</sup>	Folyáshatár, $R_{eH}$ , N/mm <sup>2</sup>	Szakadási nyúlás, legalább, %
10	850	480	9
20	750	420	10
40	650	350	11

Min. 60 HRC kéregkeménységre edzhető átmérő, mm (0,9% C-tartalommal)		
Az edzés hőmérséklete, °C		
830	860	920
60	80	100

A magedzés hőmérséklete 850–920 °C  
 A kéregedzés hőmérséklete 780–820 °C  
 A megeresztés hőmérséklete 180–250 °C  
 A lágyítás hőmérséklete 650–700 °C  
 Keménység, lágyítva 160 HB

## Az acélminőség jele: ANS 1

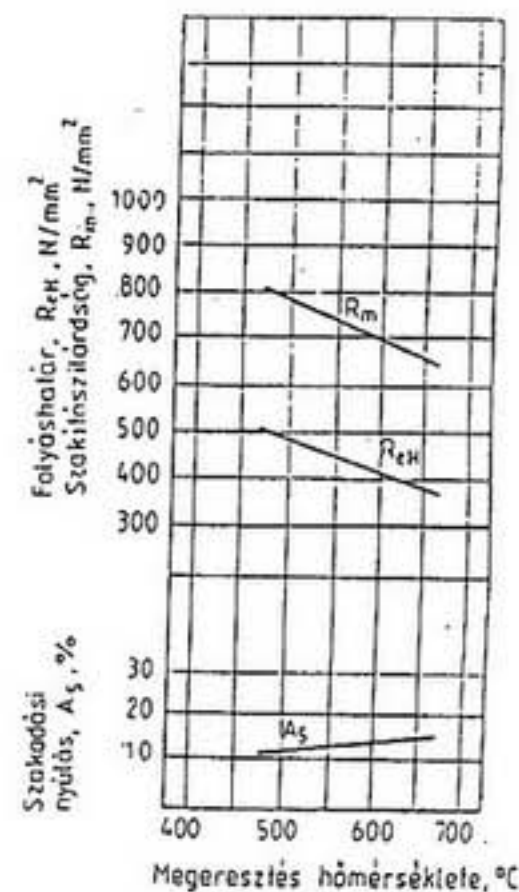
Nemesíthető automataacél, kis szilárdsággal.

Vegyi összetétel, %-ban				
C	Si	Mn	P	S
0,32–0,39	0,15–0,35	0,70–1,10	max. 0,06	0,15–0,25

A lágyítás hőmérséklete 650–700 °C  
 Az ausztenítés hőmérséklete 840–870 °C  
 A hűtés módja víz

Keménység, lágyítva, max. 200 HB  
 Edzéssel elérhető keménység 51 HRC

Keményséeloszlás, HRC			
Méret, Ø, mm	15	30	50
Felületen	51	50	48
Magban	47	35	20



## Az acélminőség jele: ANS 2, ANSBI 2

Nemesíthető automataacél, közepes szilárdsággal és szívóssággal.

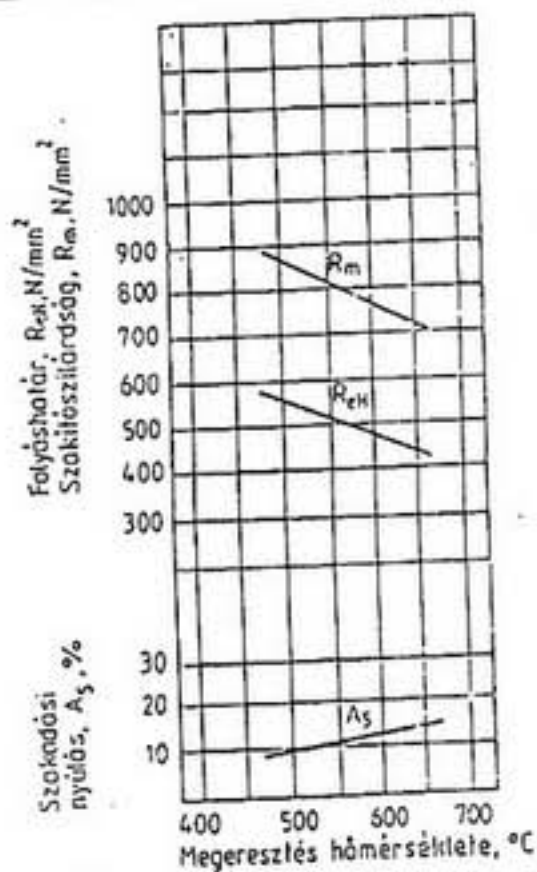
Vegyi összetétel, %-ban				
C	Si	Mn	P	S
0,42–0,50	0,15–0,35	0,70–1,10	max. 0,06	0,15–0,25

Az ANSBI jelű 0,06–0,15% Bi-ot tartalmaz.

A lágyítás hőmérséklete 650–700 °C  
Az ausztenitesítés hőmérséklete 620–650 °C  
A hűtés módja víz

Keménység, lágyítva, max. 220 HB  
Edzéssel elérhető keménység 56 HRC

Keményséeloszlás, HRC			
Méret, Ø, mm	15	30	60
Felületen	53	55	54
Magban	53	41	26



## Az acélminőség jele: ANS 3

Nemesíthető automataacél, jó szilárdsággal, nagy szelvénymérethez is.

Vegyi összetétel, %-ban				
C	Si	Mn	P	S
0,57–0,65	0,15–0,35	0,70–1,10	max. 0,06	0,15–0,25

A lágyítás hőmérséklete 650–700 °C  
Az ausztenitesítés hőmérséklete 800–830 °C  
A hűtés módja víz

Keménység, lágyítva, max. 250 HB  
Edzéssel elérhető keménység 60 HRC

Keményséeloszlás, HRC			
Méret, Ø, mm	15	30	60
Felületen	60	59	58
Magban	58	45	30

