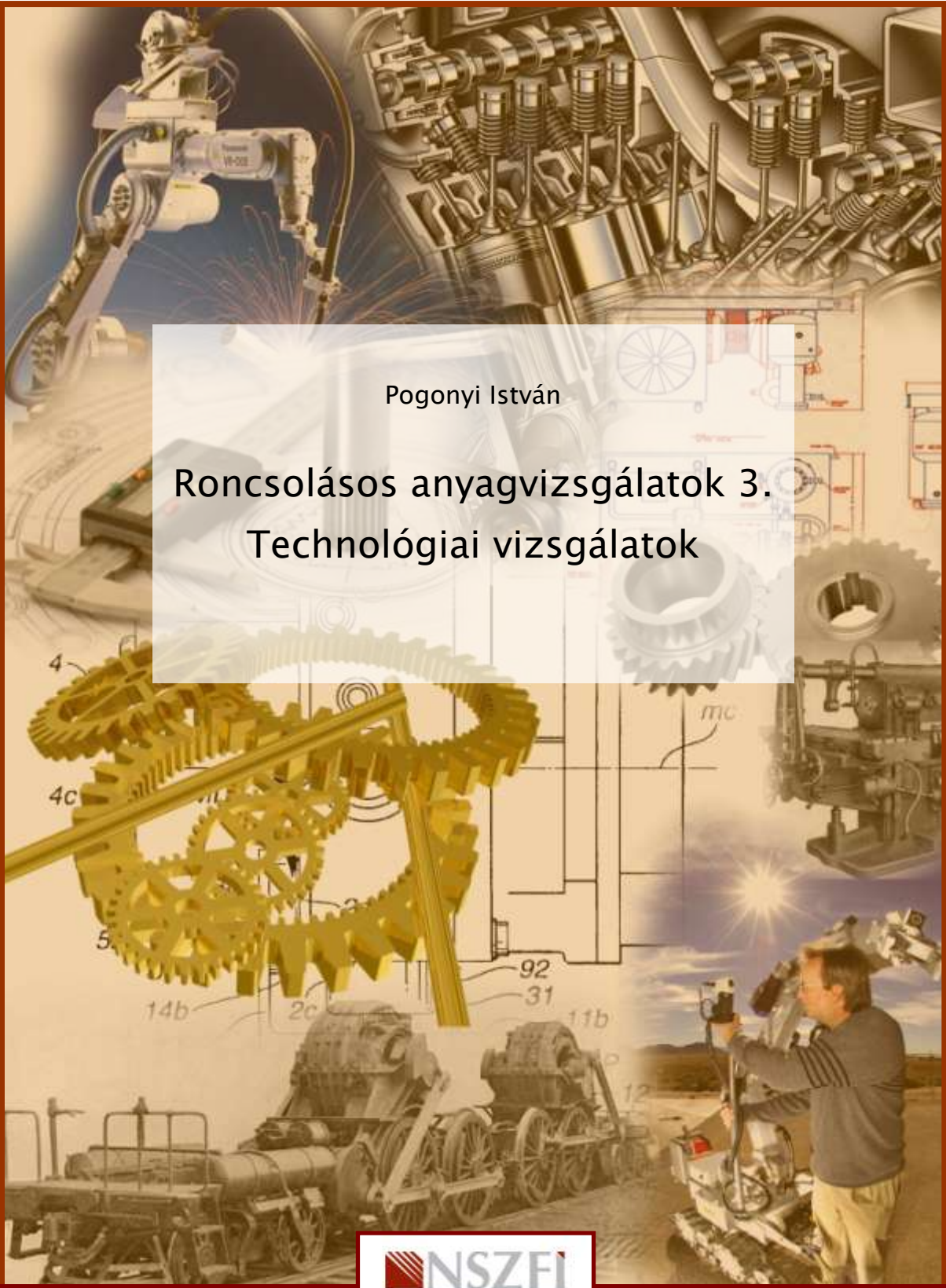




Pogonyi István

## Roncsolásos anyagvizsgálatok 3. Technológiai vizsgálatok

 **NSZFI**  
NEMZETI SZAKKÉPZÉSI  
ÉS FELNŐTTKÉPZÉSI INTÉZET

A követelménymodul megnevezése:

Általános anyagvizsgálatok és geometriai mérések

A követelménymodul száma: 0225-06 A tartomelem azonosító száma és célcsoportja: SzT-010-16



## RONCSOLÁSOS ANYAGVIZSGÁLATOK 3. TECHNOLÓGIAI VIZSGÁLATOK

### ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

A gépipari gyakorlati tevékenység során, a különböző fémek anyagok feldolgozásával foglalkozó szakembernek a legkülönbözőbb igénybevételekhez a legmegfelelőbb alapanyagot kell felhasználnia. Ismernie kell az anyagok azon tulajdonságait, melyek a beépítés helyén meghatározzák az illető anyagból készült alkatrészek megfelelőségét. Különböző próbákkal kell meggyőződnie arról, hogy az anyagok megfelelnek-e a felhasználási követelményeknek.

A fémek anyagok azon tulajdonságait, amelyek alapján a rendeltetésszerű felhasználásra való alkalmasságát elbírálják, anyagvizsgálati módszerekkel határozzák meg. Ezen módszereknek olyanoknak kell lenniük, hogy a vizsgált tulajdonságot egyértelműen és hibátlanul, tehát megbízhatóan állapítsák meg. A mérések eredményeinek összehasonlíthatóságát és megismételhetőségét a vizsgálatok szabványosításával biztosítják. Az anyagvizsgálat eljárásait csoportosítani lehet:

- a fémek anyagok tulajdonságai,
- a feldolgozás technológiája, és
- a készgyártmány hibátlanságának ellenőrzési módszerei

szempontjából.

A technológiai próbák az anyagok feldolgozhatóságának, hideg vagy meleg megmunkálhatóságának ellenőrzésére szolgálnak, és szorosan összefüggnek az anyag termékké való feldolgozásával. Ezért a vizsgálatok során igyekeznek a lehető legjobban megközelíteni azokat a feltételeket, amelyek között az anyag megmunkálása vagy feldolgozása végbemegy, esetleg amelyek használata során ki lesz téve. Ezen okok miatt a technológiai vizsgálatok az anyag feldolgozása közben előforduló alakváltozások szabványos módon való előidézéséből állnak.

## SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

### TECHNOLÓGIAI VIZSGÁLATOK VAGY TECHNOLÓGIAI PRÓBÁK

Célja: A technológiai vizsgálatok (technológiai próbák) célja az anyag alakíthatóságának, megmunkálhatóságának, azaz adott technológiára való alkalmasságának a meghatározása

A vizsgálatok általában az adott technológiákat modellezik és jellemző rájuk, hogy a vizsgálat során az erőt legtöbb esetben nem mérjük, csupán azt határozzuk meg, hogy a vizsgált anyag az adott technológiának megfelel-e. A vizsgálatokkal meghatározott mérőszámok nem általánosíthatók, azok csak a speciális esetre vonatkoznak. A vizsgálatokra vonatkozó előírásokat szabványok tartalmazzák.

A technológiai vizsgálatok csoportosítása:

- alakíthatóságot megállapító vizsgálatok,
  - hidegalakíthatósági technológiai vizsgálatok,
  - melegalakíthatósági technológiai vizsgálatok,
- hőkezelhetőségi (edzhetőségi) vizsgálatok,
- hegeszthetőségi vizsgálatok,
- forgácsolhatósági vizsgálatok.

### AZ ALAKÍTHATÓSÁGOT MEGÁLLAPÍTÓ VIZSGÁLATOK

Az alakíthatóság olyan tulajdonság, amellyel a kovácsoláshoz, hengerléshez, sajtoláshoz, stb. az anyagnak rendelkeznie kell. Az alakítható vagy képlékeny anyag a külső mechanikai erők hatására kapott alakját az erők hatására kapott alakját az erők megszűnése után is megtartja. Az alakíthatóságot hidegen vagy melegen végzett vizsgálatokkal állapítják meg.

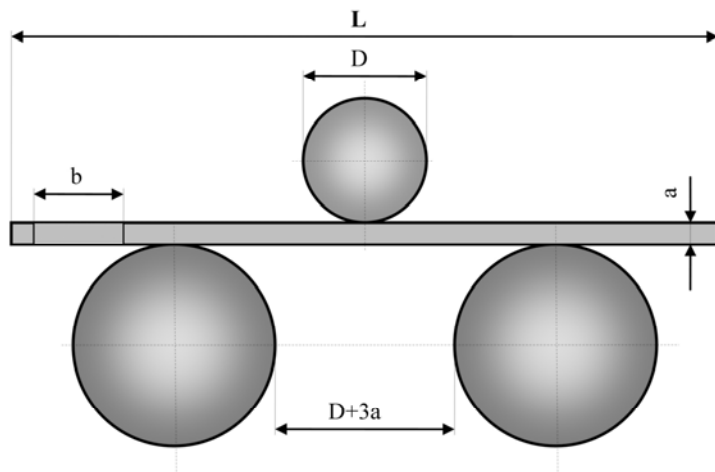
#### 1. Hidegalakíthatósági technológiai vizsgálatok

A képlékenyalakítási technológiák jelentős része hidegen (10...35 °C-on) történik. A hidegalakíthatósági vizsgálatok célja az anyagok alakíthatóságának, vagyis törésig elvisel maradó alakváltozás nagyságának meghatározása.

Az állapotváltozók közül a feszültségállapot a legfontosabb, ami annyit jelent, hogy a feszültségi állapot módosításával az anyag alakíthatósága befolyásolható. A vizsgálatok kiegészítik az anyagok szilárdsági minősítéseit, lehetővé téve ezáltal az ideális technológia megválasztását.

##### 1.1 Hajlítópróba

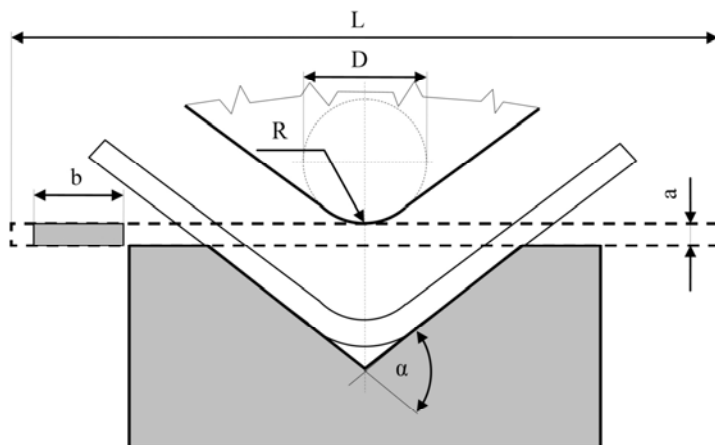
A hajlítópróbák során az alakváltozás nagyságán kívül számtalan más információ is nyerhető. A hajlítópróba érzékenyen jelzi a megmunkálási repedéseket, az anyag szennyeződéseit, zárványait és az edzési hibákat.



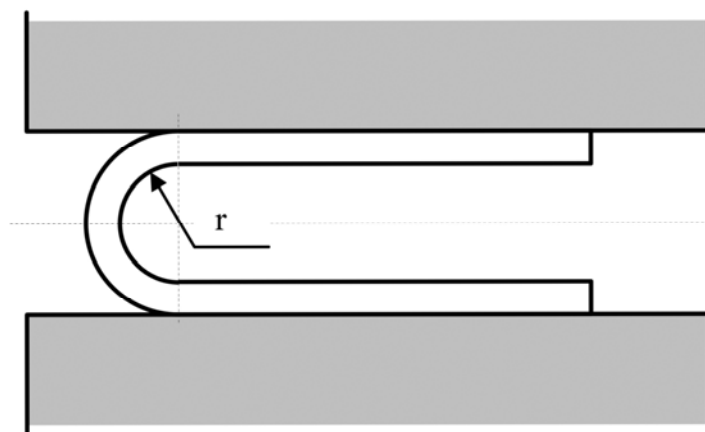
1. ábra. Hajlítás támasztóhengerekkel

A hajlítás végezhető:

- párhuzamos tengelyű támasztóhengerekkel (1. sz. ábra), vagy
- 60°-os, ill. 90°-os nyílásszögű hajlítónyeregben (2. sz. ábra)
- 180°-os nyílásszögű hajlítás esetén nyomólapok között, előhajlítás után (3. sz. ábra).

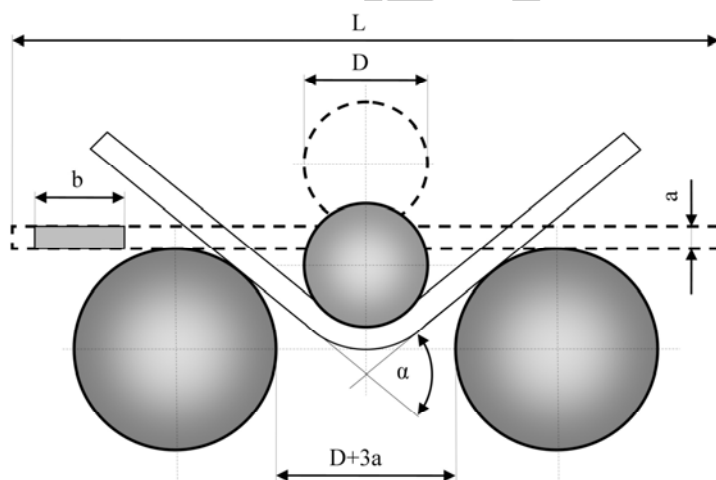


2. ábra. Hajlítás hajlítónyeregben



3. ábra. 180°-os nyílásszögű hajlítás

A vizsgálat folyamán a téglalap keresztmetszetű próbatestet adott átmérőjű nyomótest körül meghatározott hajlítási szögig, vagy szemrevételezéssel észlelhető repedés megjelenéséig hajlítjuk.



4. ábra. A hajlítópróba

Lényege, hogy próbatestet (4. sz. ábra) szabványos hajlítóberendezésben úgy hajlítjuk meg, hogy a száruk középvonala egy síkban maradjon. Hajlító vizsgálat során a próbatest húzott oldalán repedés nem jelenhet meg. A hajlító próba jelzi a hengerelt lemezek felületi hibáit, és a rétegességet. Rétegesség esetén a próbatest közepén hosszában szétválik.

A szabványok előírják a repedés nélkül elérhető hajlásszöget ( $\alpha$ ). Az igénybevétel nagyságát a hajlítótüske átmérőjének ( $D$ ) a lemez vastagságához ( $a$ ) viszonyított aránya határozza meg. Annál szigorúbb az igénybevétel, minél kisebb a  $D$  az  $a$ -hoz képest. A szabványban a  $D=n \cdot a$  kifejezésben az  $n$  értéke 0,5-től 3-ig változik.

A hajlító hengerek közötti távolság  $l=D+3a$ , vagy legalább  $l=D+2a$  legyen! A hajlítónyereg oldalai által bezárt szög  $60^\circ \pm 10'$ , de a hajlítás végezhető  $90^\circ$ -os nyílásszögű szerszámban is.

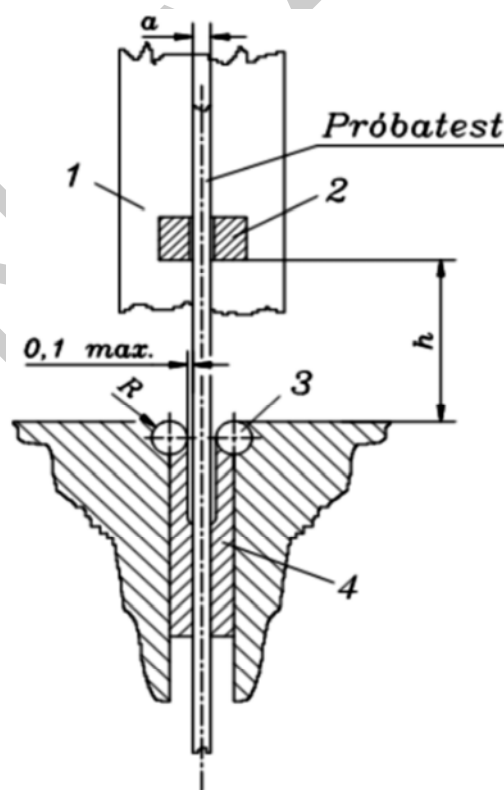
A próbatestek keresztmetszete általában négyszög, de lehet kör vagy sokszög is. A próbatest méretei:

- $L=250$  mm a próbatest hossza,
- $b=25\ldots 50$  mm a próbatest szélessége,
- $a$  = a felhasználható anyag (lemez) vastagsága. 50 mm-nél vastagabb próbadarab esetén az anyag egyik felületének lemunkálásával 25...50 mm vastagságú próbatestet kell kialakítani.

## 1.2 Hajtogató vizsgálat

A hajtogató vizsgálat célja vékony lemezek és huzalok hajlíthatóságának meghatározása.

Finomlemezek, szalagok és huzalok alakíthatóságának megítélésére a hajlítóvizsgálat nem elégséges. A vizsgálandó, egyik végén rögzített lemezcsíkot, vagy huzalt meghatározott méretű hajlító hengerek között ide-oda hajtogatással ( $180^\circ$ -os szögben) hajlítgatják (5. sz. ábra) egy előre meghatározott hajtogatási szám eléréséig, vagy a látható repedésig, ill. a teljes törésig.



5. ábra. Hajtogatókészülék



A vizsgálat eredménye a törésig elviselt hajtogatások száma. Az így meghatározható számot befolyásolja a hajlító hengerek sugara és a lemezvastagság. A vékonyabb lemez (huzal) jobban hajlítható.

A mérés menete:

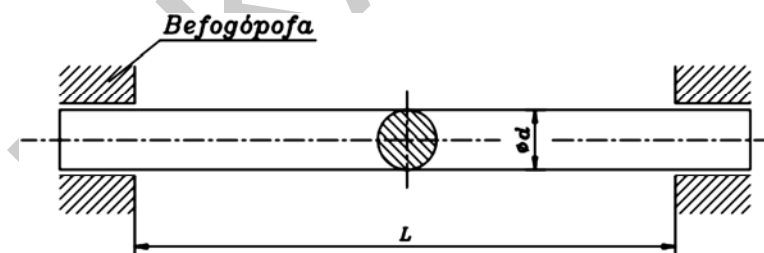
- a próbatest alsó végét úgy kell a befogó pófák közé helyezni, hogy tengelyvonala a hajlítóhengerek tengelyvonalára merőlegesen álljon,
- a vizsgálat hőmérséklete 10...35°C legyen,
- a hajtogatások gyakorisága másodpercenként legfeljebb egy legyen,
- a hajtogatások számát az első 90°-ra történő hajlítás és további 180°-os hajlítások összege adja, de nem számítható be a repedést vagy törést közvetlenül előidéző hajtogatás.

Ha egy előre meghatározott hajtogatási szám elérésének teljesülése a vizsgálat elérendő célja, akkor a hajtogatások száma nem tekintendő eredménynek, csak az, hogy teljesült-e a kitűzött cél.

### 1.3. Huzalok csavaróvizsgálata

Célja: 0,4 mm-nél nagyobb átmérőjű huzalok minősítése.

A csavaróvizsgálat során a huzalból készült próbatestet a tengelye körül egyik vagy mindkét irányban 360°-os vagy esetleg lépcsőzetesen növelt szögértékkel egy előre meghatározott N csavarási számig vagy törésig csavarunk (6. sz. ábra). A vizsgálat elsősorban rugóacél huzalok felületi és belső hibáinak kimutatására és alakíthatóságának minősítésére szolgál.



6. ábra. Huzalok csavaróvizsgálata

Készülék egyik befogópófája forgatható és a huzal rövidülését súrlódásmentesen követni tudja.

Hasonlóan végezhető tengelyek, idomok, csövek, zártszelvények torziós vizsgálata. Az egyik végén befogott próbatestet a másik végén csavaró igénybevétellel terheljük és a rugalmassági határon belül meghatározzuk az elcsavarodás szögét.

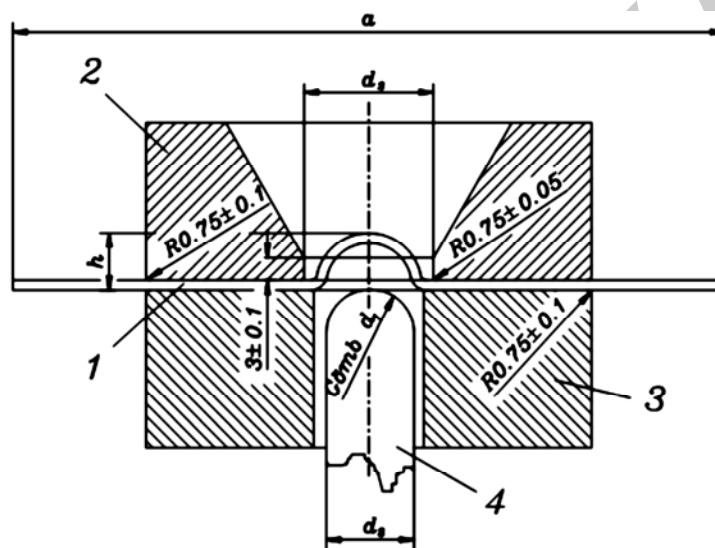
### 1.4. Mélyhúzóhatósági próbák

Vékony (0,5...2 mm) vastagság lemezből számtalan formájú üreges edény, doboz, járműkarosszéria-elem, stb. készülhet. Egy lemez alakíthatóságát nem lehet megítélni a szakítóvizsgálat adatai alapján. A lemezek mélyhúzóhatóságának eldöntésére két vizsgálati eljárás terjedt el:

- az Erichsen-féle mélyhúzó vizsgálat, és
- a csészehúzó vizsgálat.

Az Erichsen-féle mélyhúzó vizsgálat:

A húzógyűrű és a szorítógyűrű közé befogott próbatestet gömbvégű nyomófejjel addig mélyítenek, amíg a próbatest a mélyítés helyén átszakad, azaz teljes keresztmetszetű repedés keletkezik.



7. ábra. Az Erichsen-féle mélyhúzó vizsgálat

A próbatest kialakításának szempontjai:

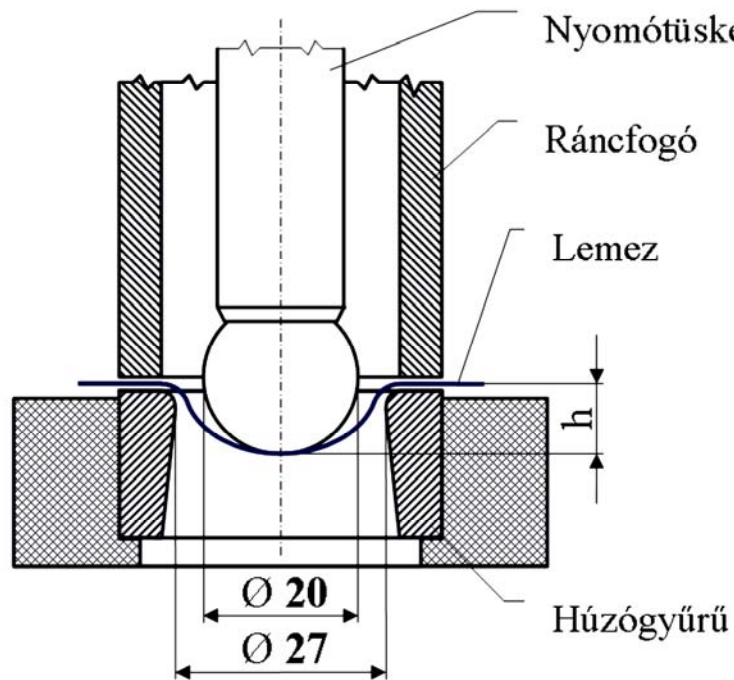
- a próbatest átmérőjét vagy szélességét úgy kell meghatározni, hogy a mélyített rész középvonala a próbatest szélétől legalább 45 mm legyen (min. Ø90 mm),
- szalagok vizsgálatakor az egymást követő mélyítések távolága min. 90 mm legyen,
- a vizsgálat megkezdése előtt a próbatest mindkét felületét enyhén be kell zsírozni.

A mérés menete:

- a készülékbe vizsgálható lemez vastagsága 0,2...2 mm lehet,
- a vizsgálat hőmérséklete 10...35°C legyen,
- a nyomófej felületét grafitos kenőanyaggal filmszerűen be kell vonni,
- a sorjamentes próbadarabot 10kN állandó szorítóerővel rögzítjük a gyűrűk között,
- a kiindulási helyzetben a nyomófej érinti a próbatestet, a mérőberendezés kijelzője 0 helyzetben áll,
- a mélyhúzást 5...20 mm/perc sebességgel, folyamatosan kell végezni,



- a repedést a vizsgálatútkörben kell figyelni, és a repedés megjelenésekor a mélyhúzás sebességet csökkenteni kell,
- az átszakadás kezdetének azt az állapotot kell tekinteni, amikor a próbatest mélyített részén, a teljes vastagságon áthatoló és annyira szétnyílt repedés képződik, amely a fényt teljes hosszában, vagy egy részén átengedi.



8. ábra. Az Erichsen-féle mélyhúzó vizsgálat

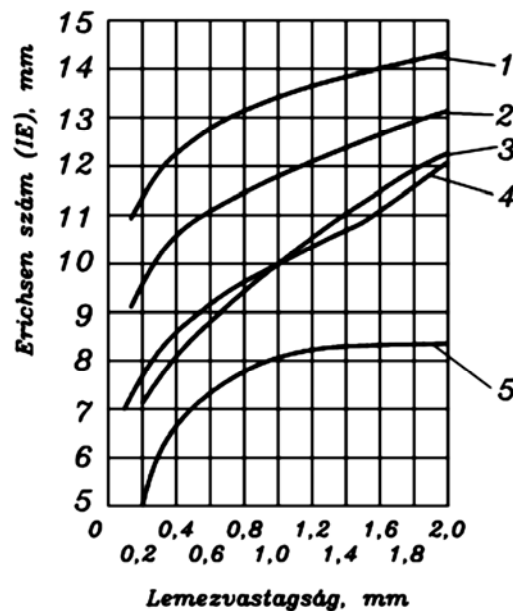
A mélyhúzhatóság mértéke az *Erichsen-szám*, a berepedésig elért húzási mélység,  $h$  (mm). Szabványos jelölése: IE (ha a húzógyűrű furatátmérője 27 mm). Az Erichsen mélyítési szám a lemezvastagsággal nő, ezért a mélyítési számhoz mindig meg kell adni, hogy milyen vastag lemezre vonatkozik.



9. ábra. A lemez átszakadásának kezdete

A húzógyűrű furatátmérője 5, 11, vagy 21 mm is lehet, amit indexben jelölni kell, pl. IE<sub>5</sub>, IE<sub>11</sub>, IE<sub>21</sub>.

Az eredmény az anyagfajtától, minőségtől, vastagságtól is függ. Az alábbi diagram különböző anyagfélék mélyhúzhatóságát ábrázolja az anyagvastagság függvényében.



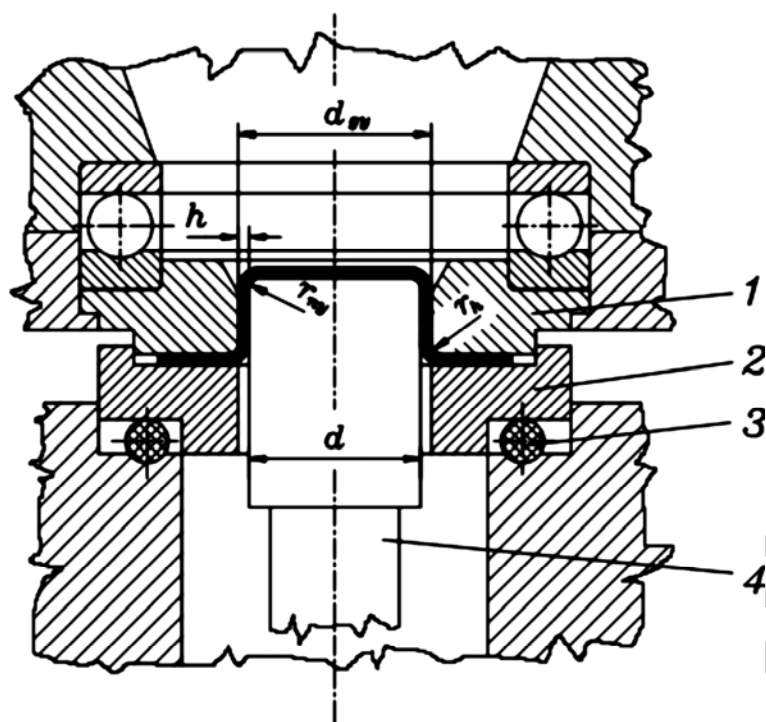
10. ábra. Különféle fémek mélyhúzhatósági görbéi

#### Csészehúzó vizsgálat:

A csészehúzó vizsgálat  $a=0,1 \dots 3$  mm vastag lemezek:

- mélyhúzhatóságának,
- maximális húzás fokozatának

a megállapítására szolgál.



11. ábra. Csészehúzó vizsgálat

A vizsgálat végrehajtásának menete:

- a vizsgálandó lemezből 2 mm-ként növekvő átmérőjű tárcsákat (64, 66, 68, 70, 72, 74 mm) vágunk ki,
- a vizsgálandó fémből kialakított tárcsákat meghatározott méretű ( $d=33\text{mm}$  átmérőjű), lekerekített élű, hengeres nyomófejjel egymás után, egyetlen művelettel csészévé húzzuk,
- a lemez mélyhúzzhatóságát a legnagyobb, még szakadás nélkül húzható tárcsaátmérő határozza meg.



12. ábra. A húzott csésze

A vizsgálat mérőszáma a még csészévé húzható tárcsa átmérője.

A csészék vizsgálata a lemez anizotrópiájáról is tájékoztatást ad, mivel ha a lemez anizotróp, a csésze fűlesedik.



13. ábra. Mélyhúzási hibák: fűlesedés

Anizotrópia: a hengerelt lemezek tulajdonságai a hengerlési irányban és arra merőlegesen eltérhetnek. A jelenség hőkezeléssel csökkenthető, ill. megszüntethető.



14. ábra. Mélyhúzási hibák: ráncosodás

### 1.5 Csövek vizsgálata

A varratnélküli csöveket a szilárdsági vizsgálaton kívül az üzemi körülményeknek megfelelő technológiai próbáknak is alá kell vetni. Ezek közül az alábbi vizsgálatok a legelterjedtebbek:

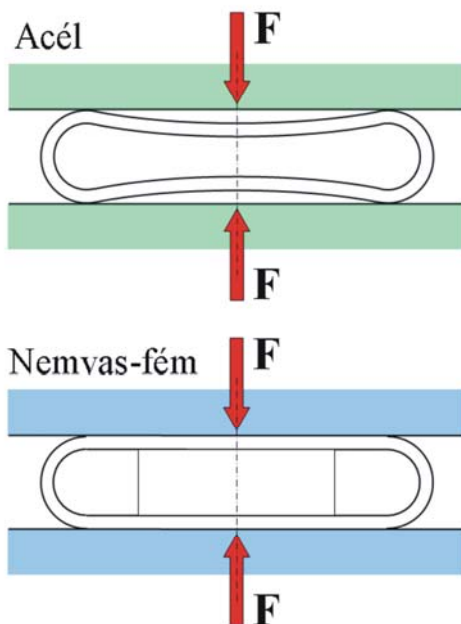
- víznyomáspróba,
- csőlapító próba,
- csőtágító próba,
- csőperemező próba,
- csőhajlító próba,
- gyűrűszakító próba.

#### Víznyomáspróba:

A vizsgálatot úgy kell elvégezni, hogy a csővégeket lezárva a cső belsejében nyomást hozunk létre. Az üzemi nyomásnál általában 50%-kal, ill. 100%-kal nagyobb, ún. próbanyomást a csőnek repedés és számottevő méretváltozás nélkül kell elviselnie.

#### Csőlapító próba:

Gyakran végeznek csöveken lapító próbát, amely a csövek hibáinak kimutatására alkalmas. Ez a próba 40 mm-ig van előírva olyan csövekre, amelynek falvastagsága az átmérőjük 15%-ánál kisebb. A vizsgálat során a  $D$  átmérőjű és  $h$  falvastagságú csövet vagy csőből levágott 10...100 mm hosszúságú gyűrűt (próbatestet) a hossz tengelyére merőleges irányban addig kell lapítani, amíg a nyomólapok közötti  $H$  távolság el nem éri az előírt értéket.

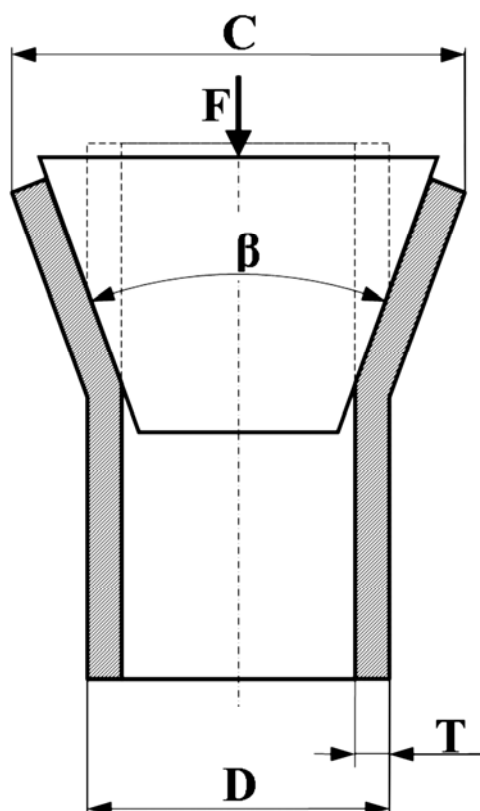


15. ábra. Csőlapító próba

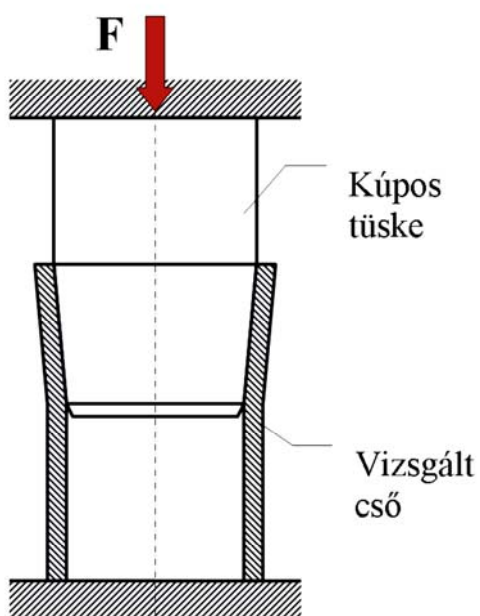
A lapítás teljes felfekvésig is végezhetjük, úgy hogy a belső felületek érintkezése legalább a lapított próbatest szélességének a felével legyen egyenlő. A vizsgálat max. 600 mm külső átmérőjű és az átmérő 15%-ánál nem nagyobb falvastagságú csöveken végezhető el.

#### Csőtágító próba:

A tüzelés- és a klimatechnikában alkalmazott csöveknél gyakran előfordul, hogy a csőkötés létrehozásához a csővégeket tágítani kell. A vizsgálattal a csövek ( $\varnothing 150$  mm-ig) képlékenyalakíthatósága dönthető el. A vizsgálatot változtatható sebességű vagy univerzális sajtológépen végezzük el. A tágítótüske sebessége nem haladhatja meg az 50 mm/perc értéket. A cső vagy a csőből vágott próbatest végét kúpos tuskével ( $30^\circ$ ,  $45^\circ$  vagy  $60^\circ$ , de használhatunk 1:10 vagy 1:20 kúposágú tuskét is) addig kell tágítani, amíg tágított cső legnagyobb külső átmérője el nem éri az előírt értéket. A vizsgálat eredménye akkor megfelelő, ha a próbatest tágított felületén nincsenek szabad szemmel látható repedések.



16. ábra. Csőtágító próba



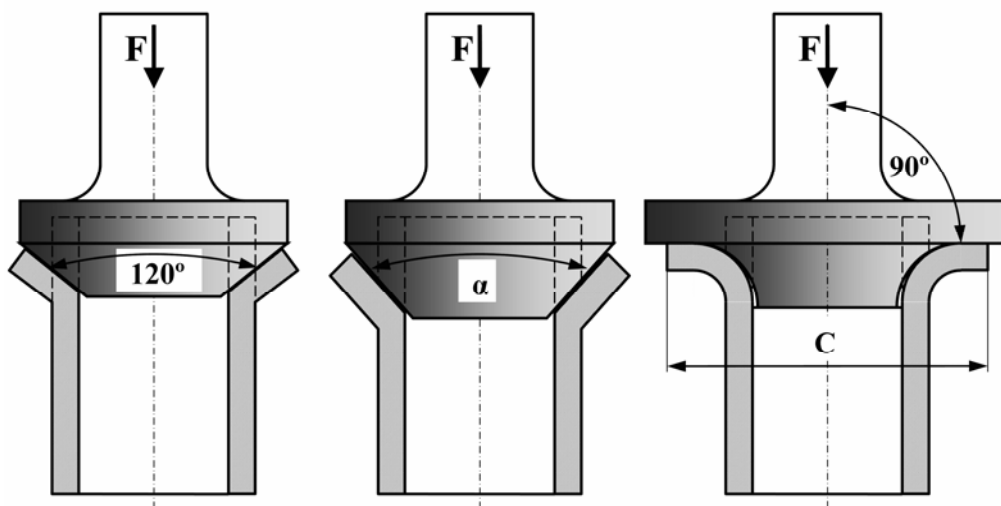
17. ábra. Csőtágító próba



### Csőperemező próba

Peremezett csövek vizsgálatára alkalmas eljárás a peremezési próba. Peremezéssel beépített csövek pl. fékcsovek minősítésére használják. A cső vagy a csőből levágott próbatest végén a cső hossz tengelyére merőleges síkban peremet kell kialakítani olyan mértékben, hogy a perem C külső átmérője elérje a szabványban előírt mértéket. A peremezéshez két tüskét kell használni:

- előperemező tüskét, amely kúpos kialakítású,
- peremező tüskét, amely
  - a cső belső átmérőjénél 1 mm-rel kisebb átmérőjű hengeres részből,
  - egy előírt sugarú átmenetből és,
  - a peremátmérőjével legalább megegyező méretű lapos részből áll.

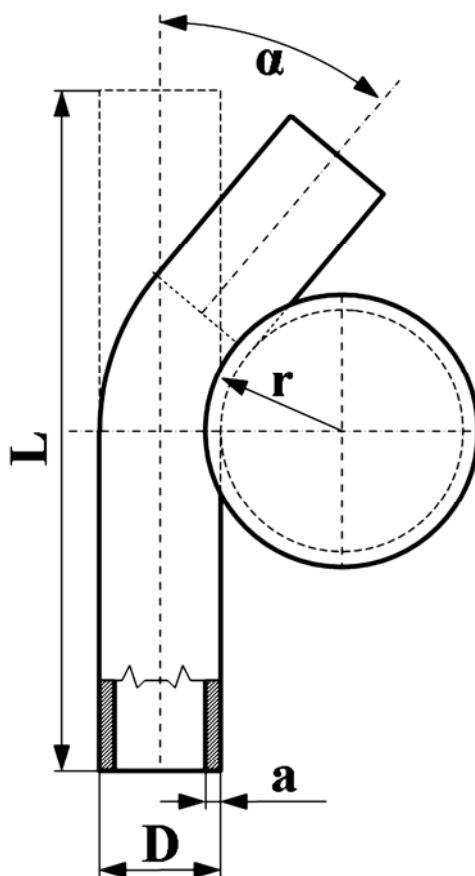


18. ábra. Csőperemező próba

A próbatestre ható tengelyirányú nyomással az előállított részből peremet kell kialakítani. A vizsgálat eredménye akkor megfelelő, ha a próbatest peremezett felületén nincsenek szabad szemmel látható repedések.

### Csőhajlító próba

A 60 mm-nél kisebb külső átmérőjű csövet (próbatestet) egy, a cső külső átmérőjének megfelelően kialakított görgő körül meghatározott  $\alpha$  szögig (általában  $\alpha=90^\circ$ ) lassan és folyamatosan kell hajlítani. A hajlítás  $r$  sugarát a termékre vonatkozó előírások határozzák meg.

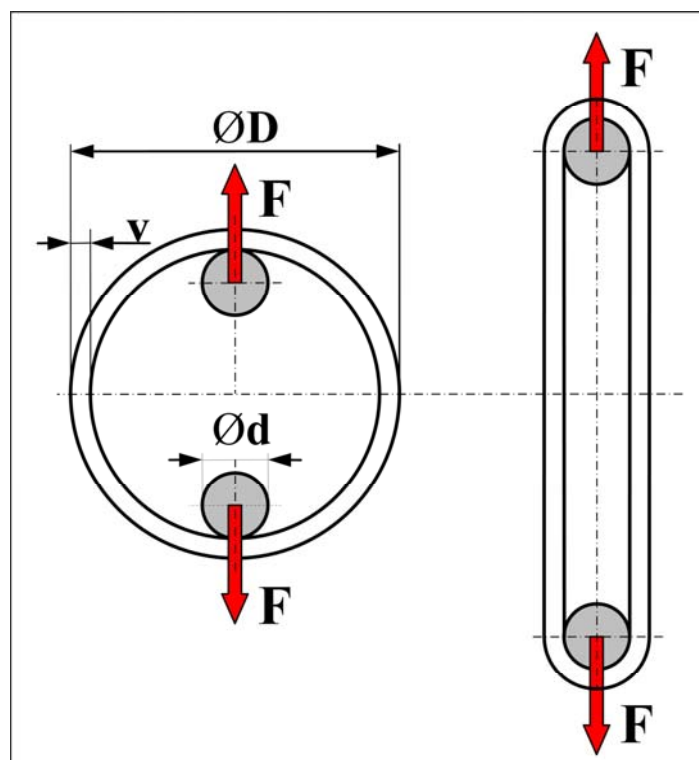


19. ábra. Csőhajlító próba

A vizsgálat eredménye akkor megfelelő, ha a meghajlított próbatesten szabad szemmel látható repedések, szakadások, torzulások nincsenek.

#### Gyűrűszakító próba

A vizsgálat csövek képlékenységének értékelésére, a felületi és a belső hibák kimutatására alkalmas. A vizsgálat 150 mm-nél nagyobb külső átmérőjű, és legfeljebb 40 mm falvastagságú csövek esetében alkalmazható. A csőből kivágott 15 mm szélességű gyűrűt párhuzamos tengelyű, körszelvényű csapokra helyezve sugárirányban, szakadásig terheljük. A terhelés sebessége legfeljebb 5 mm/s lehet.



20. ábra. Gyűrűszakító próba

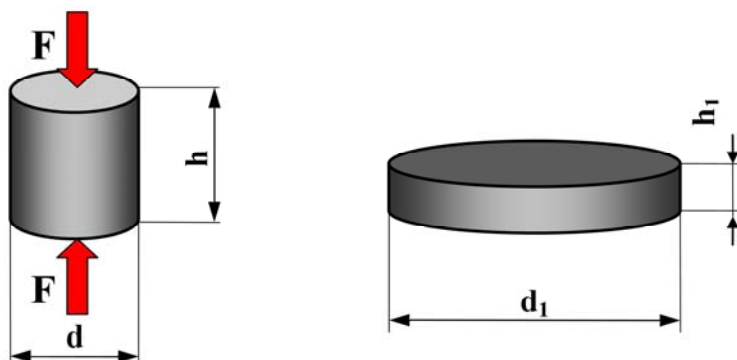
## 2. Melegalakíthatósági technológiai vizsgálatok

Célja: az acél alakíthatóságának és a szennyező elemek, főleg a kén okozta vöröstörékenységi hajlamának a meghatározása

### 2.1. Kovácsolhatósági próbák

#### Zömíthetőségi próba

A zömíthetőségi próba a kovácsolás technológiáját modellezi. Egyik célja az ún. vöröstörékenységi hajlam megállapítása. A vas és a vas-szulfid (FeS) eutektikumot alkot, a szemcsehatáron helyezkedik el és a kovácsolás hőmérsékleténél alacsonyabb hőmérsékleten (985 °C-on) már megolvad, így kovácsoláskor a kristallitok egymáson elcsúszhatnak. Az acél ausztenites alakítási állapotában viszont ridegnek mutatkozik, kielégítő alakváltozás nélkül berepedezik.



21. ábra. Zömíthetőségi próba

A zömítés mértéke:

$$x = \frac{h - h_1}{h} \cdot 100\%, \text{ ahol:}$$

$h$  – a próbatest kezdeti magassága,

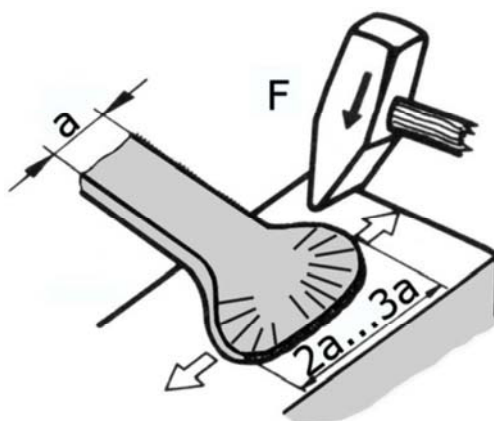
$h_1$  – a zömített próbatest magassága.

Lágycéloknál:  $h=2d$ ; egyéb fémeknél:  $h=1,5d$ . A  $d$  átmérőt 5...150 mm közötti méretre célszerű megválasztani.

A zömítés az első repedések megjelenéséig is végezhető. A duzzasztási próbát olyan anyagoknál alkalmazzák, ahol általában a magasság  $n=1/3$ -áig kell az anyagnak repedés nélkül kovácsolódnia (pl. szegecsanyagoknál, szegecselt hidak, tartályok, tartók, stb. esetén). A zömítő próba feltételeit, körülményeit (pl. hőmérséklet) szabvány írja elő.

#### Lapítópróba

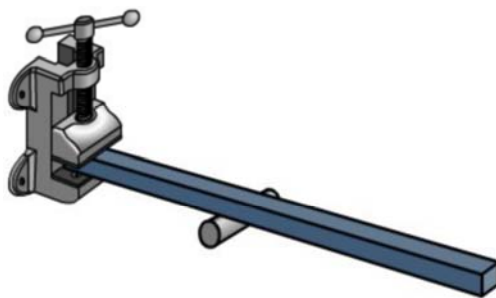
Ez a vizsgálat is a kovácsolhatóság technológiáját modellezi. Egy négyszög keresztmetszetű munkadarab egyik végét az alakítás hőmérsékletére felmelegítve mindaddig kovácsolják, amíg a széleken megjelennek a repedések.



22. ábra. Lapítópróba

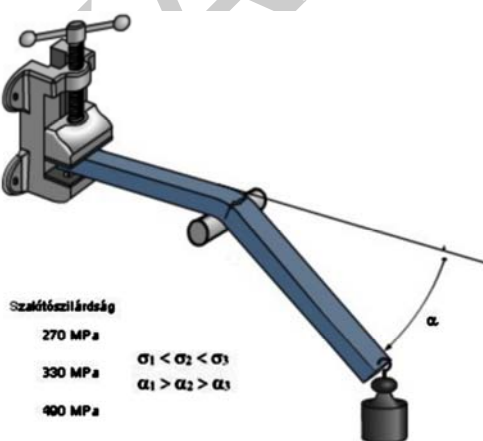
## 2.2. Hajlítópróba

Egy adott hőmérsékletű hajlítópróba eredménye egy meghatározott hajlítási szög repedésmentes elérése vagy az első repedés megjelenéséhez tartozó szög nagyságának meghatározása. A vizsgálatra kiválasztott munkadarabból, ill. az alapanyagból próbadarabot kell kimunkálni, melyen elvégezhető a hajlítópróba a szabványokban előírtak szerint.



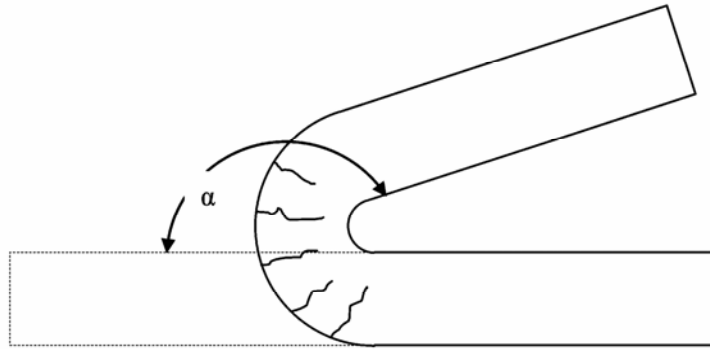
23. ábra. Hajlítópróba 1.

A hajlítópróba során következtetni lehet az anyag szilárdságára, szívósságára és alakváltozási képességére. Minél nagyobb egy anyag szilárdsága, általában annál ridegebb. Ezért a szakítószilárdság növekedésével a ridegebb lesz az anyag, vagyis kevésbé lehet alakítani. A hajlítópróba az egyik legalkalmasabb vizsgálat a vöröstörékenységi hajlam kimutatására.



24. ábra. Hajlítópróba 2.

Hajlításkor a próbadarab húzott oldalán az igénybevételre merőleges irányban repedések képződnek. Hengerlési technológiáknál (pl. profilok hengerlése) szembevető a húzott, de még a nyomott felületen is a nyújtás irányára merőleges repedések megjelenése.



25. ábra. Hajlítópróba – meghajlított próbadarab

### 2.3. Önthetőségi próbák

Fémről készült alakos testet leggyakrabban öntéssel állítanak elő, amikor a fémet tűzálló anyagból (homokból, kiolvadó viaszmintás kerámiából) vagy fémről készült formába (kokillába) öntik.

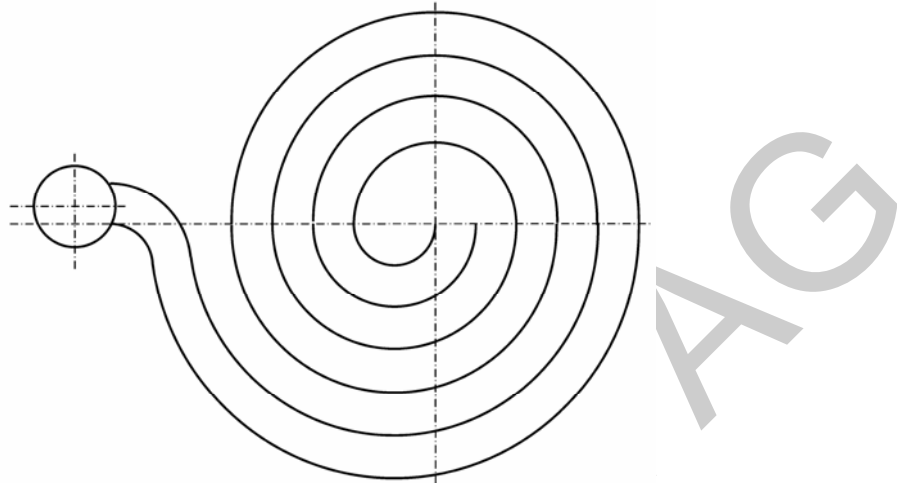
Az önthetőség a fémes anyag öntéssel való alakíthatóságára utal. Önthetőségen a megolvadt fém formakitöltő képességét értjük. Tágabb értelemben a jó önthetőség feltételeként további kritériumokat is megfogalmazunk:

- az öntvény a formát jól kitöltse,
- alacsony öntési hőmérséklet, kis dermedési hőköz,
- az anyag híg folyóssága,
- a megdermedés során kicsi legyen az öntvény zsugorodása,
- öntés után is kedvező tulajdonságokkal rendelkezzen,
- a dermedés során szabályozható szövetszerkezete legyen,
- az öntvény gázmentes legyen,
- kis reakcióképesség a forma anyagával.

Ez a megmunkálási mód a melegalakítások csoportjába tartozik, mert öntés előtt az anyagot olvadáspontjára kell hevíteni és addig kell tartani ezen hőfokon (vagy magasabban), amíg teljes egészében meg nem olvad. Utána formába öntik. Ahhoz, hogy az olvadék jól kitöltse a formát, az anyagnak híg folyósnak kell lennie. A híg folyósságot bizonyos anyagok hozzáadásával (ötvözéssel) növelni lehet.

Hűlés során az anyag zsugorodik mindaddig, amíg szobahőmérsékletre nem hűl. A zsugorodás nagysága főleg az anyag összetételétől függ. A dermedés során zsugorodási üregek keletkezhetnek, főleg nagyobb falvastagság esetén, de ennek veszélye csökkenthető irányított megszilárdulással, ami viszont belső feszültségeket, vetemedéseket és repedéseket okozhat. Ha az anyagnak a gáz elnyelő képessége nagy, akkor dermedéskor gázzárványok alakulhatnak ki, amelyek csökkentik az öntvény tömörségét.

A formakitöltés vizsgálatra magas olvadáspontú fémeket, illetve ötvözeteket homokba formázott spirálisba, az alacsony olvadáspontú fémeket ún. Courthy-féle kokillába öntik és vizsgálják a keletkezett öntvényt. A Courthy kokilla egy kifelé spirálisan bővülő forma, amelynek a közepébe öntik bele a megolvadt fémeket.



26. ábra. Az önthetőségi próba spirálisa

A spirális forma esetén a kitöltendő üreg trapéz keresztmetszetű. A formakitöltés, azaz az önthetőség mérőszáma az a cm-ben mért távolság, amennyit az olvadék a spirálisban kitölt. Ez a mérőszám jó összehasonlítási alapot nyújt a gyakorlat számára, mert minél nagyobb, annál jobb az adott fém formakitöltő képessége, azaz az önthetősége.

### HŐKEZELHETŐSÉGI (EDZHETŐSÉGI) VIZSGÁLATOK

Az acélok keménységét fokozó hőkezelések célja: az acél legnagyobb keménységének biztosítása.

Az acél martenzites állapotban a legkeményebb. A martenzit úgy érhető el, hogy az acélt homogén ausztenites állapotból a felső kritikus lehűlési sebességnél gyorsabban hűtjük. Ezt a hőkezelési műveletet edzésnek nevezzük.

Az edzés célja a martenzites szövetszerkezet biztosítása.

Az acélnek azt a tulajdonságát, hogy ausztenites állapotból a kritikus hűtési sebességnél nagyobb sebességgel hűtve martenzitessé tehető az acél edzhetőségének nevezzük.

Az edzett acélok a gyakorlatban nagy jelentőségűek, ezért az edzés vizsgálata nagyon fontos.

#### Az edzhetőség feltételei:

- a szövetszerkezet a hűtés megkezdésekor legyen ausztenites,



- a C tartalom legyen nagyobb, mint 0,2 %,
- a lehűlési sebesség legyen nagyobb, mint a kritikus hűtési sebesség.

#### Az átedzhetőség fogalma:

- ideálisan vagy teljesen átedződő szelvényátmérőnek nevezzük azt az átmérőt, amelynél az adott összetételű munkadarab teljes keresztmetszete martenzites lesz,
- átedződő szelvényátmérőnek nevezzük azt az átmérőt, amelynél az adott összetételű munkadarab magja 50%-ban martenzites, 50%-ban bénites lesz,
- a gyakorlatban az átedzhető szelvényátmérőt tekintjük edzhetőségi kritériumnak.

Bármilyen edzőközeget választunk is, az acél felülete mindenképpen gyorsabban hűl, mint a belső része. A darab belsejének hűlése annál inkább elmarad a felület hűtéséhez képest, minél nagyobb a darab keresztmetszete, illetve minél kisebb a hűtőközeg időegység alatti hőelvonása és az acél hővezető képessége.

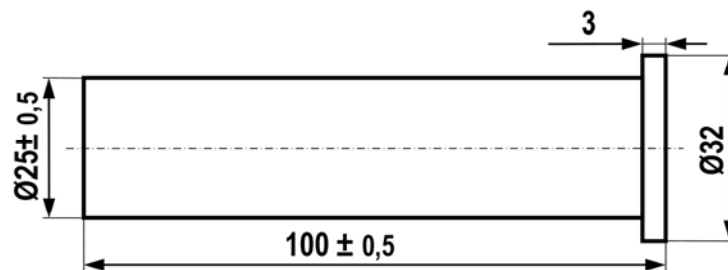
Az acél átedződő szelvényátmérőjét közelítő pontossággal kísérleti módszerekkel, illetve számítással meghatározhatjuk. Az acél átedzhetőségét jelentősen javítják a karbidképző ötvözők (Mn, Cr, Mo)

### 1. Jominy-féle véglapedzési próba

Az átedzhető szelvényátmérő meghatározásának egyik módszere a Jominy-féle véglapedzési próba. A próbával meghatározható a Jominy-görbe, amely a vízhűtésű véglaptól mért távolság függvényében adja meg a keménység változását a próbatest alkotója mentén. (26. sz. ábra)

#### **A próbatest alakja és méretei**

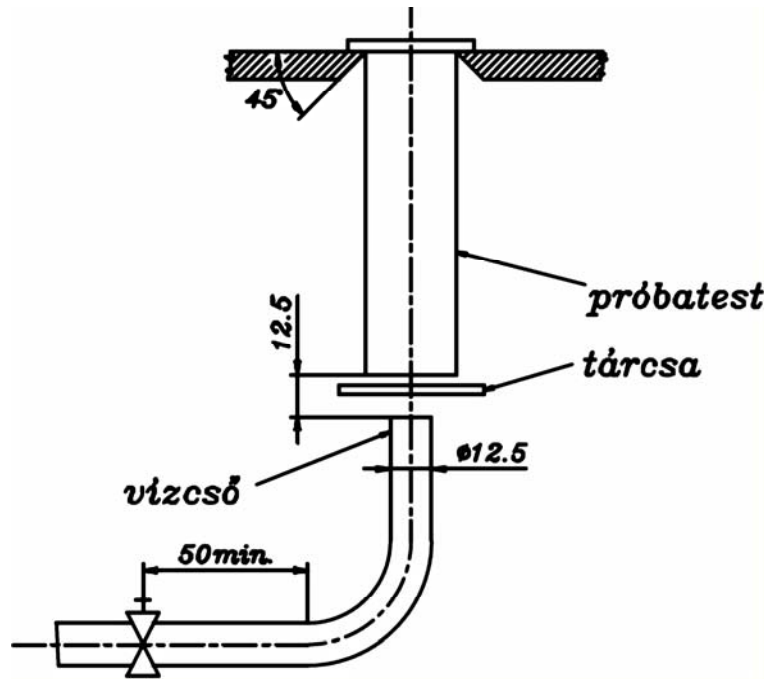
A minősítendő acéladagból Ø25x100mm-es próbát forgácsolnak. A befogó rész peremes vagy beszúrásos lehet. A hengeres felületet simító esztergálással, a véglap felületét finom csiszolással, sorja mentesen kell kialakítani a megfelelő áramlási körülmények miatt.



27. ábra. Jominy próbatest

### A véglapedzés menete

A 28. sz. ábrán lévő hűtőberendezés feladata a véglapedzés körülményeinek állandósítása. A vízvezető cső a gyorszáró csap után legalább 50 mm hosszú legyen az örvénymentes vízáramlás érdekében. A csőnyíláson a víz olyan állandó nyomású legyen, hogy a szabad vízszög magassága  $65 \pm 10$  mm-es tartományba essen! A próbatest véglapja és a cső közötti tárcsa a vízszög gyors ráadását, ill. elvételét teszi lehetővé. A próbatest megtartását és központosítását a peremével kapcsolódó tárgytartó lemez biztosítja.

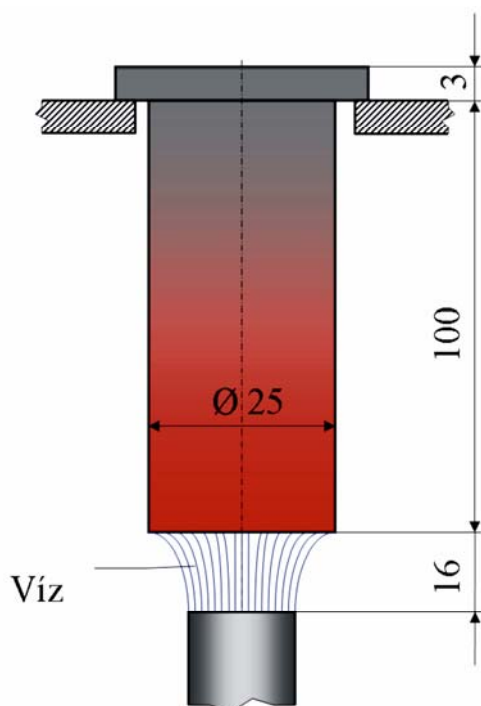


28. ábra. Jominy-féle véglapedzés

#### Hevítés:

A próbatestet a felületi oxidáció és a dekarbonizáció elkerülésére semleges atmoszférájú kemencében, vagy lágyacél tokban 30...40 perc alatt fel kell hevíteni az anyagra előírt hőmérsékletre, majd  $30 \pm 5$  percre hűtőtartani.

#### Edzés:



29. ábra. Jominy-féle véglapedzés

A próbatest véglapját folyamatosan vízsugárral hűtik (29. sz. ábra). A véglap a vízsugár hatására beedződik, a véglaptól távolodva a hűtési sebesség egyre csökken. Az edzési folyamattal szemben támasztott körülményei:

- a hűtővíz hőmérséklete 5...30 °C között legyen,
- a próbatest kemencéből történő kivétele és a vízhűtés megkezdése között eltelt időtartam max. 5 másodperc lehet,
- a vízsugár erőssége akkor megfelelő, ha a véglapról visszaverődő víz által befedett kör átmérője a csővég alatti síkon kb. 210 mm,
- a hűtés időtartama min. 10 perc legyen, majd hideg vízbe való merítéssel lehet teljesen lehűteni a próbatestet.

Keménységmérés é a Jominy-görbe megrajzolása:

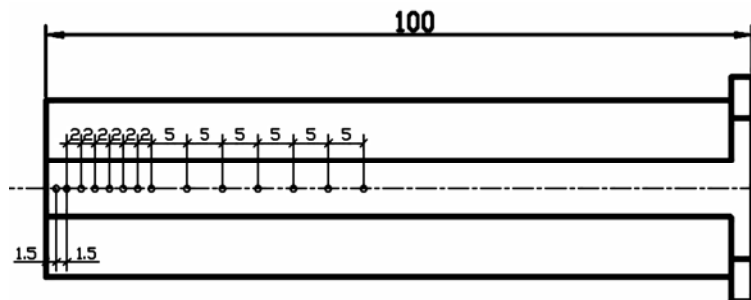
*Előkészítés:*

- a próba lehűtése után, két egymással átellenes alkotóján 0,4...0,5 mm mélységben síkfelületet kell köszörülni keménységmérés céljára,
- a köszörülésből származó esetleges lágyulás salétromsavas (salétromsav 5 térfogatszázalékos vizes oldata) maratással mutatható ki. A jól köszörült próbatest felülete megfeketedik a maratás hatására. A foltosság lágyulásra utal, ebben az esetben új síkokat kell köszörülni.

*Keménységmérés:*

A próbatest edződéséről legegyszerűbben keménységméréssel győződhetünk meg.

- a próbatestet olyan készülékbe kell befogni, amelyik azt jól rögzíti, és lehetővé teszi a mérési helyek állítócsavarral való pontos beállítását,
- a mérés HRC, vagy HV30 lehet,
- a keménységmérés célja a Jominy-görbe megrajzolása, ezért az első nyolc mérési pont távolsága a véglaptól 1,5; 3; 5; 7; 9; 11; 13 és 15 mm, a további pontok 5 mm-es távolságban követik egymást,

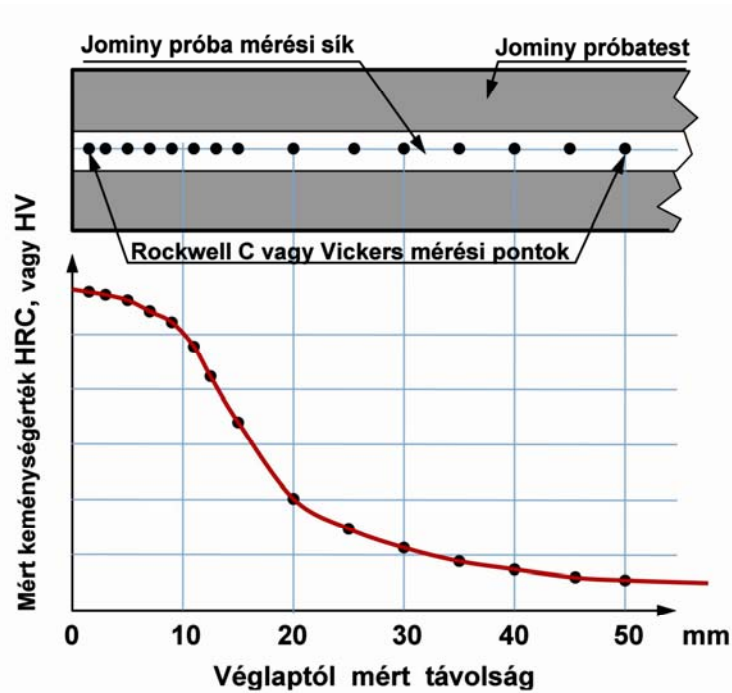


30. ábra. A próbatest és a mérési helyek

Pontos görbe megrajzolásakor vagy gyengén edzhető acélok esetében az első pont 1,5 mm-re, a többi 12 mm-es távolságig 0,75–0,75 mm-es szakaszokban követik egymást, majd a véglaptól számítva az utolsó négy pont 15; 19; 22 és 25 mm távolságban helyezkedjen el.

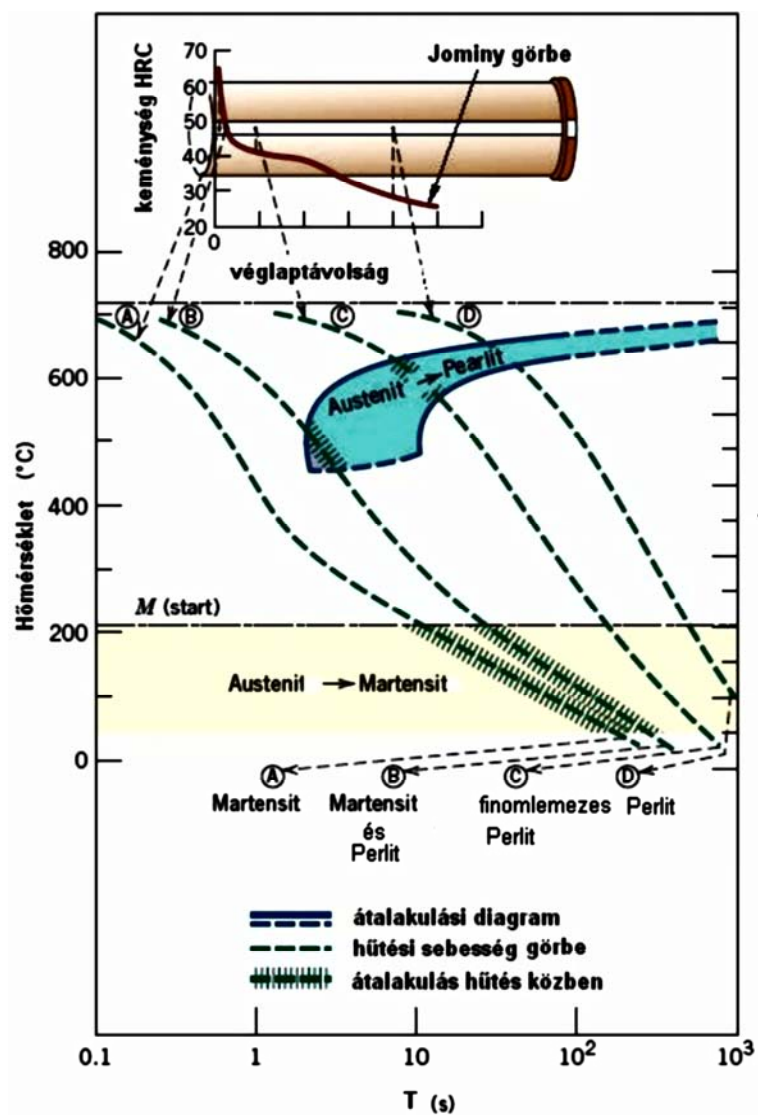
*A görbe felvétele:*

A próbatesten mért keménység értékeket a véglaptól való távolság függvényében ábrázolva egy görbét kapunk, amit Jominy görbének nevezünk (31. sz. ábra). A Jominy görbe a próbatest keménységét mutatja a véglaptávolság függvényében.



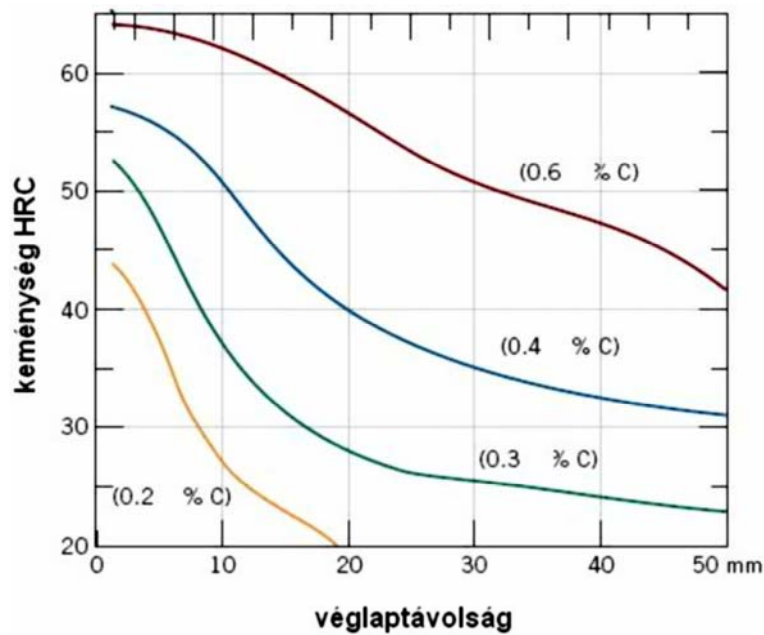
31. ábra. A próbatest és a mérési helyek

A próbatest hossza mentén a hűtési sebesség változik. A próbatest különböző pontjaihoz tehát a véglaptávolság függvényében különböző hűtési sebességeket rendelhetünk, melyeket a folyamatos hűtési görbébe berajzolva megkaphatjuk a mért keménység szerinti szövetszerkezetet. A 32. sz. ábrán jelölt A pont a próbatest véglapján található, mely a legnagyobb hűtési sebességgel hűlt. A C-görbén ezt a sebességet berajzolva a kialakult szövetszerkezet martenzit. A következő pont, a véglaphoz közeli B pont, de ez a pont már természetesen lassabban hűlt így a kialakult szövetszerkezet martenzit és perlit. Ugyanígy leolvasható a C és D pont, ahol finomlemezes perlit, illetve egyensúlyihoz közeli perlit képződik.



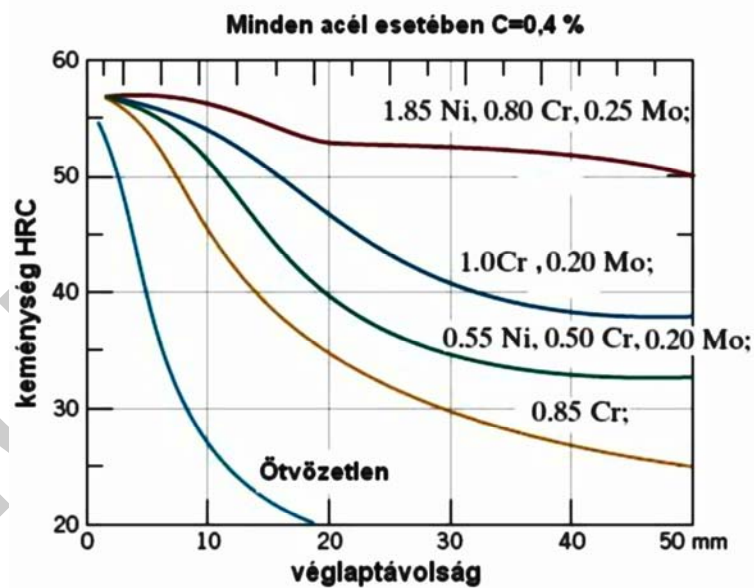
32. ábra. Jominy vizsgálat

Mivel a martenzit keménysége a karbontartalom függvénye, a különböző karbontartalmú ötvöztelen acélok Jominy görbéi hasonlóak egymáshoz, de a keménységük különböző.



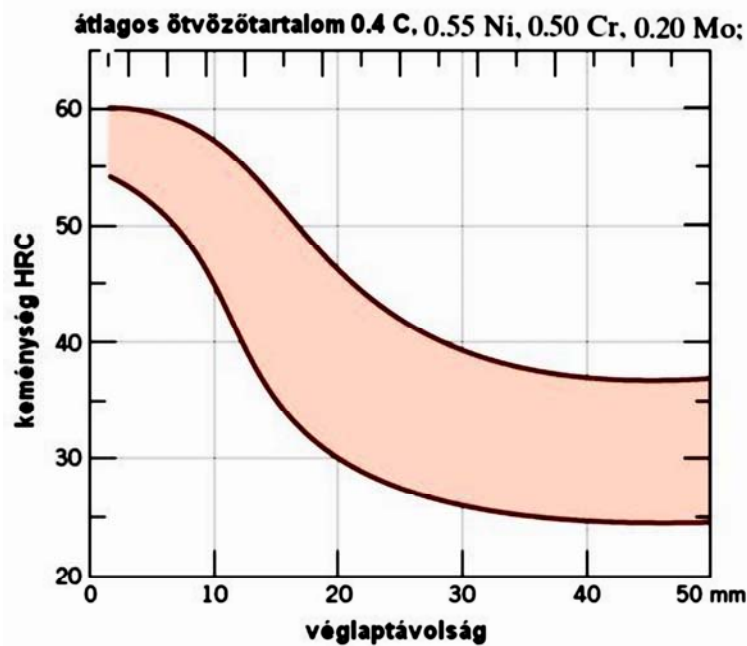
33. ábra. Különböző karbontartalmú ötvözetlen acélok Jominy görbéi

Az azonos karbontartalmú, de különbözően ötvözött acélok Jominy görbéi viszont a véglapon azonos keménységűek, de a véglaptávolság függvényében a keménységük eltérő.



34. ábra. Közel azonos karbontartalmú különbözően ötvözött acélok Jominy görbéi

Mivel az acélminőségek karbon-, ötvöző- és szennyező tartalma is „tól-ig” határértékkel van megadva, egy acélminőség nem jellemezhető egyetlen Jominy görbével, csak két görbe által határolt sávval. Az acélminőség valamennyi adagjának Jominy görbéje a sávba esik.



35. ábra. Jominy sáv

A jellemzőket az ún. edzhetőség mutatóval lehet kifejezni, amely egy J betűből és két azt követő számból áll a **J xx-d** formában. A jelölésben az:

- **J** – Jominy edzhetőségi próba ha a keménység HRC-ben van megadva,
- **JHV** – Jominy edzhetőségi próba ha a keménység HV30-ban van megadva,
- **xx** – a Rockwell-C (HRC) vagy Vickers-30 (HV30) keménység,
- **d** – az edzett véglaptól mért távolság.

Példák a jelölésre:

J45-10 – a véglaptól mért 10 mm-es távolságban a keménység 45 HRC

J50-5/10 – a véglaptól mért 5 és 10 mm-es távolságok között a keménység 50 HRC

J40/50-10 – a véglaptól mért 10 mm-es távolságban a keménység 40 és 50 HRC között van

JHV400-10 – a véglaptól mért 10 mm-es távolságban a keménység 400 HV30

## HEGESZTHETŐSÉGI VIZSGÁLATOK

A hegeszthetőség a fémek egyik alapvető technológiai tulajdonsága, ami az anyagi tulajdonságoktól, a szerkezettől és a hegesztéstechnológiától függ. Nincs olyan önálló vizsgálat, amelyik egyértelműen jellemezné és mérőszámmal kifejezhetné a hegeszthetőséget.

A hegesztett kötés legfontosabb helyi tulajdonságai:

- a szilárdság,



- a szívósság,
- a repedésérzékenység,
- a folytonosság.

A hegesztés sikerét sokféle körülmény befolyásolja, amelyek közül kiemelt fontosságúak:

- az alapanyag és a hegesztő anyag összetétele,
- a hegesztendő anyagok szerkezete, mérete,
- a hegesztési környezet,
- a hegesztési helyzet és hegesztési mód,
- a hegesztett szerkezetek kialakítása.

A sokféle befolyásoló tényező miatt a hegeszthetőség megállapítására többféle vizsgálatot el kell végezni.

## 1. Hegesztett kötések ellenőrzése és vizsgálata

A hegesztés sikere különböző módszerekkel vizsgálható, ellenőrizhető:

- roncsolásmentes vizsgálat,
- mechanikai vizsgálat,
- Hegesztéstechnológiai vizsgálatok,
  - metallográfiai (szövetszerkezeti) vizsgálat,
  - technológiavizsgálatok,
- hegeszthetőségi vizsgálat.

### 1.1. Hegesztett varratok roncsolásmentes vizsgálata

A roncsolásmentes vizsgálatok a próbadarabot, próbatestet, vagy készterméket roncsolás nélkül képesek ellenőrizni. A vizsgálatokat csak megfelelő szakképesítéssel rendelkező szakemberek végezhetik. A hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálatának célja lehet:

- a termék megfelelőségének ellenőrzése,
- egy szerkezet vagy szerkezeti elem adott üzemidő utáni állapot-ellenőrzése,
- a varrat felületi vagy belső állapotának vizsgálata,
- a varrat geometriai méreteinek ellenőrzése,
- a szerkezet vagy varrat tömörségének megállapítása.

A hegesztett varratok roncsolásmentes vizsgálata az alábbiak szerint osztályozható:

- szemrevételezéses (vizuális) ellenőrzés,
  - varratgeometria ellenőrzése,
- folyadékbehatolásos (penetrációs) vizsgálat,
- örvényáramos vizsgálat,
- mágneses repedésvizsgálat,
- radiográfiai vizsgálatok,
  - röntgen vizsgálat,

- gammasugár- (izotópos) vizsgálat,
  - ultrahang vizsgálat,
  - tömörségvizsgálat, nyomáspróba.

## 1.2. Mechanikai vizsgálatok

A hegesztett varratok és kötések mechanikai vizsgálatának célja a varrat, ill. kötés mechanikai jellemzőinek (szilárdság, szívósság, keménység, stb.), repedési érzékenysége, ridegtörési érzékenysége stb. meghatározása.

Hegesztett kötések mechanikai vizsgálatai:

- hegesztett tompakötések szakítóvizsgálata,
- hegesztett tompakötések hajlító vizsgálata,
- hegesztett tompakötések ütő hajlító vizsgálata,
- hegesztett tompakötések keménységvizsgálata,
- hegesztett kötések fárasztó vizsgálata.

## 1.3. Hegesztéstechnológiai vizsgálatok

### Hegesztett varratok metallográfiai vizsgálata

A metallográfiai vizsgálatok lehetővé teszik valamely fémes anyag szövetszerkezetének megismerését. A szövetszerkezet ismeretében következtetni lehet a fém előállítási módjára, hőkezeltégi állapotára, a hidegalakítás mértékére, stb.

A hegesztés miniatűr kohászati folyamatnak tekinthető, s ezért itt is érvényesek mindazok a kristálytani szabályok, melyek a fémkohászatban ismertek. Az alkalmazott hegesztési technológia jellemző a kialakuló varrat alakjára, a hegfürdő nagyságára, létidejére, stb.

Fémes és nemfémes zárványok egész sora keletkezhet a hegesztés során a varratban, ha nem csillapított acélt hegesztettek, ha nem volt kiszárítva az elektróda, megtisztítva a munkadarab, nem kielégítő a hegfürdő védelme, stb.

A metallográfiai vizsgálatok mindezekre adnak felvilágosítást.

### *Makroszkópikus vizsgálatok:*

A hegesztett kötés makroszkópikus vizsgálatának célja a varrat alakjának, a hőhatásövezet nagyságának, a varratban keletkezett makroszkópikus zárványok, repedések, gyökhibák, kötési hibák, stb. megállapítása.

A vizsgálathoz a varrat irányára merőlegesen metszetet, a metszetből csiszolatot készítenek. A varrat alakját maratással teszik láthatóvá.

### *Mikroszkópikus vizsgálatok*

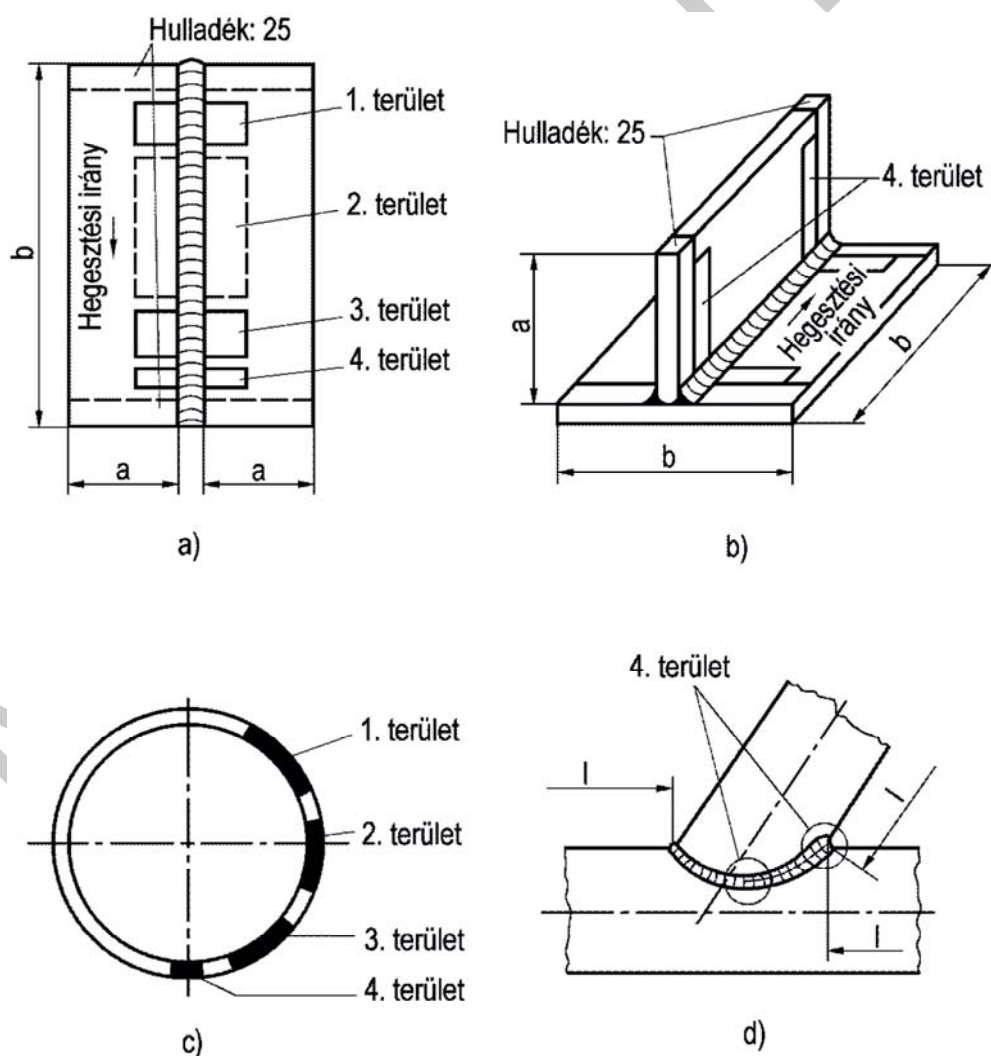
A mikroszkópikus vizsgálatra kerülő próbatestet hasonlóan kell előkészíteni, mint a makroszkópikus vizsgálatához. A csiszoláshoz célszerű gyémántpasztás, vagy elektrolitos fényesítést végezni.

Mikroszkópikus maratással a varrat hőhatásövezetei, fázisai és szövetelemei tehetők láthatóvá.

### Technológiavizsgálatok

A hegesztett termékek gyártásához előírt technológiavizsgálatot az aktuális szabványok előírásai szerint kell végezni és jóváhagyni. A technológiai vizsgálatokat adott alapanyaggal (alapanyagokkal) kell elvégezni, a jóváhagyás azonban anyagcsoportra vonatkozik.

A vizsgálatához előzetes hegesztési utasítást (pWPS) kell készíteni, majd ennek alapján és az általános üzemszerű gyártási (hegesztési) feltételek szerint próbadarabokat kell készíteni. A hegesztést az előírásoknak megfelelő végzettségű és tapasztalatú hegesztő végezheti.



36. ábra. Próbadarabok hegesztéstechnológiai vizsgálatokhoz

A próbadarabokból az ábrák jelölése szerint próbatesteket készítenek, melyekkel különböző vizsgálatot hajtanak végre, ezek:

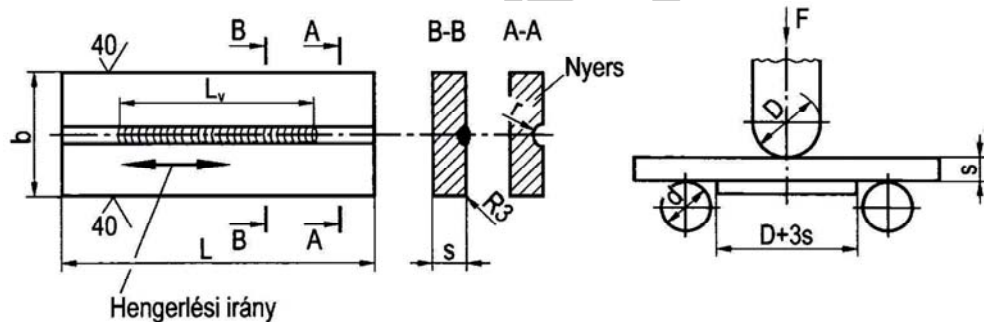
- 1. és 3. terület 1 db szakítópróbatest, hajlító próbatest,
- 2. terület ütő és kiegészítő próbatest (ha szükséges),
- 4. terület 1 db makrovizsgálati és 1 db keménységvizsgálati próbatest.

#### 1.4. Hegeszthetőségi vizsgálatok

A hegeszthetőség összetett fogalmi rendszeréből következik, hogy valamely fém hegeszthetőségét egyetlen vizsgálattal nem lehet megállapítani. A hegeszthetőségi vizsgálatok célja a vizsgálandó fém hegesztési alkalmasságának megállapítása, figyelembe véve a hegesztő eljárást, a hegesztő anyagokat, a hegesztési munkarendet, a fém tulajdonságait, stb.

##### Hernyóvarratos hajlítóvizsgálat (Kommerell-próba)

20 mm és annál vastagabb ötvözetlen és gyengén ötvözött szerkezeti acélok ráhegesztett hosszirányú hernyóvarrattal végzett vizsgálata. A hernyóvarratos hajlító-vizsgálat célja az acél tulajdonságainak és a hegesztési munkarend (hőbevitel) alkalmasságának ellenőrzése.

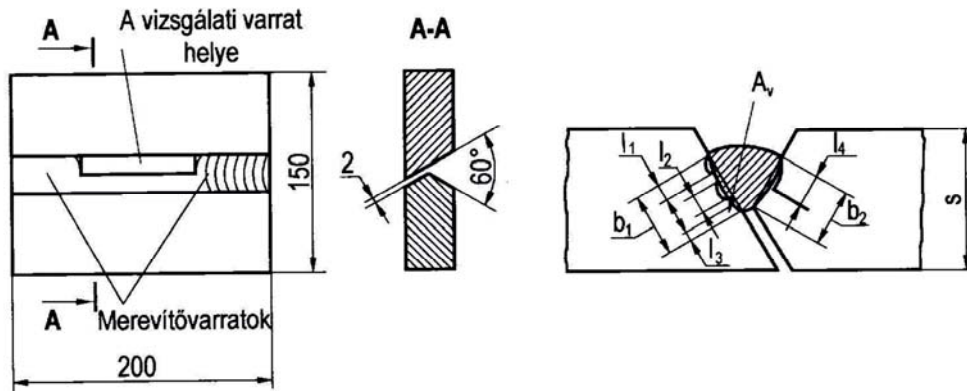


37. ábra. Hernyóvarratos hajlítóvizsgálat

A próbatest törésfelülete legfeljebb 50%-ban lehet rideg töretű ( $\alpha=1500/s$  hajlítási szögnél)

##### Hőhatásövezet repedési hajlamának vizsgálata

##### *Hegesztési repedésérzékenység (Tekken-próba)*

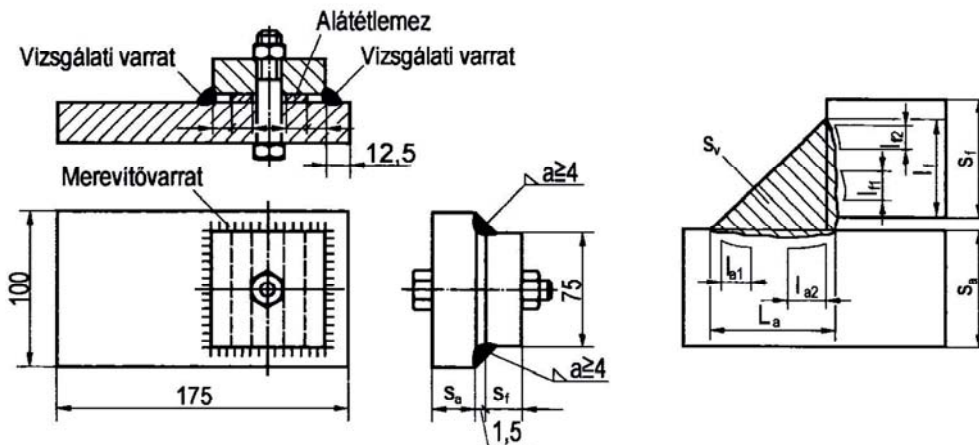


38. ábra. Hegesztési repedésérzékenység (Tekken-próba)

A hőhatásövezet legnagyobb keménységének ismeretében következtetni lehet a repedésérzékenységre.

#### Élsarokvarratos (CTS-próba) vizsgálat

Célja, az egy rétegben hegesztett sarokvarrat hőhatás övezeti repedési érzékenységének meghatározása.

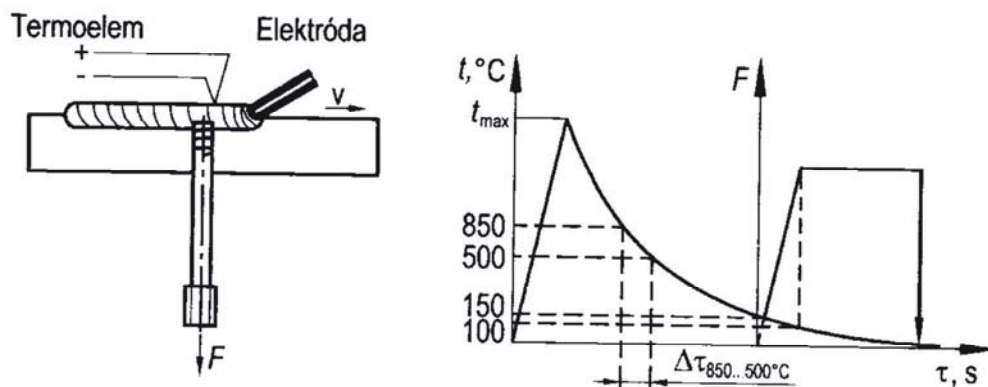


39. ábra. Élsarokvarratos (CTS-próba) vizsgálat

A próbadarabból próbatesteket készítenek, s a hőhatásövezet keménységének vizsgálatából következtetni lehet az anyag repedésérzékenységére.

#### Implant vizsgálat

A hegesztéskor fellépő hidegrepedési hajlamot határozzák meg. A szobahőmérsékletű vagy legfeljebb 250 °C-ra előmelegített alaplappba helyezett csapot a varrat 100...150 °C-ra lehűlt állapotában állandó erővel terhelik. Ha a próbatest a terhelés során nem reped meg, akkor a terhelést további 16 órán át folytatják. Ha ezután sem reped meg, akkor a terhelést növelve újabb vizsgálatot végeznek, és meghatározzák a repedést még nem okozó feszültséget.



40. ábra. Implant vizsgálat

### Diffúzióképes hidrogéntartalom meghatározása

A hidegrepedési hajlam megállapításához szükséges.

| diffúziós<br>hidrogéntartalmat jellemző |                          | heganyag diffúzióképes hidrogéntartalmának<br>mérőszáma, cm <sup>3</sup> /100g fém |                              |
|-----------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Csoport<br>jele                         | Mennyiség<br>megnevezése | Hozaganyagra<br>H2ha                                                               | Hegesztési eljárásra<br>H2he |
| H1                                      | Nagyon kicsi             | 5-ig                                                                               | 3-ig                         |
| H2                                      | Kicsi                    | 5 felett 10-ig                                                                     | 3 felett 6-ig                |
| H3                                      | Közepes                  | 10 felett 15-ig                                                                    | 6 felett 9-ig                |
| H3                                      | Nagy                     | 15 felett                                                                          | 9 felett                     |

### Törésmechanikai vizsgálatok

A törésmechanikai vizsgálatok célja a hegesztett szerkezetekben bekövetkező törések (képlékeny, fáradásos, rideg törés) okainak megállapítása, az acél rideg törési érzékenységének és rideg törési szívósságának meghatározása.

Az acélok képlékeny töréseinek feltételeire jó becsléseket lehet tenni, ezért a szerkezetek képlékeny törése könnyen elkerülhető. A fáradásos és a ridegtörés feltételeinek becslése bonyolult. Az ipari káresetek forrása a rideg és a fáradásos törés.

A hegesztett szerkezetek törési folyamatai a repedések keletkezésével és terjedésével függnek össze. A hegesztés a fémtani szerkezet megváltozásán keresztül a repedések keletkezésére és terjedésére egyaránt hatást gyakorol, a rideg törés viszont csak a repedés terjedésével függ össze.

#### *Hegesztési hőhatás övezet ütő-hajlító vizsgálata*

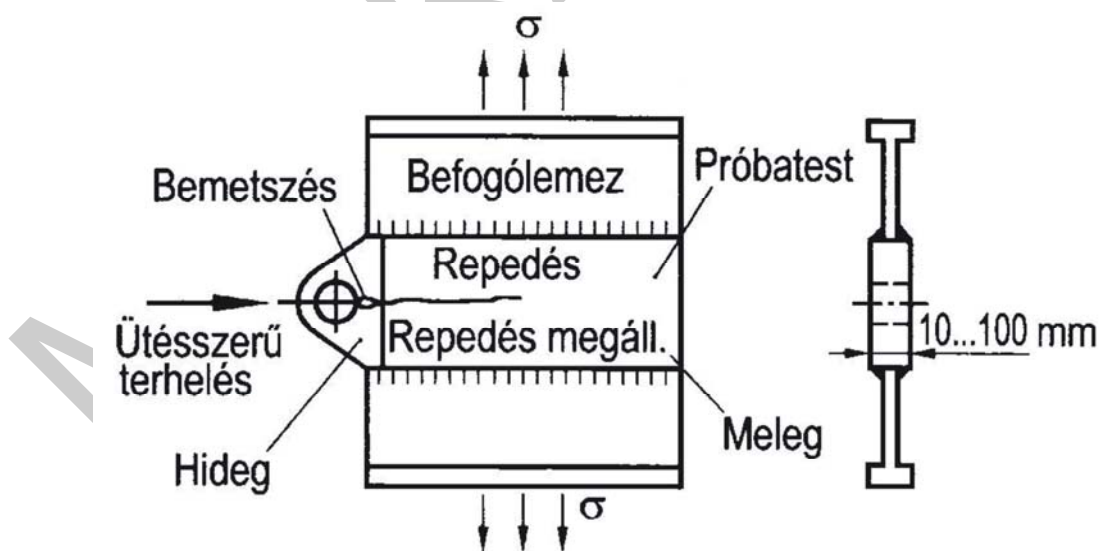
A vizsgálat célja a hegesztési folyamatoknál az acél rideg törési érzékenysége gyakorolt hatásának vizsgálata.

A vizsgálatot az alapanyag átmeneti hőmérsékletén, vagy annál nagyobb, de még vegyes törés szakaszához tartozó hőmérsékleten kell elvégezni. A vizsgálat során meg kell állapítani a hőhatásövezetnek azt a szakaszát, ahol az ütmunka a vizsgálati hőmérsékleten kisebb az alapanyagénál.

#### *Robertson vizsgálat*

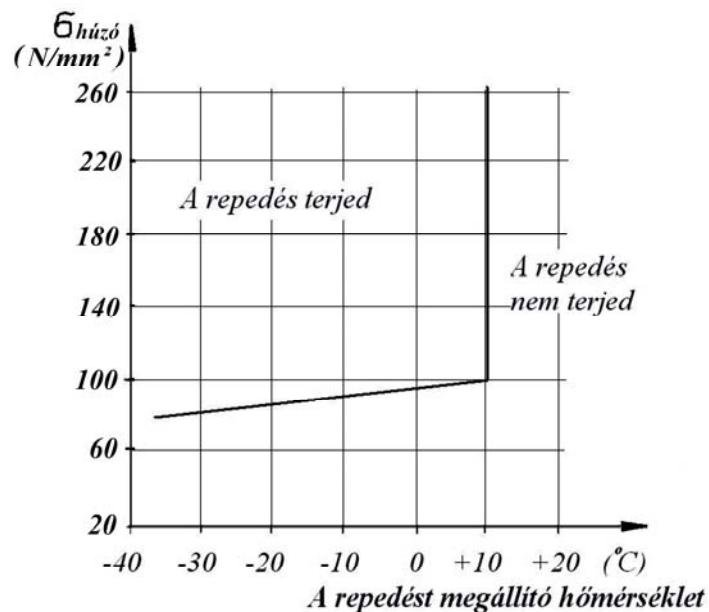
Robertson a vizsgálati próbaestjét úgy alakította ki, hogy a rideg törés bekövetkezésének feltételei a vizsgálatnál adottak legyenek (negatív üzemi hőmérséklet, többtengelyű feszültségi állapot, dinamikus igénybevétel, stb.). A vizsgálati próbatest egy vastagabb és két vékonyabb lemezből áll, amelyek négy helyen sarokvarrattal össze vannak hegesztve. A középső, vastag lemez kinyúló végén furat van, melyből repedés indul ki. A próbatest furattal ellátott végét kb.  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra hűtik, a vele ellentétes élt pedig kb  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra melegítik.

A vizsgálat úgy indul, hogy a furattal ellátott próbatestre ütest mérnek, amelynek hatására a mesterségesen kialakított repedés megindul, s valahol megáll.



41. ábra. Robertson vizsgálat

A vizsgálat során felvett diagramból megállapítható az a hőmérséklet, amelynél a repedés megáll, függetlenül a feszültség nagyságától. A kritikus hőmérséklet alatt a repedés terjedése a húzófeszültségtől függ.



42. ábra. Robertson vizsgálat diagramja

## 2. Egyéb vizsgálatok

A korrózióálló acélok kristályközi korróziós hajlamának vizsgálatához használt próbatesteket rézforgácsot tartalmazó kénsavas rézsulfát oldatban 24 órán át főzik. A próbatestek főzését követően hajlítóvizsgálatot végeznek úgy, hogy a vizsgálandó – korróziós közeggel érintkező – felület a húzott oldalon legyen. Kristályközi korrózióval szemben ellenálló a vizsgált próbatest, ha a húzott felületén nincsenek repedések. Ha korróziós hajlamra utaló repedések észlelhetők, akkor azok mélységét fémtani vizsgálattal kell meghatározni.

## FORGÁCSOLHATÓSÁGI VIZSGÁLATOK

A megmunkálhatóságot a mechanikai tulajdonságok mellett a forgácsleválasztás körülményei is meghatározzák. A megmunkálhatóságot ismert anyagok esetén szabványos szerszámokkal, kísérleti forgácsolással határozzák meg.

## TANULÁSIRÁNYÍTÓ

1. Sorolja fel, melyek az anyagok technológiai tulajdonságai?



2. Rajzolja le a 180°-os hajlítás lépéseit!
3. Ismertesse, hogy miről tájékoztatnak az anyag technológiai tulajdonságai?
4. Indokolja, hogy miért van szükség technológiai vizsgálatok előtt felület-előkészítésre?
5. Ismertesse, hogy milyen tulajdonságokról adnak felvilágosítást a hidegalakíthatósági technológiai próbák?
6. Ismertesse, hogy mi a hajlítópróba célja, és hány lépésben, milyen szerszámokkal végezhető el a művelet?
7. Ismertesse, hogy mire használják a gyűrűszakító próbát!
8. Sorolja fel, miről tájékoztatnak a lemezek mélyíthetőségi görbéi?
9. Indokolja, hogy mit edzhetőség szempontjából mit befolyásol az acél C tartalma?
10. Ismertesse, hogyan készítjük elő Jominy próbánál a próbatestet?
11. Ismertesse, hogy mi a különbség az anyag- és a technológiai vizsgálatok között?
12. Ismertesse, hogy mi a hajlítóvizsgálat célja?
13. Milyen vizsgálatot végez az, aki a Courthy-féle próbát hajt végre? Ismertesse a próba végrehajtásának menetét!
14. Ismertesse, hogy mi a célja a hegeszthetőségi vizsgálatoknak?
15. Zömítési próbánál a 60 mm-es próbadarabot 30 mm magasságúra zömítettük, amikor megjelentek az első repedések.
  - Mekkora a zömítés mértéke?
  - Ön szerint ez az anyag jól, feltételesen, vagy rosszul kovácsolható? Indokolja választát!
16. Mit takarnak az alábbi Jominy-próba azonosítók?
  - J32/40-30
  - JHV100-150/22
  - J57-3
17. Fogalmazza meg az átedzhetőség fogalmát?
18. Ismertesse, hogyan módosítják az ötvözők a Jominy görbe alakját adott C% esetén?
19. Ismertesse, hogy milyen próbákkal állapítható meg a fémlamezek mélyhúzhatósága?
20. Sorolja fel a hegeszthetőségi vizsgálatokat! Mire alkalmazzuk őket?

## ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

### 1. feladat

Mi az átedzhetőség?

---

---

### 2. feladat

Mi a technológiai vizsgálatok célja?

---

---

---

### 3. feladat

Hogyan csoportosíthatók a technológiai vizsgálatok?

---

---

---

### 4. feladat

Hogyan változik a Jominy görbe a C% növekedésével?

---

---

**5. feladat**

Mire ad választ a hegesztett kötésen végzett hajlítópróba?

---

---

---

**6. feladat**

Mi a az Erichsen-féle mélyhúzó eljárás elve és milyen próbatesten végezhető?

---

---

---

---

**7. feladat**

Hogyan határozható meg a mélyítés számértéke, hogyan adható meg a mélyítési szám?

---

---

---

**8. feladat**

Hogyan minősíthető csészehúzó vizsgálattal a fémlemez mélyhúzhatósága?

---

---

---

---

**9. feladat**

Mi a hajtogató vizsgálat eredménye?

---

---

---

**10. feladat**

Mi a huzalok csavaró vizsgálatának a célja?

---

---

---

**11. feladat**

Hogyan csoportosíthatók a csövek technológiai próbái?

---

---

---

**12. feladat**

Milyen céllal, és hogyan végezhető a lapítópróba?

---

---

---

**13. feladat**

Mire ad választ a tágító vizsgálat és hogyan végezhető?

---

---

**14. feladat**

Milyen lépésekből áll a peremező próba és mi a próba végeredménye?

---

---

## MEGOLDÁSOK

### 1. feladat

Ideálisan vagy teljesen átedződő szelvényátmérőnek nevezzük azt az átmérőt, amelynél az adott összetételű munkadarab teljes keresztmetszete martenzites lesz

Átedződő szelvényátmérőnek nevezzük azt az átmérőt, amelynél az adott összetételű munkadarab magja 50%-ban martenzites, 50%-ban bénites lesz

A gyakorlatban az átedzhető szelvényátmérőt tekintjük edzhetőségi kritériumnak

### 2. feladat

A technológiai vizsgálatok (technológiai próbák) célja az anyag alakíthatóságának, megmunkálhatóságának, azaz adott technológiára való alkalmasságának a meghatározása

### 3. feladat

alakíthatóságot megállapító vizsgálatok

– hidegalakíthatósági technológiai vizsgálatok

– melegalakíthatósági technológiai vizsgálatok

hőkezelhetőségi (edzhetőségi) vizsgálatok

hegeszthetőségi vizsgálatok

forgácsolhatósági vizsgálatok

### 4. feladat

Mivel a martenzit keménysége a karbontartalom függvénye, a különböző karbontartalmú ötvözetlen acélok Jominy görbéi hasonlóak egymáshoz, de a keménységük különböző, azaz hasonlóak, de egymás alatt helyezkednek el a Jominy-diagramon

### 5. feladat

A varrat alakváltozási készségére

**6. feladat**

A húzógyűrű és a szorítógyűrű közé befogott próbatestet gömbvégű nyomófejjel addig mélyítenek, amíg a próbatest a mélyítés helyén átszakad, azaz teljes keresztmetszetű repedés keletkezik.

a próbatest vastagsága 0,2...2 mm lehet, átmérőjét vagy szélességét úgy kell meghatározni, hogy a mélyített rész középvonala a próbatest szélétől legalább 45 mm legyen (min. Ø90 mm)

**7. feladat**

A mélyhúzhatóság mértéke az Erichsen-szám, a berepedésig elért húzási mélység,  $h$  (mm)

Szabványos jelölése: IE (ha a húzógyűrű furatátmérője 27 mm. Ha a húzógyűrű átmérője nem 27 mm, akkor alsó indexben jelölni kell. Pl.: IE21=10,1. Az Erichsen mélyítési szám a lemezvastagsággal nő, ezért a mélyítési számhoz mindig meg kell adni, hogy milyen vastag lemezre vonatkozik.

**8. feladat**

A lemez mélyhúzhatóságát a legnagyobb, még szakadás nélkül húzható tárcsaátmérő határozza meg

**9. feladat**

A hajtogatások számát az első 90°-ra történő hajlítás és további 180°-os hajlítások összege adja, de nem számítható be a repedést vagy törést közvetlenül előidéző hajtogatás

**10. feladat**

A csavaróvizsgálat során a huzalból készült próbatestet a tengelye körül egyik vagy mindkét irányban 360°-os vagy esetleg lépcsőzetesen növelt szögértékkel egy előre meghatározott N csavarási számig vagy törésig csavarunk

**11. feladat**

víznyomáspróba  
csőlapító próba  
csőtágító próba  
csőperemező próba  
csőhajlító próba  
gyűrűszakító próba

### 12. feladat

Csövek hibáinak kimutatására alkalmas. Ez a próba 40 mm-ig van előírva olyan csövekre, amelynek falvastagsága az átmérőjük 15%-ánál kisebb. A vizsgálat során a D átmérőjű és h falvastagságú csövet vagy csőből levágott 10...100 mm hosszúságú gyűrűt (próbatestet) a hossz tengelyére merőleges irányban addig kell lapítani, amíg a nyomólapok közötti H távolság el nem éri az előírt értéket

### 13. feladat

A vizsgálattal a csövek (Ø150 mm-ig) képlékeny alakíthatósága dönthető el. A cső vagy a csőből vágott próbatest végét kúpos tuskével (30°, 45° vagy 60°, de használhatunk 1:10 vagy 1:20 kúposágú tuskét is) addig kell tágítani, amíg tágított cső legnagyobb külső átmérője el nem éri az előírt értéket. A vizsgálat eredménye akkor megfelelő, ha a próbatest tágított felületén nincsenek szabad szemmel látható repedések

### 14. feladat

Az előperemező tuskével kúpos végkialakítást hajtunk végre, majd a peremátmérőjével legalább megegyező méretű lapos résszel megadott átmérőjű peremet képezünk. A vizsgálat eredménye akkor megfelelő, ha a próbatest peremezett felületén nincsenek szabad szemmel látható repedések



## IRODALOMJEGYZÉK

### FELHASZNÁLT IRODALOM

Bagyinszki Gyula – Galla Jánosné – Harmath József – Jurcsó Péter – Kerekes Sándor-Tóth László: Mérési gyakorlatok – KIT Képzőművészeti Kiadó és Nyomda Kft – Budapest 1999

Benki Lajos: Alapmérések II. (Anyagvizsgálatok)– Dinastia Kiadó–Ház Rt.; Budapest, 2000

Frischherz – Skop: Fémtechnológia 1.– B+V Lap- s Könyvkiadó; Budapest, 1997

Dr. Gáti József: Hegesztési zsebkönyv – COKOM Kft., Miskolc, 2003

Gregor Béla – Simon Győző: Műszaki mérések – Műszak Könyvkiadó – Budapest; 2004

Dr. Márton Tibor – Plósz Antal – Vincze István: Anyag- és gyártásismeret a fémipari szakképesítések számára; KIT Képzőművészeti Kiadó és Nyomda Kft – Budapest

Nádasy Ferenc: Alapmérések – Anyagvizsgálatok – Nemzeti Tankönyvkiadó – Budapest; 2001

Dr. Zorkóczi Béla: Metallográfia és anyagvizsgálat; Tankönyvkiadó; Budapest, 1980

### AJÁNLOTT IRODALOM

Bagyinszki Gyula – Galla Jánosné – Harmath József – Jurcsó Péter – Kerekes Sándor-Tóth László: Mérési gyakorlatok – KIT Képzőművészeti Kiadó és Nyomda Kft – Budapest 1999

Benki Lajos: Alapmérések II. (Anyagvizsgálatok)– Dinastia Kiadó–Ház Rt.; Budapest, 2000

Nádasy Ferenc: Alapmérések – Anyagvizsgálatok – Nemzeti Tankönyvkiadó – Budapest; 2001

Gregor Béla – Simon Győző: Műszaki mérések – Műszak Könyvkiadó – Budapest; 2004

A(z) 0225-06 modul 010-es szakmai tankönyvi tartalomeleme  
felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

| A szakképesítés OKJ azonosító száma: | A szakképesítés megnevezése |
|--------------------------------------|-----------------------------|
| 31 521 02 0000 00 00                 | CNC-forgácsoló              |
| 31 521 09 1000 00 00                 | Gépi forgácsoló             |
| 31 521 09 0100 31 01                 | Esztergályos                |
| 31 521 09 0100 31 02                 | Fogazó                      |
| 31 521 09 0100 31 03                 | Fűrészipari szerszámélező   |
| 31 521 09 0100 31 04                 | Köszörűs                    |
| 31 521 09 0100 31 05                 | Marós                       |
| 33 521 08 0100 31 01                 | Székaforgácsoló             |
| 33 521 08 0000 00 00                 | Szerszámkészítő             |

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:  
30 óra

MUNKANYAG

A kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv  
TÁMOP 2.2.1 08/1–2008–0002 „A képzés minőségének és tartalmának  
fejlesztése” keretében készült.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap  
társfinanszírozásával valósul meg.

Kiadja a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet  
1085 Budapest, Baross u. 52.

Telefon: (1) 210–1065, Fax: (1) 210–1063

Felelős kiadó:  
Nagy László főigazgató