



## Varratok vizsgálata és minősítése

1

### A hegesztett szerkezetekkel szemben támasztott követelmények

**Műszaki követelmények:** mechanikai vagy hőigénybevétel szembeni ellenállás, tömörség, stb.

**Egyéb követelmények:** gazdaságosság, esztétika stb.

Műszaki követelmények **ellenőrzése** irányulhat:

- az alapanyagra,
- a szerkezeti kialakításra,
- a gyártásra.

A termék létrehozásának **előírásokkal szabályozható** részei:

- a tervezés,
- az alapanyag,
- a hegesztéstechnológia (eljárás, hegesztőanyag, munkarend, gyártóeszköz),
- az ellenőrzés (vizsgálat, értékelés, minősítés),
- a gyártást irányító és végző szakemberek,
- a gyártótér (raktározás, anyagmozgatás).

2

# Acélszerkezetek ömlesztőhegesztéssel készített kötéseinek és szerkezeti elemeinek gyártási követelményei (MSZ 6442)

- Besorolás és általános követelmények
    - ◆ A szerkezeti elemek besorolása
    - ◆ Általános követelmények
  - Anyagminőségi követelmények
    - ◆ Alapanyagok
    - ◆ Hegesztőanyagok
  - A hegesztett kötések követelményei
    - ◆ Tompavarratos kötések
    - ◆ Sarokvarratos kötések
  - Hegesztéstechnológiai követelmények
    - ◆ Alapkövetelmény
    - ◆ Előzetes technológiai vizsgálat
  - Hegesztőkre vonatkozó követelmények
    - ◆ A hegesztők ellenőrzési módszere
    - ◆ A hegesztők ellenőrző vizsgálata
  - A gyártási terv
- Gyártási követelmények
    - ◆ Általános gyártási követelmények
    - ◆ A hegesztés előkészítése
    - ◆ A hegesztés végrehajtása
    - ◆ Előmelegítés
    - ◆ A hegesztést követő munkák
    - ◆ A hegesztési hibák javítása
  - Vizsgálatok
    - ◆ A technológia előzetes vizsgálata
    - ◆ A hegesztők üzemi ellenőrzése
    - ◆ A gyártásellenőrző próbadarabok vizsgálata
    - ◆ Roncsolásos vizsgálati módszerek
    - ◆ A hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata
    - ◆ A vizsgálati eredmények értékelése
  - Minősítés

3

## Besorolás és általános követelmények

- **Különleges** követelményű szerkezeti elemek:
  - ◆ Külön előírt követelményeket is ki kell elégíteniük.
- **Fokozott** követelményű szerkezeti elemek:
  - ◆  $4 < f \leq 11$ ;
  - ◆ C vagy D anyagminőség;
  - ◆ gyártástechnológia miatt előmelegítés szükséges;
  - ◆  $\sigma_{B, \min} = 430 \dots 490 \text{ N/mm}^2$ .
- **Általános** követelményű szerkezeti elemek:
  - ◆  $f \leq 4$ ;
  - ◆ legfeljebb B anyagminőség;
  - ◆ nincs előmelegítés;
  - ◆  $\sigma_{B, \min} < 430 \text{ N/mm}$ , II és / vagy III tervezett varratminőség.
- **Csekély** követelményű szerkezeti elemek:
  - ◆ számottevő igénybevétel nélküli, erőtani számítást nem igénylő elemek.
- **Általános követelmények:**
  - ◆ A hegesztett szerkezetet (jóváhagyott) terv szerint kell készíteni.
  - ◆ A kivitelezőnek gyártástechnológiai tervet kell készíteni.
  - ◆ Gyártási naplót kell vezetni.

4

## A tompavarratos kötések mechanikai követelményei

Az alapanyag szilárdsági csoportja		37-es és 45-ös	52-es
A hegesztett kötés szakítószilárdsága legalább	Az alapanyag legkisebb előírt szakítószilárdsága		
A varrat heganyagának keménysége legalább		140 HV 10	160 HV 10
A hőhatásövezet keménysége legfeljebb	300 HV 10		
A hegesztett tompakötés hajlítási szöge hajlításkor, ha a varratminőség	IA, IB, IC, ID	120°	
	II	120°	
	III	90°	
A hegesztett kötés hajlítóvizsgálatok a nyomótest átmérője	2 s mm		
A varrat ütőmunkája KV legalább	27 J		
A varrat ütővizsgálatának hőmérséklete	Meggyezzik az alapanyagéval.		
A hegesztett tompakötés lüktető szilárdsága legalább, ha a varratminőség	IA	170 N/mm <sup>2</sup>	
	IB	150 N/mm <sup>2</sup>	
	IC	120 N/mm <sup>2</sup>	
	ID	950 N/mm <sup>2</sup>	

5

## A tompavarratos kötések egyéb követelményei (1)

Varratminőség	IA	IB	IC	ID	II	III
A varratszél hajlásszöge legalább	180°	150°	130°	120°	120°	90°
A varratdudor magassága legfeljebb	-	1,5 mm vagy 0,1 <i>b</i>	2,0 mm vagy 0,2 <i>b</i>	2,5 mm vagy 0,25 <i>b</i>	3,0 mm vagy 0,25 <i>b</i>	4,0 mm vagy 0,3 <i>b</i>
A megmunkálás (IA) vagy a szegélykiolvadás (IB - III)	teljes hossz-szon megmunkált					
- hossza legfeljebb		1 s	2 s			
- mélysége legfeljebb	0,5 mm	0,5 mm	0,7 mm	1,0 mm	1,0 mm	1,5 mm
- keresztmetszet hiány legfeljebb	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %	10 %
Egyenlőtlen varratfelületből ( <i>F<sub>b</sub></i> ) származó keresztmetszeti hiány legfeljebb	-	5 %	5 %	5 %	5 %	10 %
Illesztési hiba és külpontosság legfeljebb	0,5 mm vagy 0,05 s	0,5 mm vagy 0,05 s	0,7 mm vagy 0,07 s	1,0 mm vagy 0,1 s	1 mm +0,1s de max. 3 mm	1 mm +0,1s de max. 5 mm
Gömbszerű, térfogatjellegű folytonossági hiány: <i>Aa, Ab, Ba, Bc</i>	2 mm	3 mm	4 mm	4 mm	4 mm	5 mm
- hossza legfeljebb	vagy 0,2 s	vagy 0,2 s	vagy 0,25 s	vagy 0,25 s	vagy 0,3 s	vagy 0,4 s
- viszonylagos területe legfeljebb	1 %	2 %	4 %	8 %	8 %	10 %
Nyújtott, térfogatjellegű folytonossági hiányok: <i>Ac, Ae, Bb</i> hossza legfeljebb	5 mm vagy 0,5 s	10 mm vagy 1 s	15 mm vagy 2 s	3 s	4 s	5 s

6

A táblázat folytatódik-

## A tompavarratos kötések egyéb követelményei (2)

Varratminőség	IA	IB	IC	ID	II	III
Szabálytalan átfolyás <i>Fa</i>						
- hossza legfeljebb	-	0	10 mm	2s		
- magassága legfeljebb	-	0	1mm+0,6b	1mm+0,6b	3 mm	4 mm
Homorú varratgyök, <i>Da</i>						
- hossza legfeljebb	-	1s				
- mélysége legfeljebb	-	1 mm vagy 0,05s	1,5 mm vagy 0,1s	2 mm vagy 0,15s	2 mm vagy 0,15s	3 mm vagy 0,2s
Gázzárvány halmaz, <i>Ad</i>						
- viszonylagos területe legfeljebb	0 %	5 %	10 %	15 %	15 %	20 %
Kötéshiba, <i>C</i>						
- hossza legfeljebb	-	0	0	1s	1s	2s
Gyök összeolvadási hiány, éles bemetszéssel, <i>Db</i> , hossza legfeljebb	-	0	10 mm vagy 1s	1s	1s	2s
Gyök összeolvadási hiány, <i>Dc</i> , hossza legfeljebb	-	10 mm	15 mm	2s	2s	4s
Repedés, <i>E</i>	nem megengedett					
Radiográfiai vizsgálattal ellenőrzendő varrat-hossz legalább	100 %	100 %	20 %	10 %	5 %	-

7

## A sarokvarratos kötések mechanikai követelményei

Az alapanyag szilárdsági csoportja	37-es	45-ös	52-es
A varrat heganyagának keménysége legalább	140 HV 10		160 HV 10
A hőhatás-övezet keménysége legfeljebb	300 HV 10		
A varrat ütőmunkája KV legalább	27 J		
A varrat ütőmunkájának hőmérséklete	Megegyezik az alapanyagéval		

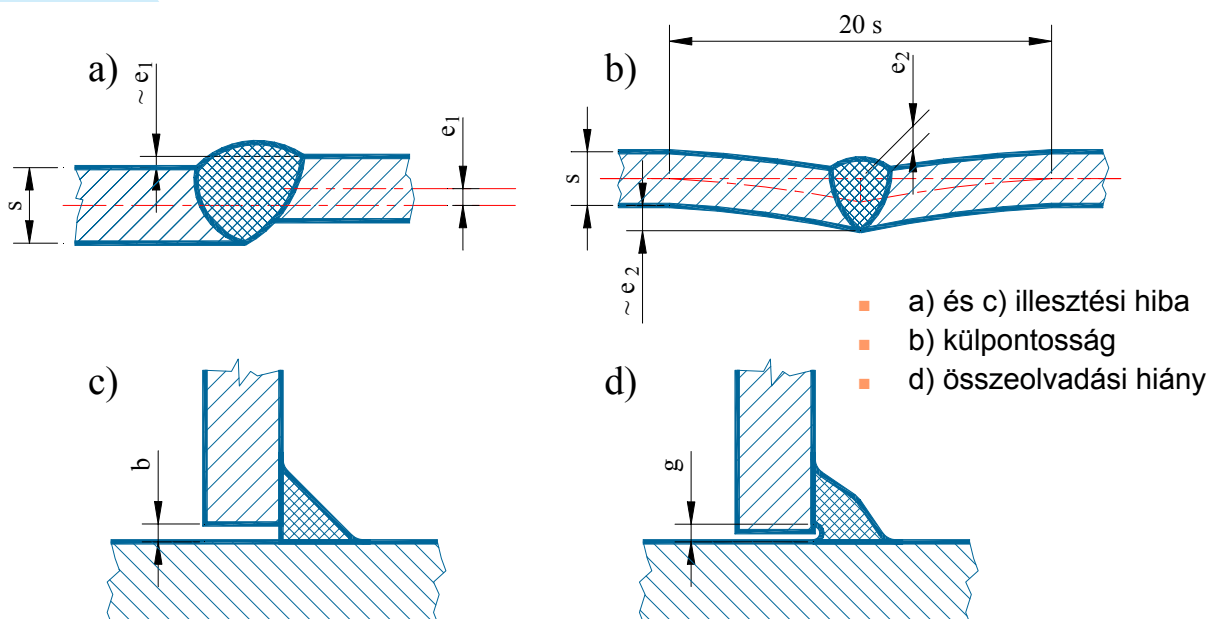
8

## A sarokvarratos kötések egyéb követelményei

Varratminőség		IA	I	II	III
A varratméret türése	átlagosan	A tervben előírtnál kisebb nem lehet			
	helyileg	+ 15... - 10%, de $\leq + 1,0... - 0,5$ mm		- 20 %	
Illesztési hézag legfeljebb	átlagosan	$0,2 a$ de $\leq 0,5$ mm		$0,2 a$ de $\leq 1,0$ mm	
	helyileg	$0,4 a$ de $\leq 1,0$ mm		$0,4 a$ de $\leq 2,0$ mm	
Összeolvadási hiány legfeljebb	átlagosan	$0,2 a$ de $\leq 0,5$ mm		$0,2 a$ de $\leq 1,0$ mm	
	helyileg	$0,4 a$ de $\leq 1,0$ mm		$0,4 a$ de $\leq 2,0$ mm	
A varratfelület minősége		Sima, enyhén pikkelyezett			
Varratkezdések és végkráterek, beleértve az elektródaváltások és javítások helyét is	Megmunkált	Gondosan áthegesztve			
A varratszegély minősége	Megmunkált	Nyers, folytonos átmenettel az alapanyagba			
A megmunkálás ill. a szegélykiolvadás mélysége legfeljebb		0,5 mm		0,8 mm	1,0 mm
Szelvénykeresztmetszet-csökkenés a szegélykiolvadás keresztmetszetében legfeljebb		5 %			10 %
A folyadékpenetrációs és mágneses repedésvizsgálatok módja és mennyisége		A gyártmányra vonatkozó szabványok, szabályzatok vagy tervezői előírások szerint.			

9

## Egyes hibák értelmezése



10

## A gyártási terv

ki kell terjednie:

- ◆ a lezábrásra,
- ◆ az élkialakításra,
- ◆ a gyökhézagokra,
- ◆ a méretek túrésére,
- ◆ az összeállító- és hegesztőkészülékre,
- ◆ az elemek rögzítésére,
- ◆ a szerelő- és emelőfülekre,
- ◆ a fűzővarratokra,
- ◆ a kifutólemezekre,
- ◆ a gyártásellenőrző próbadarabokra,
- ◆ a varratok megkívánt minőségére,

- ◆ a hegesztőeljárásra,
- ◆ a hegesztőgépre,
- ◆ a felhasználható hozanyagokra,
- ◆ az előmelegítésre,
- ◆ a hegesztési paraméterekre,
- ◆ a hegesztési sorrendre,
- ◆ a hegesztési helyzetekre,
- ◆ az utókezelésre,
- ◆ a vizsgálatokra,
- ◆ az egyengetésre.

11

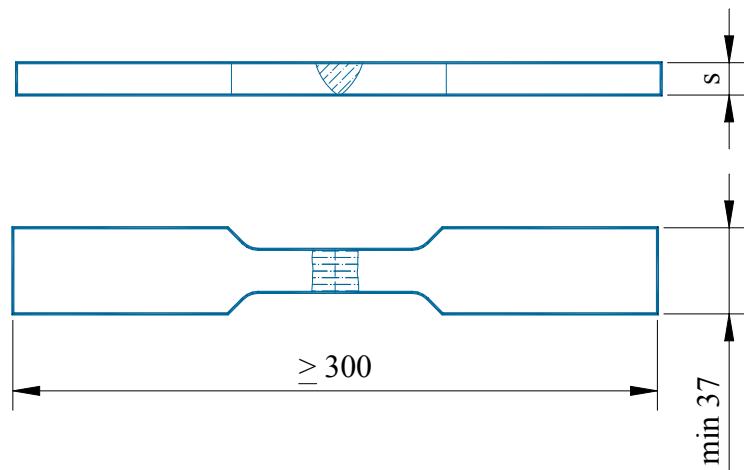
## Roncsolásos vizsgálati módszerek

A technológia előzetes vizsgálatánál és a gyártásellenőrző próbadarabok vizsgálatánál alkalmazandók. Az elvégzendő vizsgálatok mennyiségét a szabvány (MSZ 6442) rögzíti.

- ◆ Szakítóvizsgálat (igazolja, hogy a hegesztett kötés szakítószilárdsága nem kisebb az alapanyagénál)
- ◆ Keménységvizsgálat (Vickers-vizsgálat, 98 N; a kötés repedékenységére ad tájékoztatást)
- ◆ Hajlítóvizsgálat (korona-oldali, gyökoldali; a kötés alakváltozási képességéről tájékoztat)
- ◆ Ütővizsgálat (átmeneti hőmérséklet meghatározása)
- ◆ Csiszolatvizsgálat (mikroszkópi vagy makroszkópi szövetszerkezet-vizsgálat csiszolt és maratott keresztmetszeti felületen)
- ◆ Töretvizsgálat (melegrepedékenységi hajlam vizsgálata; a töret felületének elszíneződése melegrepedésre utal)
- ◆ Fárasztóvizsgálat (lökterőszilárdság meghatározása,  $N = 2 \cdot 10^6$ )

12

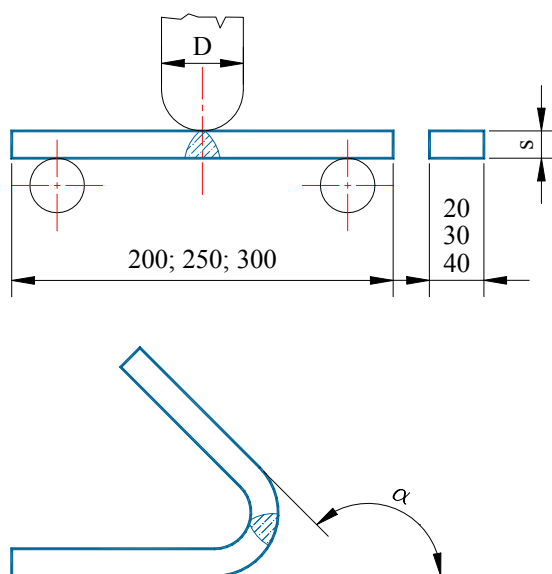
## Szakítóvizsgálat



- A próbatesteket a varratra merőlegesen kell kivágni, a varratdudort le kell munkálni.
  - ◆ A fázostóvizsgálat próbatestei is hasonlóak.

13

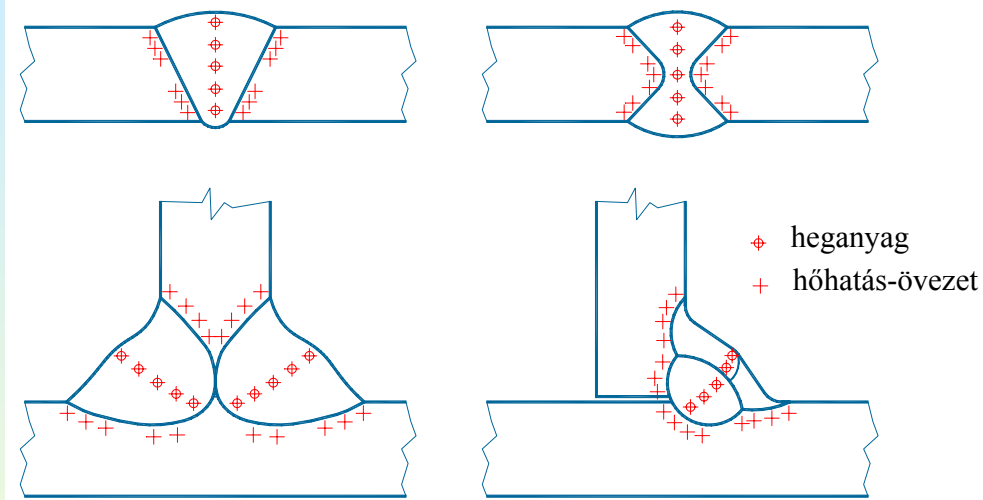
## Hajlítóvizsgálat



- A vizsgálat elrendezése
- A hajlítási szög értelmezése
  - ◆ A vizsgálat előtt a varratot maratással láthatóvá kell tenni.

14

## Keménységvizsgálat



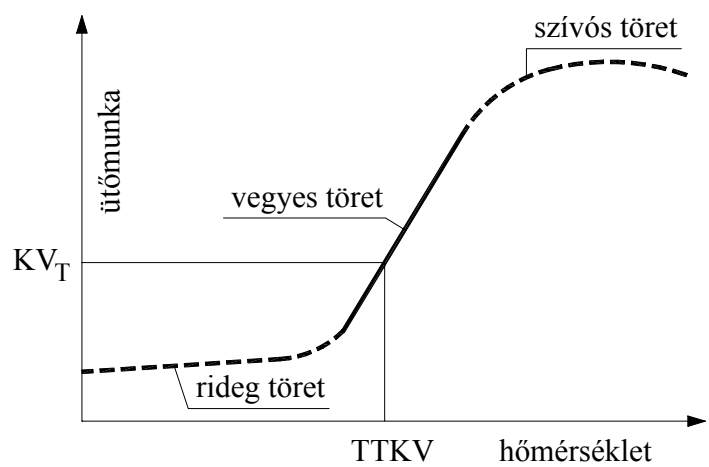
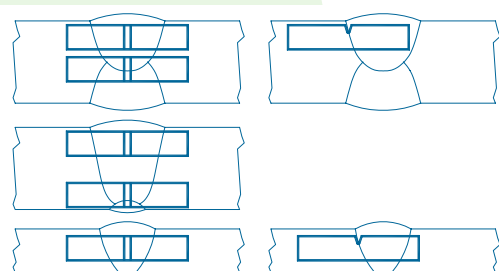
- ♦ A hőhatás-övezetet csak a 37-esnél nagyobb szilárdságú anyagoknál kell vizsgálni.
- ♦ A legnagyobb keménység általában a beolvadási határtól egy-két tized mm távolságra mérhető.

15

## Ütővizsgálat

**Átmeneti hőmérséklet:** az a hőmérséklet, amelyen az ütőmunka - a vizsgálati anyagtól függő - előírt  $KV_T$  értékkel egyenlő.

- ♦ Jelölés pl:  
 $TTKV_{28}$ : V-bemetszésű próbatest,  $KV_T = 28$  J



- Az ütővizsgálati próbatest bemetszésének szokásos helyei és irányai

16



## Roncsolásmentes vizsgálatok

- Szemrevételezés
- Radiológiai vizsgálat
- Mágnesezhető porral végzett vizsgálat
- Ultrahangvizsgálat

17

## Szemrevételezés

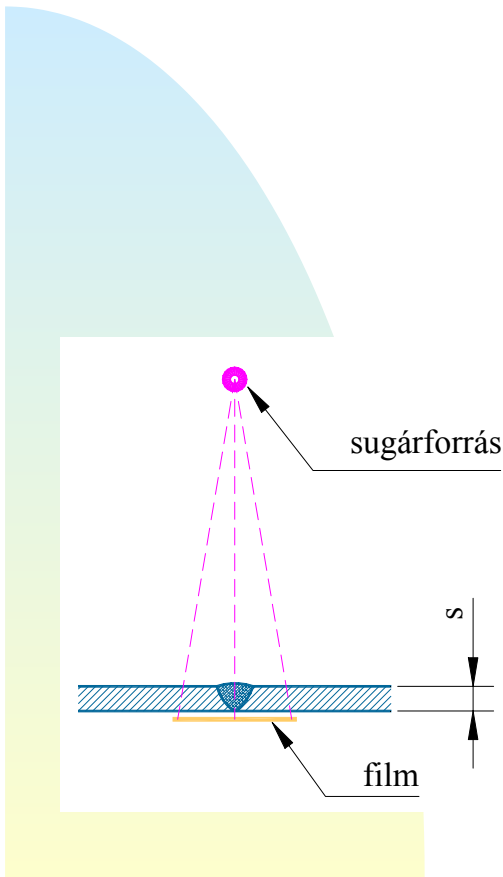
Szabad szemmel vagy kéz nagyítóval vizsgálándók:

- a varrat alakja
  - ◆ varratdudor magassága, szélessége,
  - ◆ varratméret,
  - ◆ szögtorzulás;
- a felületi hibák
  - ◆ szélkiolvadás,
  - ◆ szabálytalan varratfelület,
  - ◆ felületi pórus,
  - ◆ salakmaradvány,
  - ◆ kráter,
  - ◆ repedés,
  - ◆ gyökhiba,
  - ◆ fröcskölés.



18

## Radiológiai vizsgálatok



- röntgenezés (80 mm vastagságig)
  - ◆ röntgensugárzás:  $0,02 \cdot 10^{-7} \dots 2 \cdot 10^{-7}$  mm hullámhosszúságú elektromágneses sugárzás,
    - ✦ egy része az anyagban elnyelődik,
    - ✦ röntgenfilmen felfogható.
- gammasugárzó radioaktív izotópok
  - ◆ iridium 192                      10...80 mm vastagsághoz,
  - ◆ cézium 137                        30...70 mm vastagsághoz,
  - ◆ kobalt 60                          50...150 mm vastagsághoz.
    - ✦ nagy felezési idejű (min. 1-2 hónap) izotópok gammasugárzást bocsátanak ki, áthatolóképesség a röntgensugárzáshoz hasonló.
    - ✦ izotóptartály távvezérléssel nyitható.


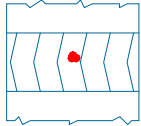

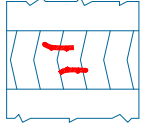

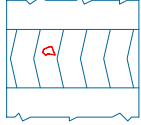

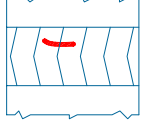
19

## Radiológiai vizsgálattal kimutatott hibák típusa, jelölése és elnevezése (MSZ 4310/5) (1)

<b>A</b> Gázzárvány	<i>Aa</i> Gömb alakú gázzárvány		
	<i>Ab</i> Tömlő alakú gázzárvány		
	<i>Ac</i> Soros gázzárvány		
	<i>Ad</i> Gázzárvány halmaz		
	<i>Ae</i> Vonalszerű (csík) gázzárvány		


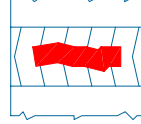

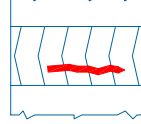

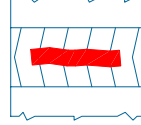

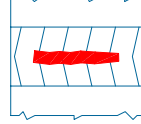
20

## Radiológiai vizsgálattal kimutatott hibák típusa, jelölése és elnevezése (MSZ 4310/5) (2)

<i>B</i> Salak- és fémes zárvány	<i>Ba</i> Szabálytalan, közel gömb alakú salakzárvány		
	<i>Bb</i> Csík alakú salakzárvány		
	<i>Bc</i> Fémes zárvány (bármilyen alakú)		
<i>C</i> Kötéshiba (hiányos összeolvadás)			


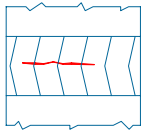

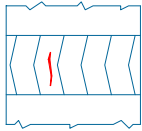

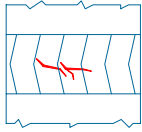
21

## Radiológiai vizsgálattal kimutatott hibák típusa, jelölése és elnevezése (MSZ 4310/5) (3)

<i>D</i> Gyökhiba (nem megfelelő összeolvadás)	<i>Da</i> Homorú varratgyök éles bemetszés nélkül, egyoldalról hegesztett varratnál		
	<i>Db</i> Gyökben lévő, éles bemetszésű összeolvadási hiba egyoldalról hegesztett varratban		
			
	<i>Dc</i> Gyökben lévő összeolvadási hiba kétoldalról hegesztett varratban		


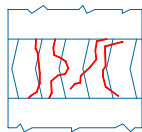

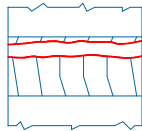

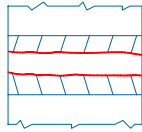

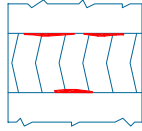
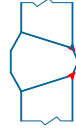
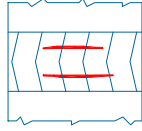
22

## Radiológiai vizsgálattal kimutatott hibák típusa, jelölése és elnevezése (MSZ 4310/5) (4)

<i>E</i> Repedés	<i>Ea</i> Hosszirányú repedés		
	<i>Eb</i> Keresztirányú repedés		
	<i>Ec</i> Többirányú repedés		

23

## Radiológiai vizsgálattal kimutatott hibák típusa, jelölése és elnevezése (MSZ 4310/5) (5)

<i>F</i> Felületi (alaki) és egyéb hibák	<i>Fa</i> Szabálytalan varratfelület		
	<i>Fb</i> Szabálytalan varratfelület		
			
	<i>Fc</i> Szélkiovdás		
			

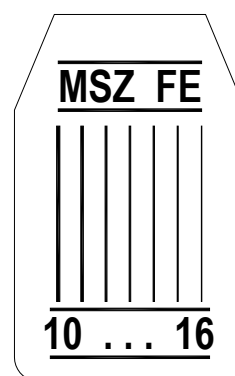
24

# A radiográfiai képminőség meghatározása

## I. Képminőségi osztály

## Huzalsorok

Anyagvastagság, $s$ , mm		A képen még látható huzal jelzőszáma	Jelzőszám	Átmérő, mm
-tól	-ig			
0	6	16	1 ... 7	3,20 ... 0,80
6	8	15	6 ... 12	1,00 ... 0,25
8	10	14	10 ... 16	0,40 ... 0,10
10	16	13		
16	25	12		
25	32	11		
32	40	10		
40	50	9		
50	80	8		
80	200	7		



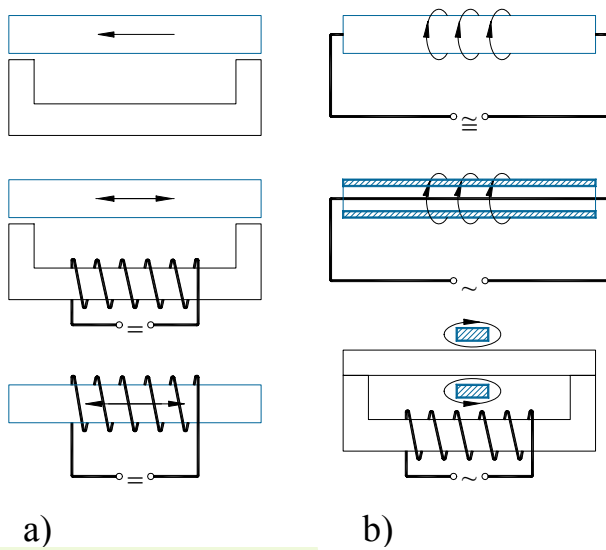
25

## Folyadékpenetrációs vizsgálat

- Csak a felületi repedések kimutatására alkalmas.
- Az eljárás:
  - ◆ felülettisztítás, oldószeres zsírtalanítás,
  - ◆ jelzőfolyadék felvitele ecsettel vagy szórással,
  - ◆ várakozás (penetrációs idő),
  - ◆ felülettisztítás (lemosás, törlés, szárítás),
  - ◆ előhívó folyadék felvitele szórással,
  - ◆ előhívási idő,
  - ◆ értékelés.

26

## Vizsgálat mágnesezhető porral

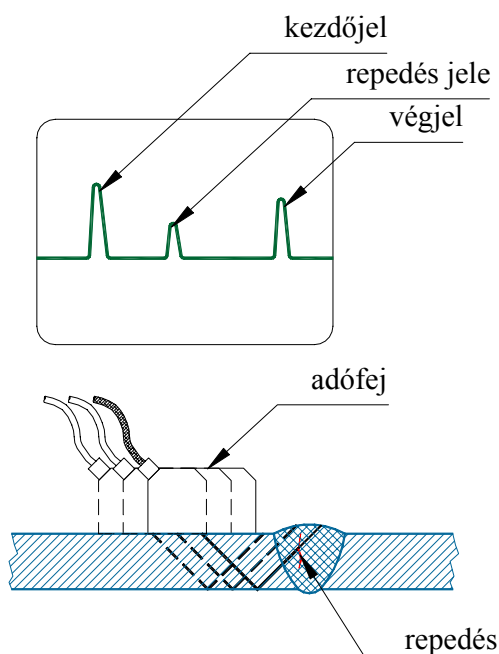


- A mágnesezés módjai:
  - a) hosszirányú mágnesezés
  - b) keresztirányú mágnesezés

- A vizsgálat elve: a hegesztett kötések felületi és felületközei hibái a mágneses erővonalakat eltérítik.
- A hibajelző por száraz vagy folyadékban szuszpendált.

27

## Ultrahangvizsgálat



- A vizsgálat elve: az ultrahang a szilárd testek határfelületéről - a repedés jellegű varrathibáról is - visszaverődik.
- A hegesztett szerkezet besorolásától (általános-, fokozott- vagy különleges követelményű) függően A, B, C vizsgálati osztályok.
- Hossz- és keresztirányú hibák is vizsgálhatók.

- ◆ Vizsgálati frekvencia: 2 és 4 MHz
- ◆ Besugárzási szög: 45 ... 70°

28

## Az acélok hegeszthetősége

Hegeszthetőség: az acél bizonyos fokú alkalmassága

- ◆ adott alkalmazásra,
- ◆ meghatározott hegesztőeljárással,
- ◆ megfelelő hegesztőanyagokkal és
- ◆ hegesztési munkarenddel

olyan szerkezet készítésére, amelyben a fémes kötések helyi tulajdonságai a hegesztett szerkezetre kifejtett hatásukkal együtt eleget tesznek a megkívánt követelményeknek.

A követelmények (a mechanikai tulajdonságokon kívül)

- ◆ a repedésmentességre,
- ◆ a rideg töréssel szembeni biztonságra és
- ◆ a korrózióállóságra vonatkoznak.

A hegeszthetőség megítéléshez a hegesztendő anyagon kívül ismerni kell: a szerkezetet és annak üzemét, az alkalmazott hegesztőeljárást és a hegesztési munkarendet is.

29

## A repedékenység és vizsgálata

Meleg- (kristályosodási) repedések lehűlés közben keletkeznek elsősorban az alapanyag szennyezettsége (C, Si, H, P, S) miatt.

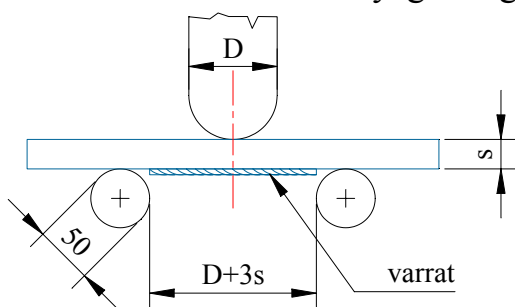
- általában nem hegeszthető, ha:  $C > 0,3\%$ ,  $Si > 0,6\%$ ,  $S > 0,06\%$ ,  $P > 0,05\%$ .

Hideg- (edződési) repedések  $T < 300\text{ C}^\circ$  hőmérsékleten a nagy széntartalmú és az ötvözött acéloknál keletkeznek.

- Általában nem repedékeny, ha  $C_e < 0,45\%$  és  $HV < 300$  (hőhatásövezet keménységvizsgálata)

$$C_e (\%) = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni}{15} + \frac{Mo}{4} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2} + 0,0024 \cdot s$$

s : anyagvastagság (mm)



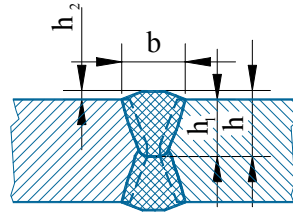
- Hernyóvarrat hajlítóvizsgálata (Kommerell-próba)

•  $\alpha \geq 1500 / s$  fokig (s mm-ben) hajlítva legfeljebb 20 mm-es repedés,

• rideg törés nem lehet.

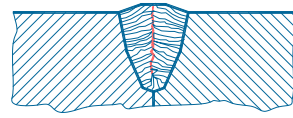
30

## A varrat formatényezői

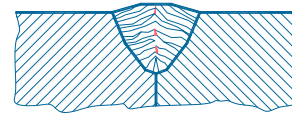


belső formatényező:  $\psi = \frac{b}{h_1}$

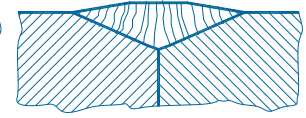
külső formatényező:  $\varphi = \frac{b}{h_2}$



$\psi = 0,8 \dots 1,2$



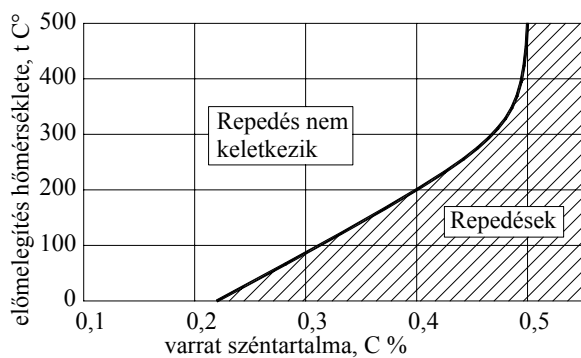
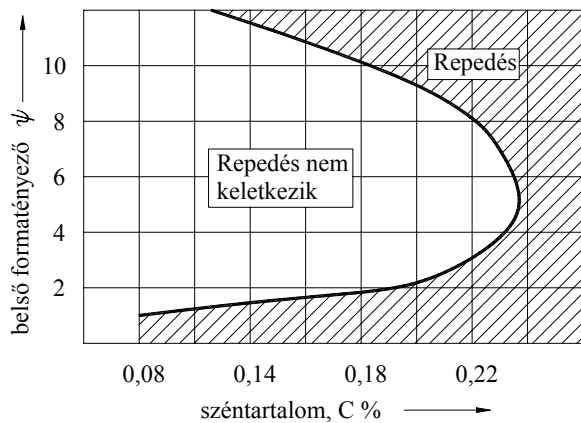
$\psi = 1,3 \dots 7,0$



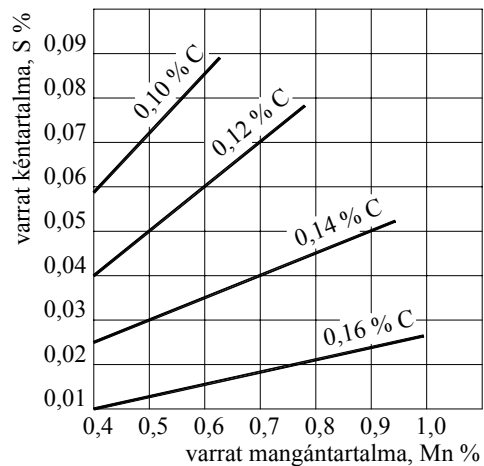
$\psi > 7,0$

- Belső formatényező: meghatározza a kristályok növekedési irányát a varrat dermedésekor.
- A kén veszélyessége: A vas-vasszulfid eutektikum 986 C°-on kristályosodik, később mint a vas (1536 C°), ezért egybefüggő réteg mentén szilárdulhat meg, ha  $\varphi < 1,2 \dots 1,3$ . A kén hatását közömbösítheti a mangán. (A mangánszulfid dermedéspontja 1620 C°, nem tud dúsulni, mert ekkor a vas még folyékony.)

31



## A melegrepedékenységet befolyásoló tényezők és azok összefüggései



32