

GÉPELEMEK

Nem oldható kötések.

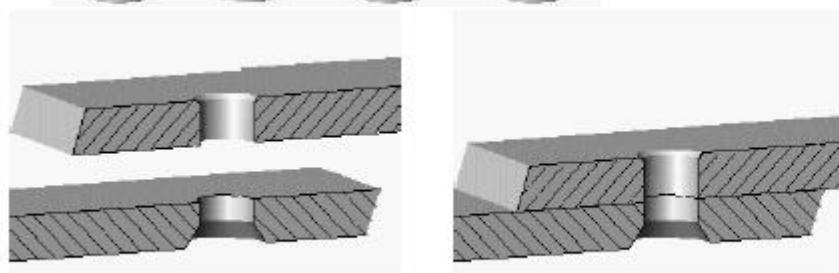
5. előadás

Dr. Balogh Tibor, Bider Zsolt, Kovács Gáborné,

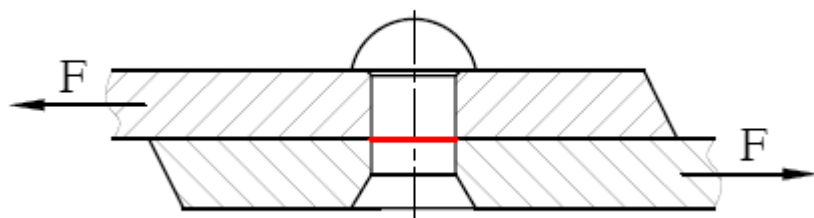
Dr. Rácz Péter, Szalai Péter, Törőcsik Dávid

1. A szegecskötés.

Szegecskék térhatású ábrája

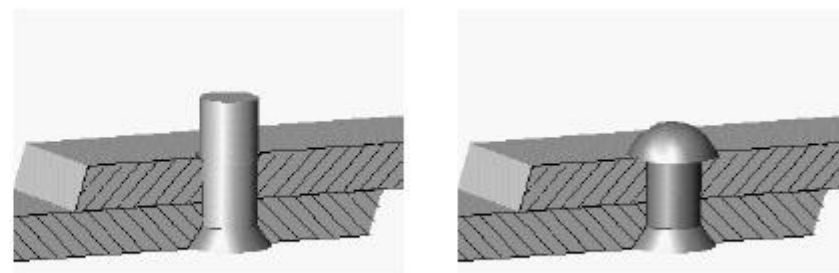


Átlapolt szegecskötés

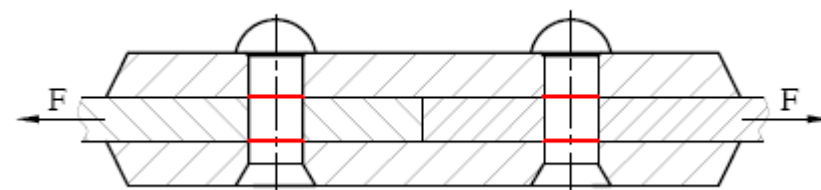


A nyírt keresztmetszetek száma $k=1$

A szegecselés folyamata

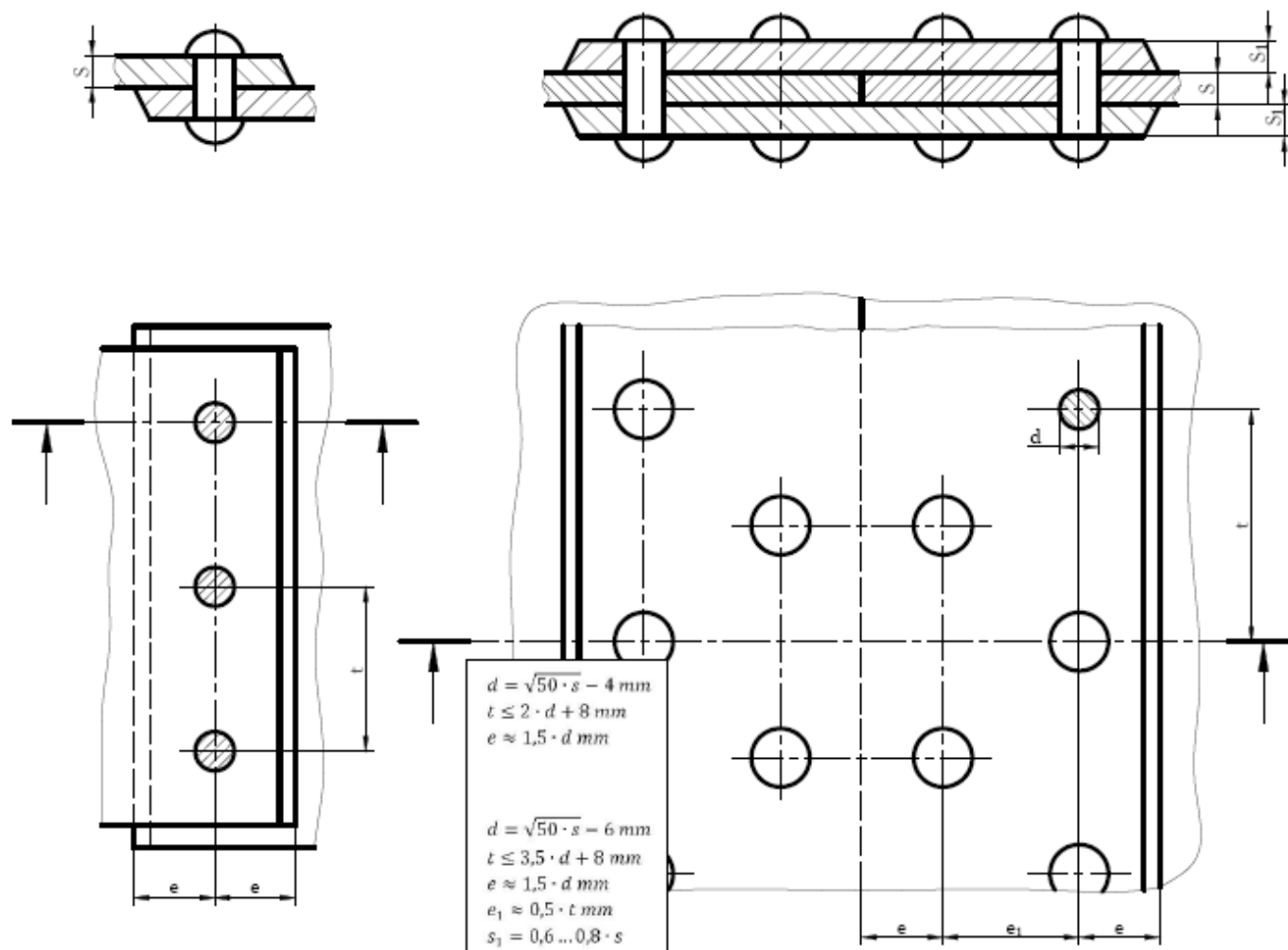


Hevederes szegecskötés



A nyírt keresztmetszetek száma $k=2$

Tapasztalati összefüggések szegecs méretezéshez



Az egy szegeccsel átvihető nyíróerő

$$F = k \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot \tau_{meg}$$

k : a nyírt keresztmetszetek száma szegeccsenként,
 d : a szegecslyuk átmérője,
 τ_{meg} : a szegecs nyírószilárdsága.

„ z ” számú szegeccsel átvihető nyíróerő, ha $k=1$

$$\Sigma F = z \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot \tau_{meg}$$

A nyírófeszültség általános esetben

„ z ” számú szegeccsel átvihető erő a megengedett palástnyomás alapján

$$\tau_{meg} = \frac{\Sigma F \cdot 4}{z \cdot k \cdot d^2 \cdot \pi}$$

$$F = z \cdot d \cdot s \cdot p_{meg}$$

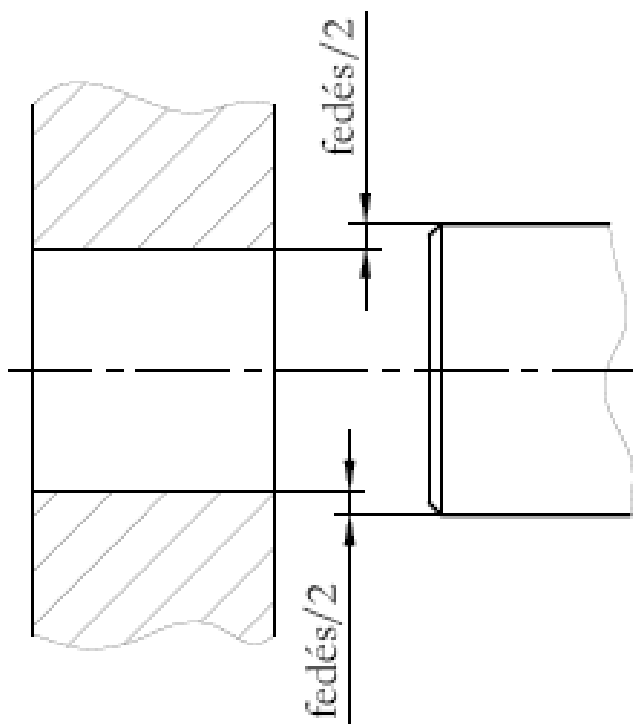
s : a lemezvastagság,
 p_{meg} : a szegecs megengedett felületi nyomása.

A tapasztalat szerint a palástnyomás megengedett értéke mintegy kétszerese lehet a szegecsszárra ható nyírófeszültségnek.

2. Szilárd illesztésű tengelykötési módok

A szilárd illesztéssel összeerősített alkatrészek szoros kapcsolatát a jelentős fedés következtében létrejövő, az illeszkedő felületeken egyenletesen eloszló felületi nyomás biztosítja, amely a relatív elmozdulást gátló súrlódási erőt kelt.

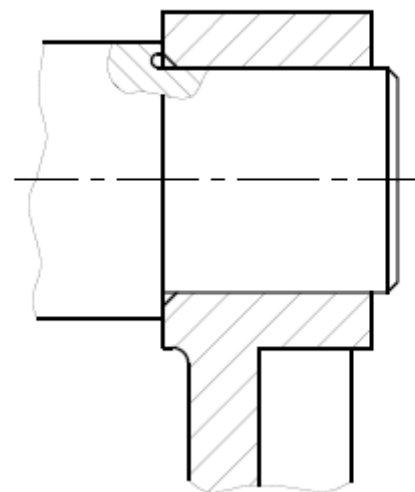
A tengely és az agy méretkülönbsége
zsugorkötés esetén



A szilárd illesztésű kötés szerelhető:

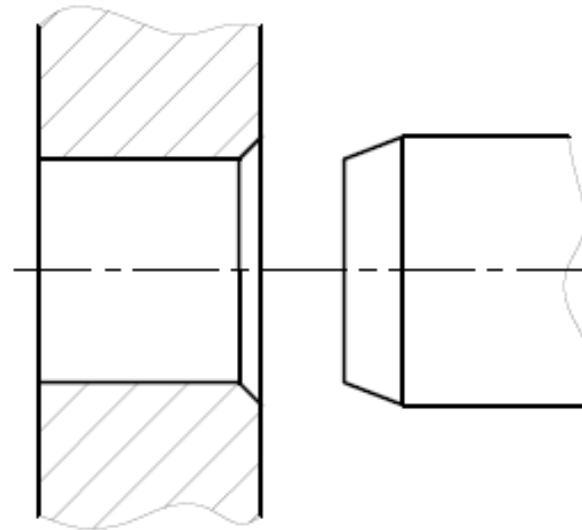
- a, Hidegsajtolással
- b, Hőfokkülönbséggel
- c, Olajnyomással

Zsugorkötéssel
felerősített forgatókar



a, szerelés hidegsajtolással

Alkatrészek előkészítése
hidegsajtoláshoz



A sajtolóerő:

$$F = \mu \cdot d \cdot \pi \cdot l \cdot p$$

d — a tengely átmérője,
 l — az agy hosszúsága,
 p — az ébredő legnagyobb
 felületi nyomás
 μ — súrlódási tényező

b, szerelés hőfokkülönbséggel

A szükséges hőmérséklet meghatározása:

$$d_m = d \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta t) = d + f + 0,0004d$$

ε átmérő viszonyt bevezetve:

$$\left(\varepsilon = \frac{f}{d} \right)$$

$$t = \frac{\varepsilon + 0,0004}{\alpha} + t_0$$

f — a legnagyobb fedés mm-ben,

α — a hőtágulási tényező mm/°Cmm,

d — a tengelyátmérő mm-ben,

d_m — a szereléshez szükséges
tengelyátmérő mm-ben,

t_0 — a környezeti hőmérséklet °C-ban.

c, szerelés olajnyomással

Az olajnyomásos szerelést, amikor az agy tágítására az illesztett felületek közé olajat sajtolnak, az SKF dolgozta ki a gördülőcsapágyak szerelésére. A módszer lényege, hogy az illeszkedő felületek közé nagynyomású olajat juttatnak, amely tágítja az agyat.

A szilárd illesztésű kötés méretezése

A szilárd illesztésű kötés méretezésekor néhány egyszerűsítő feltételezést kell tennünk:

- a feszültség és a deformáció közötti összefüggés lineáris;
- a belső és külső rész hossza azonos;
- a kapcsolódó alkatrészek felülete tökéletes körhenger;
- a centrifugális erő elhanyagolható.

Az átvihető kerületi erő a súrlódó erővel egyenlő:

$$F = \mu \cdot d \cdot \pi \cdot l \cdot p$$

$$\frac{P}{\omega} = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n} = \frac{F_k \cdot d}{2} = \frac{\mu \cdot d^2 \cdot \pi \cdot l \cdot p}{2}$$

$$P_{szüks} = \frac{P \cdot x}{\pi^2 \cdot n \cdot \mu \cdot \frac{l}{d} \cdot d^3}$$

l — a kötés hossza,
 μ — súrlódási tényező,
 p — a felületi nyomás,
 d — a tengely átmérője,
 x- dinamikus tényező 1,2...4

A szilárd illesztésű kötés méretezése

Következő lépésként meghatározzuk az illeszkedő felületek közötti legkisebb fedést, amely éppen elegendő a szükséges palástnyomás előidézéséhez. A számítás során figyelembe kell vennünk, hogy hidegsajtolás esetén az eredeti fedés csökken.

$$f_{min} = KF = 2 \cdot \delta_1 + 2 \cdot \delta_2$$

ahol: δ_1 a tengely palástjának összenyomódása, δ_2 pedig a furat átmérőjének növekedése.

A két illeszkedő alkatrész együttes átmérőváltozása:

$$2\delta_1 + 2\delta_2 = p \cdot d \cdot (k_1 + k_2)$$

k_1 a tengelyre vonatkozó relatív összenyomódási tényező,
 k_2 pedig az agyra vonatkozó relatív megnyúlási tényező

Az agyra vonatkozó relatív megnyúlási tényező:

$$k_2 = \frac{(1 + \nu) \cdot a_2^2 + (1 - \nu)}{E_2 \cdot (a_2^2 - 1)}$$

$$a_2 = \frac{D}{d}$$

D- agy külső átmérő
d- tengelyátmérő

A tengelyre vonatkozó relatív összenyomódási tényező:

$$k_1 = \frac{(1 + \nu) + (1 - \nu)a_1^2}{E_1 \cdot (a_1^2 - 1)}$$

$$a_1 = \frac{d}{d_0}$$

d₀- tengely furatátmérő
d- tengelyátmérő

Tömör tengely esetén a tengely relatív összenyomódási tényezője:

$$k_1 = \frac{1 - \nu}{E_1}$$

A képletekben ν a Poisson-tényező, amely acélra és más fémekre $\nu = 0,3$, míg öntöttvasra $\nu = 0,25$.

Minimális és gyártási fedés

$$f_{\min} = p_{\text{szüks}} \cdot d \cdot (k_1 + k_2)$$

$$f_{\text{gyártási}} = f_{\min} + 2 \cdot 0,6 \cdot (R_{1\max} + R_{2\max})$$

ahol $R_{1\max}$ a tengely, $R_{2\max}$ pedig az agy maximális felületi érdessége.

A minimálisan szükséges fedés ismeretében lehetőleg szabványos tűréspárt választunk, amely eleget tesz az adott követelményeknek. A választás helyességének ellenőrzésére kiszámítjuk a tűréspárhoz tartozó legnagyobb fedésnél ébredő feszültséget, amely nem haladhatja meg a használt anyagra megengedett értéket.

A mértékadó redukált feszültségek:

$$\sigma_{\text{redmax}} = K_2 \cdot p_{\max}$$

általános esetben
$$K_2 = \frac{a_2^2 + 1}{a_2^2 - 1} + 1$$

furatos csap esetén
$$K_2 = \frac{2 \cdot a_1^2}{a_1^2 - 1}$$

A biztonsági tényező:

folyáshatárral szemben $n=1,1...1,3$,

a szakítószilárdsággal szemben (rideg anyag esetén) $n=2...3$.

3. Hegesztés

Hegesztés: azonos, vagy közel azonos összetételű fémek, illetve ötvözetek egyesítése hőhatással, fémhozaganyag hozzáadásával vagy anélkül.

Felhasználási terület: gép- és járműipar (kazánok, tartályok, csővezetékek, sínek, alváz és karosszéria elemek,...)

Előnyei:

- az összekötendő elemeket furatok nem gyengítik,
- az erőátadás nem pontszerű,
- lényeges, kb. 15-20%-os súlymegtakarítás.

A hegesztett kötést meghatározza:

- a varratalak és méretei,
- a hegesztés módja,
- a hegesztés utáni megmunkálás (ha szükséges).

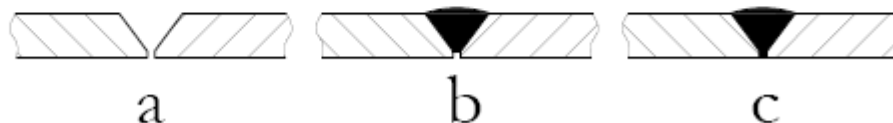
Varrat: a hegesztés során megömlesztett majd megszilárdult anyag.

A varratok elhelyezkedését és vonalvezetését az összekötendő elemek alakja határozza meg, míg a varrat alakját az összekötendő elemek vastagságának ismeretében választhatjuk meg.

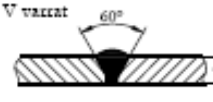
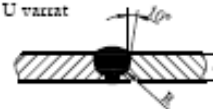
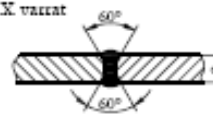
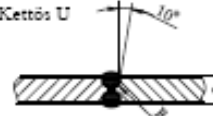
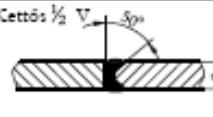
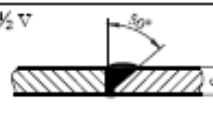
A közös síkban elhelyezkedő elemeket (lemezeket) általában tompavarrattal kötjük össze.

A tompavarrat kialakításának három fázisa:

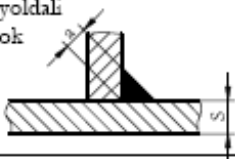
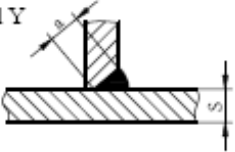
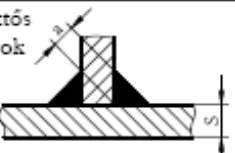
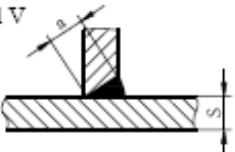
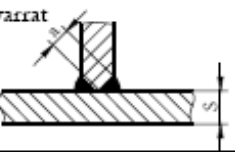
- a) a lemezszélek lemunkálása,
- b) a varrat elkészítése,
- c) utánhegesztés a varrat gyökoldaláról.



A különböző lemezvastagságokhoz ajánlott varratalakok

Tompavarrat			
Varratok	Jekép	Lemez- vastagság [mm]	Igénybevételi mód
Élvarrat 		≤ 3	Alárendelt jelentőségű szerkezetekhez
I varrat 		≤ 6	Gyökhegesztés nélkül stat., gyökhegesztéssel din. igénybevételre
V varrat 		4/20	Gyökhegesztés nélkül stat., gyökhegesztéssel din. igénybevételre
U varrat 		≥ 20	Gyökhegesztés nélkül stat., gyökhegesztéssel din. igénybevételre
X varrat 		≥ 12	Din. és nagyobb statikus igénybevételre
Kettős U 		≥ 40	Din. és nagyobb statikus igénybevételre
Kettős $\frac{1}{2}$ V 		≥ 12	Din. és kisebb statikus igénybevételre
$\frac{1}{2}$ V 		≥ 20	Statikus igénybevételre

A különböző lemezvastagságokhoz ajánlott sarokvarratok

Sarokvarrat			
Varratok	Jelkép	Lemez- vastagság [mm]	Igénybevételi mód
Egyoldali sarok 		$a/s = 1$ ≤ 10 $a/s \leq 0,5$ ≤ 20	Belső nyomásra nem alkalmas
Fél Y 		$a/s = 0,75$ 10 - 80 $a/s = 0,5$ 20 - 80	Statikus terhelésre
Kettős sarok 		$a/s = 1$ ≤ 20 $a/s \leq 0,5$ ≤ 30	Statikus terhelésre
Fél V 		≤ 80	Statikus és dinamikus terhelésre
K varrat 		≤ 30	Statikus és dinamikus terhelésre

Hegesztési eljárások

Ömlesztő hegesztő eljárások:

Ívhegesztés
Salakhegesztés
Plazma hegesztés
Elektronsugár hegesztés
Lézersugár hegesztés
Gázlánghegesztés
Termithegesztés

Sajtoló hegesztések:

Zömítő tompa hegesztés
Dörzshegesztés
Hideghegesztés
Ultrahang hegesztés

Ömlesztve sajtoló hegesztési eljárások:

Ponthegesztés
Vonalhegesztés
Dudorhegesztés
Leolvasztó tompahegesztés

Hegesztési eljárások

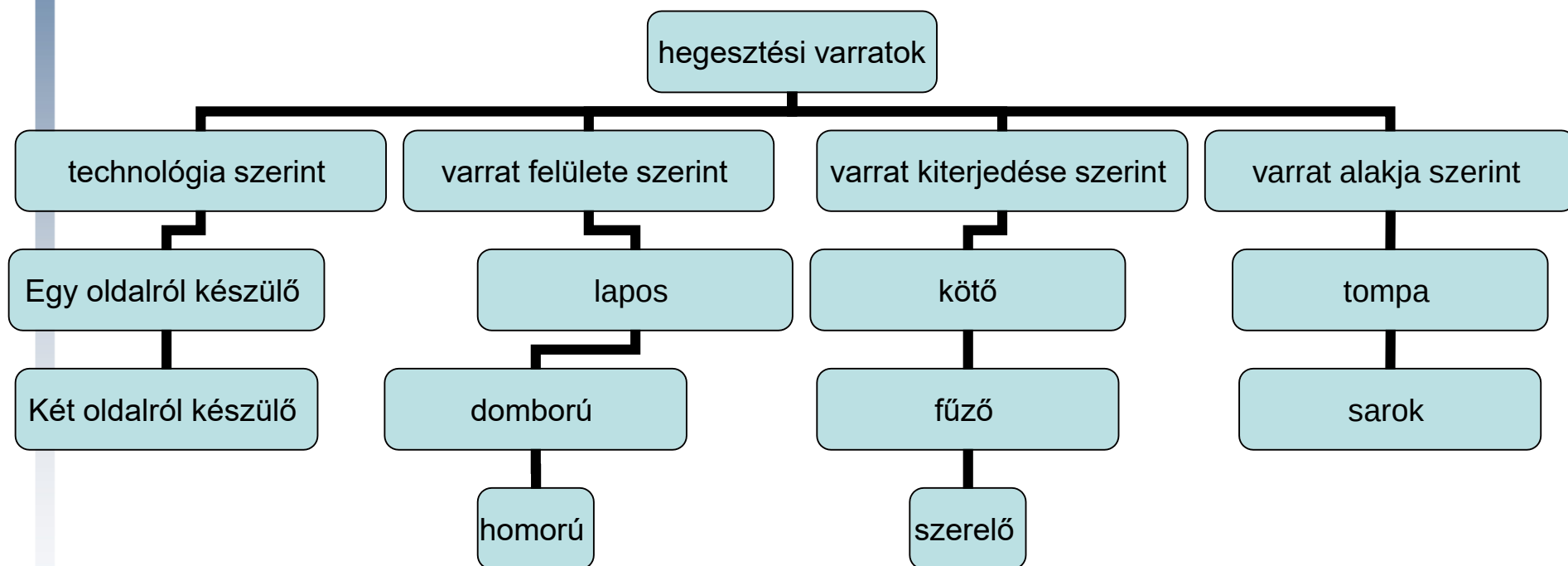


Hegesztőpisztoly készlet lánghegesztéshez, CO2 védőgázas hegesztőpisztoly

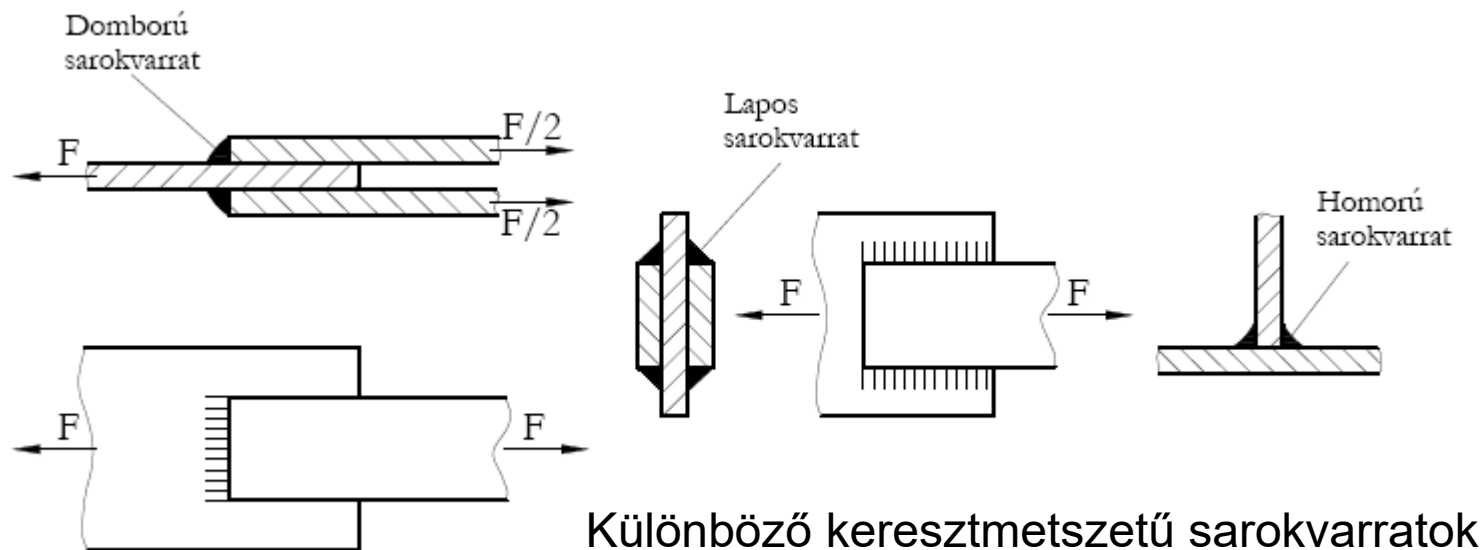


Argon védőgázas wolframelektrodás ívhegesztés AWI munkaállomása és művelete

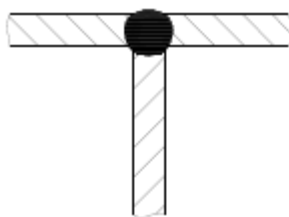
Hegesztési varratok csoportosítása



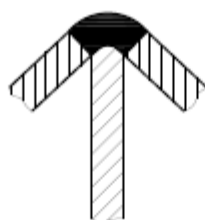
Hegesztési varrat kialakítások



T varrat



Élvarrat



Éleikkel illeszkedő lemezek összekötése élvarrattal, három lemezvég összekötése T varrattal

A hegesztett kötések optimális kialakításának szempontjai:

- a hegesztési varrat mindig feszültséggyűjtő hely;
- ezek a feszültségek nagy mértékben függenek a varrat vonalvezetésétől, a hegesztési eljárástól és a hegesztő gyakorlottságától;
- a hosszú vékony varratokat előnyben kell részesíteni a rövid vastag varratokkal szemben;
- több varrat találkozását lehetőleg kerülni kell;
- ha adott helyre homlok- és oldalvarrat egyaránt kialakítható, akkor oldalvarratot készítsünk, mert azonos méretek mellett a szilárdsága sokkal kedvezőbb;
- szilárdsági szempontból az önmagukban záródó varratok a legjobbak;
- lehetőleg olyan helyen alakítsunk ki varratot, ahol annak igénybevétele húzás vagy nyomás (a nyírást, a csavarást és a hajlítást, ha lehet kerüljük).

Hegesztett kötések méretezése nyugvóterhelésre

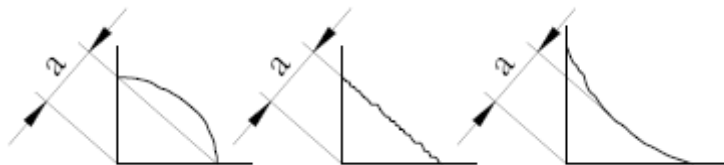
A v jósgátfényező (gyengítési tényező) értékei minden varratípusra a következők:

	Húzás	nyomás	nyírás
ívhegesztés vékonybevonatú pálcával	0,6	0,75	0,50
ívhegesztés vastagbevonatú pálcával	0,8	0,90	0,60
fedettívű automata hegesztés	0,9	1,00	0,65
lánghegesztés	0,6	0,75	0,50

$$\sigma_{vmeg} = V \sigma_{meg}$$

$$\tau_{vmeg} = V \tau_{meg}$$

A varrat keresztmetszet meghatározása - hasznos varrathossz: $l_h = l - 2a$
záródó varratnál: $l_h = l$.



A varrat mértékadó keresztmetszete

Hegesztett kötések méretezése nyugvóterhelésre

A húzófeszültség:

$$\sigma = \frac{F}{A_v} \leq \sigma_{meg} \quad \Rightarrow \quad F = \sigma \cdot A_v$$

A varrat keresztmetszete:

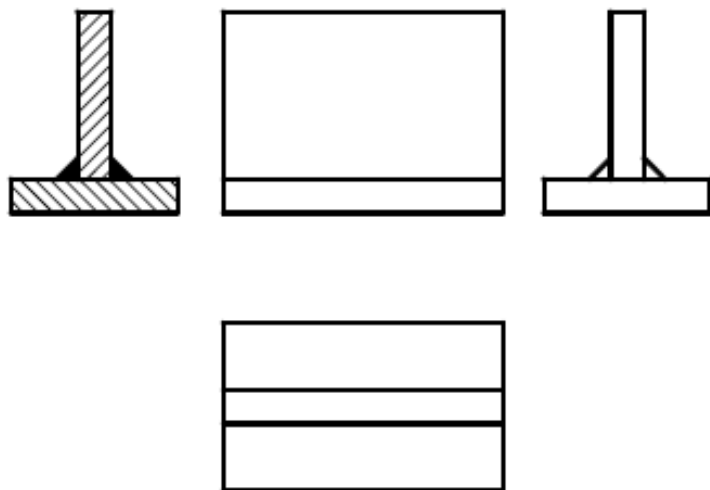
$$A_v = a \cdot l_h = a \cdot (l - 2 \cdot a)$$

A húzószilárdság:

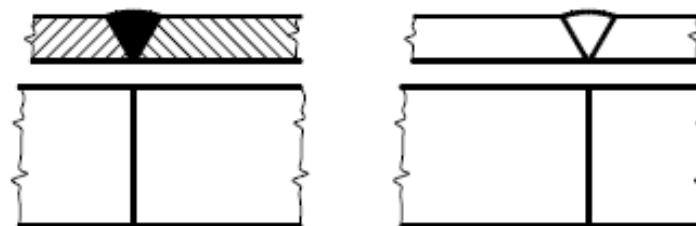
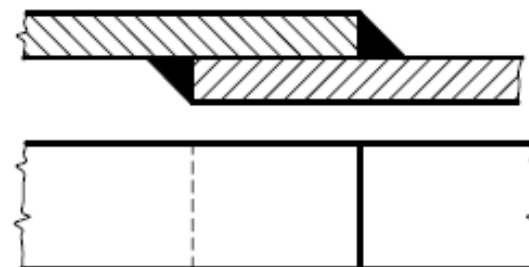
$$F_h = F \cdot \nu = \sigma \cdot A_v \cdot \nu$$

Hegesztések ábrázolása, jelképes megadása

sarokvarrat



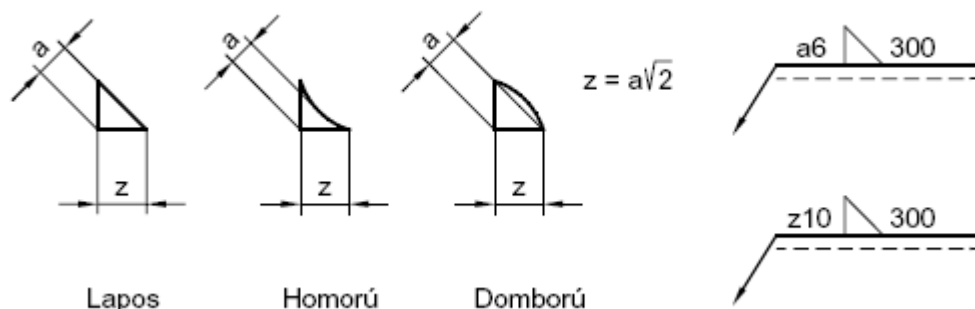
átlapolt sarokvarrat



tompavarrat

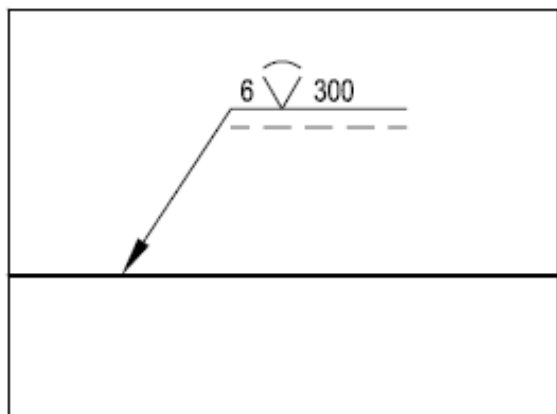
Hegesztések ábrázolása, jelképes megadása

A sarokvarrat méretei és megadási módja:



a- jellemzőméret

A hegesztési varratok alapjelei:



A v varrat jellemző mérete a lemezvastagsággal egyezik meg általában.

A jelképes megadásban szereplő szaggatott vonal azt jelenti, hogy a varratot a nyíl oldala felől készítik.

4. Forrasztás

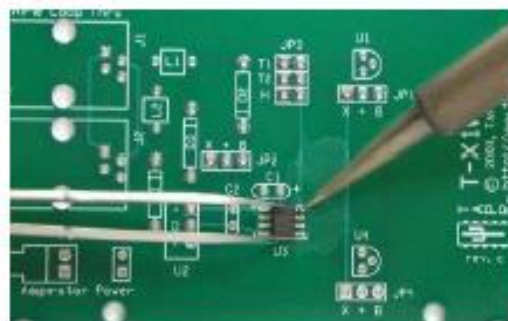
Célja: mechanikus vagy elektromos kapcsolat létrehozása két vagy több alkatrész között.

Csak a hozaganyagot olvasztjuk meg, amely a tervezett kötés helyén újból megdermedve adhéziós kapcsolatot hoz létre az összekötendő elemek között. Ehhez a felületeket megfelelően tisztítani kell.

Fajtái:

- keményforrasztás: (a forrasztóanyag vörösréz, réz, ezüst, sárgarézt (ömlesztési hőfoka $t > 500\text{ °C}$) viszonylag nagyobb szilárdságú kötések; $\tau_B = 180 - 270\text{ [MPa]}$ vörösréz forrasztásnál.
- lágyforrasztás: (a forraszanyag ón, cink, ólom ötvözet (olvadáspontja $t < 300\text{ °C}$) a létrehozott kötés mechanikai szilárdsága kicsi:
 $\tau_B = 20 - 86\text{ [MPa]}$ ón forrasztásnál,
 $\tau_B = 120\text{ [MPa]}$ ón-kadmium forrasztás esetén;
, de biztonságos elektromos kapcsolatok létrehozása érdekében.

Forrasztópáka



Különböző anyagok forrasztási adatai

Alapanyag	Olvadáspont °C	Forrasztó		Forrasztathatóság	
		lágú	kemény	lágú	kemény
szénacél	1520	ón	sárgaréz, ezüst	közepes	jó
nagy széntartalmú és ötvözött acél	1200..1500	ón, hor- gany, kadmium	ezüst, réz, sárgaréz	jó	nagyon jó
rozsdamentes acél	1400..1600	ón	nagy ezüst- tartalmú ezüstök	közepes	közepes
ónozott acéllemez	1250	ón	sárgaréz, újezüst	jó	jó
rézötvözetek	600..1100	ón	sárgaréz, ezüst	nagyon jó	nagyon jó
nikkelötvözetek	925..1415	ón	újezüst	rossz	nagyon jó
horganyötvözetek	380..450	ólom	-	jó	-
alumíniumötvözetek	660	Al-ón	Al-kemény	rossz	részben jó
keményfém	2800-ig	-	réz, sár- garéz, ezüst	-	jó
volfrám	3370	-	sárgaréz, különleges ezüst	-	rossz

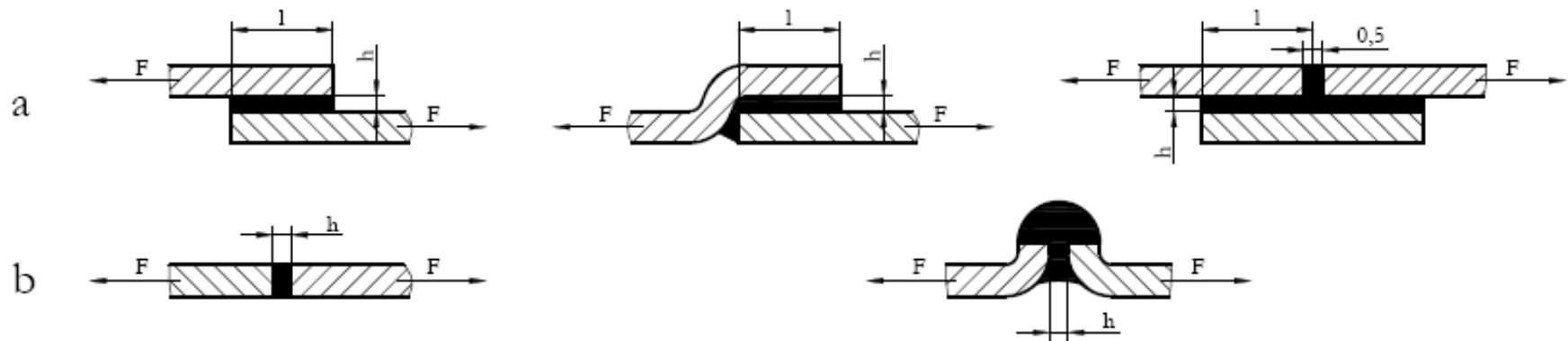
A forrasztás előnyös tulajdonságai:

- az alacsony forrasztási hőmérséklet,
- nem keletkeznek hő okozta feszültségcsúcsok, elhúzódások, repedések,
- jó a villamos vezetőképesség, jók a tömítési tulajdonságok,
- mivel a forraszanyag rugalmassági modulusa általában kisebb az alapanyagénál, ezért a kötés rugalmasabb.

Hátrányos tulajdonságai:

- az aránylag kis terhelhetőség,
- a gondos előkészítés igénye,
- a forraszanyagok viszonylagos drágasága.

Átlapolt és hevederes forrasztott kötés



A legkedvezőbb forrasztási varrat a nyíró igénybevételnek kitett átlapolt vagy hevederes kialakítás. A forrasztás húzó igénybevételre kevésbé alkalmas.

A forrasztott kötés méretezése

Egyenletes nyirófeszültség eloszlás feltételezésével az egyszerűsített méretezés alapegyenlete:

$$\tau = \frac{F}{b \cdot l} \leq \tau_{meg} = \frac{\tau_B}{n} \quad \text{ahol:}$$

b — a lemez szélessége,
 l — az átlapolás hossza,
 n — a biztonsági tényező (szokásos nagysága 3 ... 4)

A kötést az alapanyaggal egyenértékű teherviselésre célszerű méretezni:

$$F = \sigma_{meg} \cdot b \cdot s = \tau_{meg} \cdot b \cdot l$$

szükséges átlapolási hossz:

$$l = s \frac{\sigma_{meg}}{\tau_{meg}}$$

ahol:
 F - az alapanyag húzóigénybevétele,
 σ_{meg} - az alapanyagra megengedett húzófeszültség,
 τ_{meg} - az alapanyagra megengedett húzófeszültség
 $b \cdot l$ - az alapanyag F-re merőleges keresztmetszete,
 s - lemez vastagság.

5. Ragasztott kötések

A ragasztás egyik legkorszerűbb, alapvetően anyagzáró, a felületi érdesség miatt részben alakzáró, roncsolás nélkül nem oldható kötési eljárás.

A kötés szintetikus anyaggal, vegyi reakció révén jön létre, az egyes alkatrészecskék és a ragasztóréteg között adhézió, a réteg belsejében kohézió útján. Előnye:

- az érintkező felületek teljes terjedelmében biztosítja a kötést,
- elmaradnak a szegecsek számára készített lyukak, amelyek helyi feszültségcsúcsokat okozhatnak,
- nincs szükség az anyagok helyi felmelegítésére, amelyek hegesztésnél az anyag vetemedésével járó feszültségeket okozzák,
- a különböző fémek összekötésén kívül fémes-nemfémes kapcsolat is létesíthető.

Hátránya:

- némely ragasztóanyagnak a kötés létrehozásához szükséges nyomás (2 MPa) és hőmérséklet igénye (140—195 °C) magas,
- a fajlagos terhelhetősége kicsi, ezért aránylag nagy felületekre van szükség,
- hőhatásra általában érzékeny (nagyobb hőmérséklet csökkentheti a kötésszilárdságot).

Szélvédő, járműelemek, karosszéria ragasztása



Csőek, ragasztása a gyakorlatban

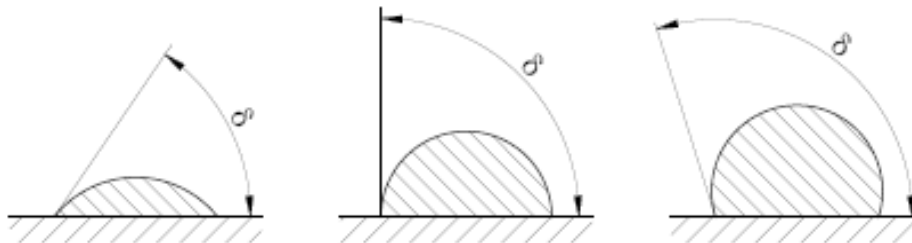


A ragasztóanyagok lehetnek állati eredetűek, növényi alapúak és műanyag származékok.

- Egykomponensűek
 - Kétkomponensűek
- Vagy
- Hőre keményedő
 - Hőre lágyuló

A leginkább elterjedt ragasztóanyagok a poliuretán műanyagragasztók, az epoxigyanták, a fenolgyanták és a Loctite összefoglaló néven ismert ragasztók.

A ragasztott kötés szilárdságát leginkább befolyásoló adhézió erőssége a ragasztóanyag nedvesítő hatásával jellemezhető. A felületre cseppentett folyadék nedvesítése annál jobb, minél kisebb a folyadékfelszín érintője és a fémfelület által bezárt peremszög értéke.



Folyadékcseppek
nedvesítési tulajdonságai

Fémragasztók jellemzői

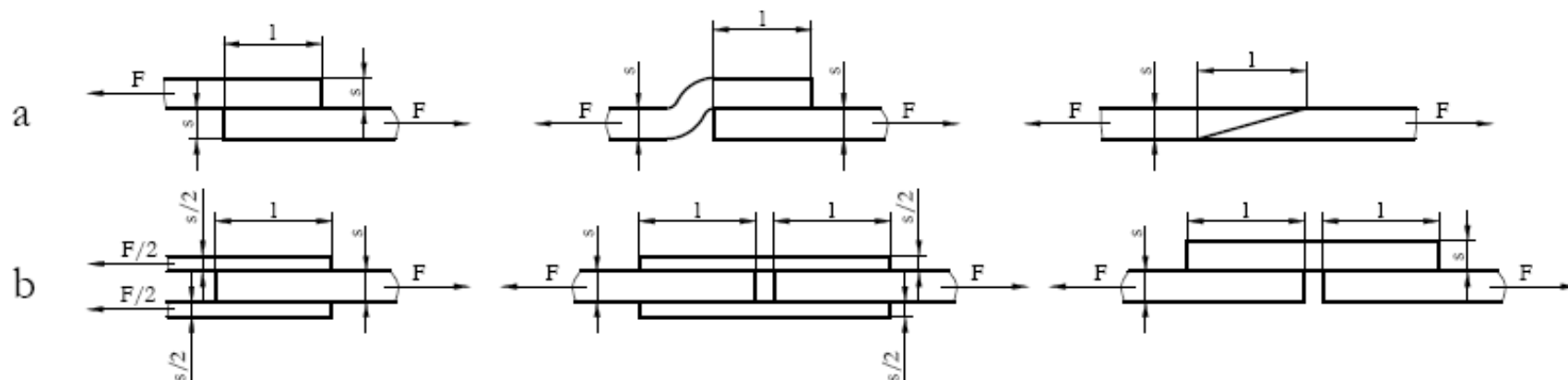
Ragasztó típus	Keményedési feltételek		Átlagos Kötésszilárdság 20 °C-[MPa]	Üzemi hőmérséklet [°C]
	nyomás [MPa]	hőmérséklet [°C]		
Poliészter	csak rögzítés	18. .. 23	15 – 20	- 70...+140
Vinil-,ill. metakril gyanta	csak rögzítés	20 ... 80	35	+ 100
Araldit I.	csak rögzítés	130... 220	27 – 35	- 60...+120
Araldit 101.	csak rögzítés	20...100	10	- 20...+ 70
Epoxigyanta	0,2	100 ... 260	(Al-Al) 25 - 35	- 55...+150
Műkaucsuk	0,3... 0,5-1,00	100... 180 160... 180	Fékbetéthez 3 - 29	...+250 - 45...+260
Fenolgyanta	0,2... 0,3 0,07...0,7	150.. .200 140... 155	(Al-Al) 38 (Al-Al) 20	...+ 90 - 60 ..+ 350
Redux	0,4... 2,0	145 ... 195	35	+100...+200

A ragasztott kötések kialakítási szempontjai:

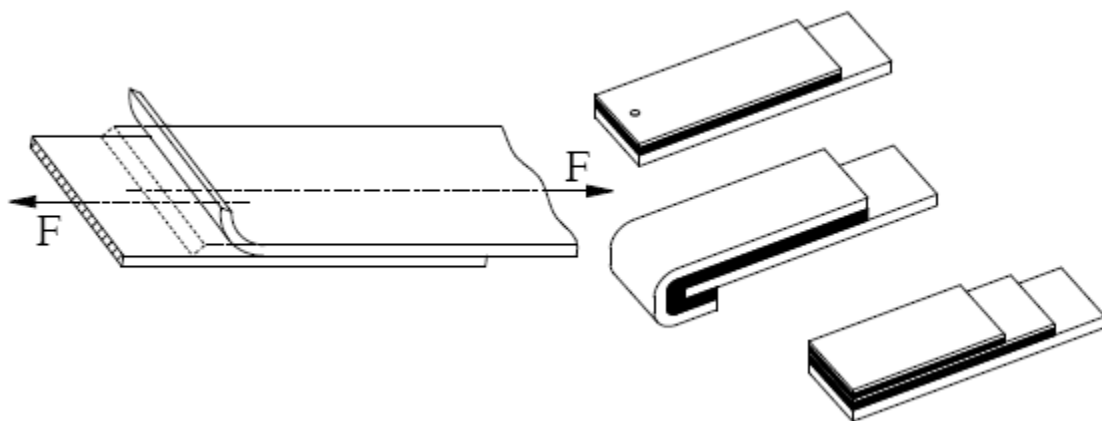
A ragasztott kötések szilárdsága csak részben függ a felhasznált ragasztó tulajdonságaitól. Nagymértékben befolyásolja azt a kötés helyes, vagy helytelen szerkezeti kialakítása is. Elsősorban nyíró igénybevételnek tehető ki, ezért terhelőerő irányú átlapolt vagy hevederes kötést célszerű kialakítani.

Nagy hajlító igénybevétel hatására megindul a lefejtődés, a lemezszélek felválása és csökken a kötés szilárdsága. A lefejtődés veszélyét csavarkötéssel, szegeccseléssel, ponthegeesztéssel, a lemezszél aláhajtásával, vagy kettős lemezvég kialakítással lehet elhárítani.

Átlapolott (a) és hevederes (b) ragasztott kötések



A lefejtődés és az ezt meggátló kötésbiztosítási módok



A lefejtődés veszélyét csavarkötéssel, szegecseléssel, ponthegeesztéssel, a lemezszél aláhajtásával, vagy kettős lemezvég kialakítással lehet elhárítani.

A ragasztott kötések ellenőrzése nyírásra

ahol:

$$\tau_v = \frac{F}{b \cdot l} \leq \tau_{vmeg}$$

- „b” a kötés szélessége
- „l” a kötés hossza.

$$\tau_{vmeg} = \frac{\tau_B}{n}$$

τ_B a ragasztóréteg nyírószilárdsága

n biztonsági tényező

Különböző kötésfajták feszültségeloszlása (a: ragasztás; b: szegecseles; c: hegesztés)

