



**MAGYAR MÉRNÖKI
KAMARA**
Gépészeti Tagozat

Tervezési segédlet

Gépészeti tervezési segédletek III.

A ragasztás

Dr. Bánó Imre

2016.

**Magyar Mérnöki Kamara
Gépészeti Tagozat**

Sorozat címe:
Gépészeti tervezési segédletek

Kötet címe:
A Ragasztás

Szerző:
Dr. Bánó Imre

Sorozat szerkesztője:
Dr. M. Csizmadia Béla

Készült az MMK Feladatalapú pályázatának keretében
2016

Tartalom:**Oldal**

1.	Bevezetés	4
2.	A ragasztó anyagokról	8
3.	A ragasztás fizikájáról és kémiájáról	10
4.	A ragasztás technológiai feltételeiről	17
5.	A ragasztás szilárdságtanáról és méretezéséről	22
6.	A ragasztott kötések fajtáiról, és megoldásairól	38

1. Bevezetés

A ragasztás eredete

A ragasztás az egyik legősibb kötésfajta. Már az ősember is felhasznált a természetben megtalálható különféle növényi és ásványi anyagokat erre a célra. A természeti népek ma is széleskörűen használnak növényi gyantákat, illetve különféle aszfalt származékokat. Különösen érdekes, amikor nem azonos anyagokat ragasztottak össze létrehozva ma is megcsodálható kompozit szerkezeteket.

Ma is széleskörűen használt „ősi” ragasztóanyagok:

Növényi:	Keményítő
	Dextrin
	Szója protein
	Kaucsuk (latex)
Állati:	Kazein (túró enyv, hideg enyv)
	Glutin enyv
	Véralbumin enyv
	Csontenyv
	Halenyv
Ásványi:	Üveg
	Kerámia
	Bitumen

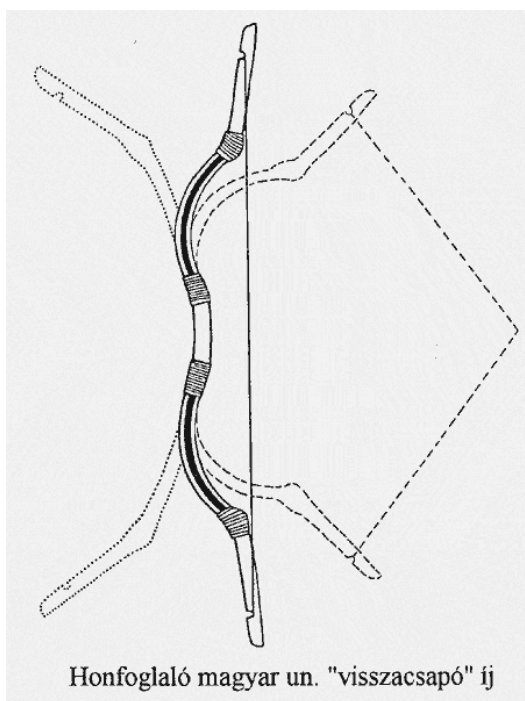
Két példát szeretnék felhozni. Az egyik egy római katonai vasból készült sisak, amelyre ezüst díszítést ragasztottak fel, olyan jó minőségben, hogy kibírta közel két évezred viszontagságait (főként földbe temetve) (1. ábra)



1. ábra

□

A másik ilyen példa, a pusztai „íjlesztő” népek, többek közt őseink által is használt, az ellenség által rettegett reflex íj (sagittis Hungarorum libera nos Domine) (2. ábra).



2 ábra

A hagyományos merevszervű reflex íjak rendszerint három fő anyagfőleség felhasználásával készülnek. A karok belső magja fa, ezt az íj hátán (tehát az íj cél felé néző oldalán) állati ínaktól, főként a ló, a szarvasmarha és a szarvas lábában található hosszú ínaktól készített réteg fedi. Ez az ínreteg jól viseli az íj megfeszítésekor fellépő húzó igénybevétele a fánál megközelítőleg négyszer jobban. Az íjkarok belső (hasi) fedő rétege szaru, amit bizonyos szarvasmarhafajták, vízibivaly, kecskefélék tülkéből nyernek. Ez a szaruréteg mintegy tízszer jobban ellenáll a hajlítás során, a hasi oldalon jelentkező nyomó igénybevételnek, mint a keményfa. A külső és belső fedőréteg halenyvvel van a farétegre felragasztva, amely deformáció hatására nem törik el, hanem képes az alakváltozásra. A halenyvet bizonyos tokfélék úszóhólyagjából nyerték.

A ragasztás előnyei

- Kisebb szerkezeti tömeg

- A szerkezeti anyagok szilárdságának jobb statikus kihasználása. A terheléseket felvevő keresztmetszeteket, ragasztott elemekkel (differenciál szerkezetek) jobban közelíthetjük az ideálshoz. Különböző rugalmasságú és teherbírású anyagokat könnyeben kombinálhatunk
- Magasabb kifáradási szilárdság. Feszültségcsúcsok csak a ragasztóanyag rétegben keletkeznek, ezek az anyagok pedig nem kifáradásra érzékenyek. El tudjuk kerülni a pontszerű erőbevezetések körüli feszültségcsúcsokat.
- A húzási tartományban nagyobb szilárdságú anyagok felhasználásának a lehetősége. A ragasztás használata biztosítja azt, hogy különböző tulajdonságú anyagokat használjunk fel a húzó, nyomó, és a nyíró illetve csavaró terhelést felvevő elemek kialakításánál.
- Jobb "Fail Safe" tulajdonságok. A ragasztott szerkezetek, vagy elemek használata lehetőséget kínál arra, hogy jelentősen, több nagyságrenddel csökkentsük a károsodások kialakulásának sebeségét. Ezzel lehetőséget biztosítanak arra, hogy rendszeres ellenőrzések bevezetésével, időben felfedezzük a különféle repedéseket és károsodásokat és kijavíthassuk azokat, mi előtt katasztrófa következne be.
- A károsodott szerkezetek jobb és újszerű javíthatósága. Ragasztott szerkezetek sokkal jobban javíthatók. Hagyományos szerkezetek károsodását ragasztott elemek használatával olyan esetekben is kijavíthatjuk, ahol csak alkatrész vagy egész egységek teljes cseréje lenne szükséges.
- Az anyagok jobb kihasználhatósága (méretezés). A különböző anyagok felhasználásával, és azok méreteinek lehetséges csökkentésével jobban megközelíthetjük a leggazdaságosabb szerkezeti kialakítást.

- Jobb alakhűség és jobb felületi minőség. Ez különösen az áramlással kapcsolatos gépeknél és rendszereknél fontos.
 - A helyi megzavarások elkerülése. A szegecs és csavarkötéseknél többnyire kiálló részek, különösen az áramlások azon részén, ahol a határréteg lamináris lehet.
 - A kisebb átlapolások miatti jobb kontúrkövetés. A nem áramlásoldali hevederes kötéseknel elérhetjük a közel tökéletes felületkialakítást is. Ragasztott belső merevítésekkel csökkenteni tudjuk a felület hullámosodását. Elkerülhetjük a szegecselés során elkerülhetetlen felületi torzulásokat.
 - A merevségi ugrások csökkentése. A fáradási – élettartam, kérdéseknél, illetve a deformációs problémáknál igen fontos, hogy elkerüljük a szerkezetben a merevségi ugrásokat. A ragasztott szerkezeti megoldások lehetőséget adnak a konstruktőrnek az ilyen problémák egyszerű megoldására.

A ragasztás hátrányai

- Nagyobb technológiai követelmények. A ragasztás „bizalmi” technológia. A ragasztási technológiától való eltérés okozta hibák igen nehezen, vagy egyáltalán nem deríthetők fel időben (pld. rossz felületkezelés, fazékidő túllépése, nem megfelelő hőfokok, stb.)
- A jó ragasztóanyagok magasabb árai.
- Gondosabb tervezést és méretezést kíván
- Öregedés

2. A ragasztó anyagokról

A ragasztóanyagok olyan nemfémes anyagok, amelyek szilárd felületeket jó nedvesítéssel és az ebből eredő tapadással, valamint kialakuló saját szilárdságuk által kötnek össze

A ragasztóanyagok fő összetevője a kötőanyag, más néven gyanta, műgyanta illetve enyv.

További összetevők: oldószerek, hígítók, sűrítők, töltőanyagok, pigmentek, tapadás növelők, térhálósító szerek, gyorsítók (katalizátor), lágyítók, nedvesítő szerek, stabilizátorok a tulajdonságok módosítására (viszkozitás, nedvesítés, kohéziós, hőállóság)

Ma már az ipar rendkívül sokféle ragasztóanyagot gyárt többnyire fantázianevek alatt, pontos összetevőit csak a gyártók ismerik. Ennek a könyvnek nem célja, hogy a különféle gyártmányokat ismertesse, ha valakinek szüksége van a ragasztóanyag minősítésére, vagy konkrét fizikai adataira, akkor ezeket a gyártótól (kereskedőtől) tudja beszerezni.

A ragasztók állaguk szerint lehetnek:

Folyékonyak: oldat
diszperzió
szuszpenzió
folyékony pre polimer

Szilárdak: por
granulátum
fólia, rácsfólia
szalag, huzal

Eredetük szerint

Természetes ragasztóanyagok

Növényi: Keményítő
Kaucsuk
Cellulóz
Gyanta, stb.

Állati: Hideg enyv
Csontenyv
Tojásfehérje, stb.

Ásványi: Mész
Cementek
Vízüveg, stb.

Szintetikus ragasztóanyagok

Polimerizációs:	Polibutadién
	Poliizobutilén
	Polikloroprén
	Polisztirol
	Poliakrilátok
	Polivinilacetát
	Polivinilalkohol
	Polivinilacetálok
	Poliviniléterek
	Polivinilklorid
	Polivinilidénklorid

Kötési mechanizmus szerint lehetnek:

fizikai úton kötő: oldószer párolgás útján
 lehűlés során

kémiai úton kötő:- polikondenzációs
 poliaddíciós
 polimerizációs

fizikai és kémiai úton kötő

A kötés hőmérséklete szerint lehetnek:

hidegen kötő
melegen kötő

A kötés oldhatósága szerint:

oldható
oldhatatlan

Felhasználási kötésszilárdság szerint:

szerkezeti és nem szerkezeti
kis kötésszilárdságú, tartósan tapadós (ragasztó szalagok)
kontakt ragasztók (reverzibilis, melegítéssel oldható)

3. A ragasztás fizikájáról és kémiájáról

A ragasztással kapcsolatban két fontos fogalmat kell megismernünk, az egyik az adhézió, a másik a kohézió.

Az **adhézió** egymástól különböző molekulák között fellépő vonzó kölcsönhatás, esetünkben a felületek közötti tapadóképesség. Az adhézió az érintkezésbe hozott felületek anyagi részecskéi (ionok, molekulák, atomok) közti vonzóerővel magyarázható. Az adhézió teszi lehetővé a ragasztást, az írást, erősen összeszorított felületek összetapadását, por, szennyeződés megtapadását a felületeken.

Mechanikus adhézió

A kölcsönhatásban részt vevő anyagok kitöltik a határfelületen található pórusokat, egyenetlenségeket ezzel gyakorlatilag egymásba kapaszkodva. Példa erre a varrat, a tépőzár.

Kémiai adhézió

Mikor két anyag vegyületet alkot a határfelületen. A legerősebb kapcsolat akkor jön létre, ha az anyagok ionos- vagy kovalens kötést alakítanak ki egymással. Gyengébb kapcsolatot eredményez például a hidrogén-híd.

Diszperz adhézió

A diszperz adhézió, vagy más néven, adszorpció esetén a van der Waals-erők tartják össze az anyagokat.

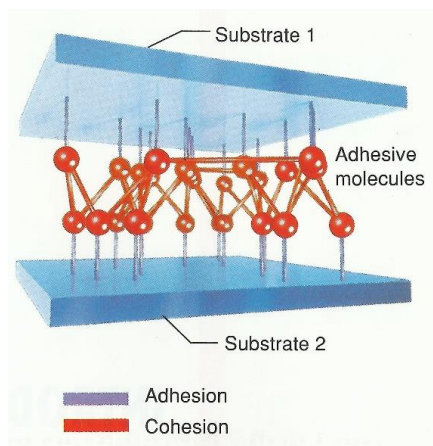
Elektrosztatikus adhézió

Bizonyos anyagok elektronokat cserélhetnek, elektromos töltéskülönbséget hozva létre a határfelületen. Ez egy kondenzátorszerű struktúrát eredményez és vonzó elektrosztatikus erőt hoz létre az anyagok között.

Kohéziós erőnek nevezzük a szilárd anyag atomjai, vagy a folyadék molekulái között fellépő vonzóerőt. Maga a jelenség pedig a kohézió. Az elnevezés a latin *coahero* szóból ered, melynek jelentése *összetartani, összetapadni, együtt maradni*.

A ragasztás esetében mindkét jelenséget figyelembe kell vennünk. Mennél vékonyabb a ragasztó réteg, annál inkább az adhézió határozza meg a ragasztó szilárdságát, azonban mint később látni fogjuk, célszerű a ragasztó réteg vastagságát egy viszonylag nagy értéken tartani. Ebben az esetben a ragasztó anyag kohéziója is fontos szerephez jut. A 3. ábrán jól szemlélhetjük ezeket a viszonyokat.

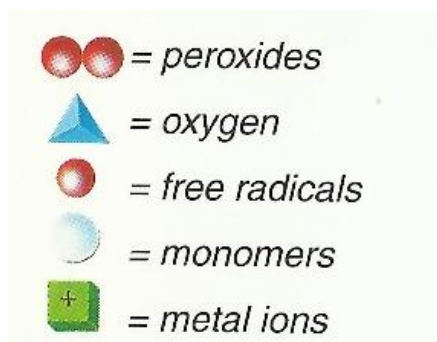
A ragasztásban a molekulák közötti adhézíós és kohéziós erők.



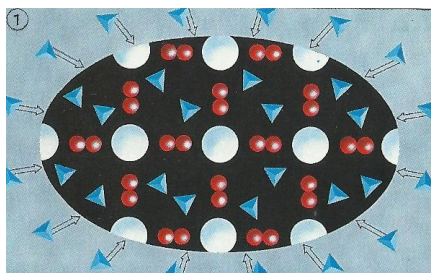
3.ábra

A sokféle ragasztó kikeményedésekor szigorúan be kell tartani a gyári előírásokat. Hogy fogalmunk legyen a közben lejátszódó folyamatokról, ezért két tipikus kikeményedési folyamatot mutatunk be a következőkben. Hangsúlyozni kell azonban, hogy mindig a alkalmazott ragasztó tényleges viszonyait vegyük figyelembe.

A ragasztó kikeményedési folyamata Anaerobic reakcióval



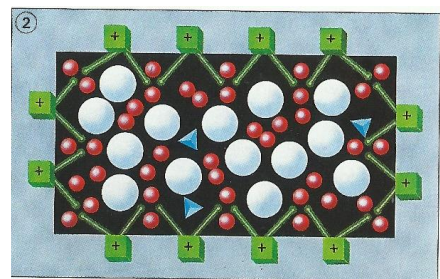
1. Folyadék állapot



4.a ábra

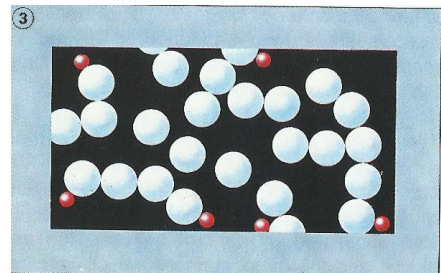
2. Megindul a folyamat

a peroxidok szabad gyökei a
fémionokhoz kapcsolódnak



4.b ábra

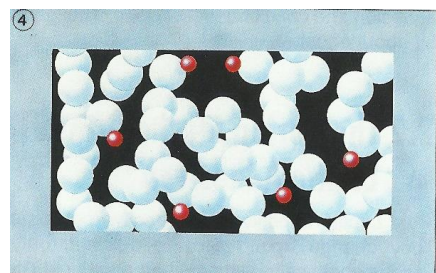
3. Elkezdődik a polimerizációs folyamat



4.c ábra

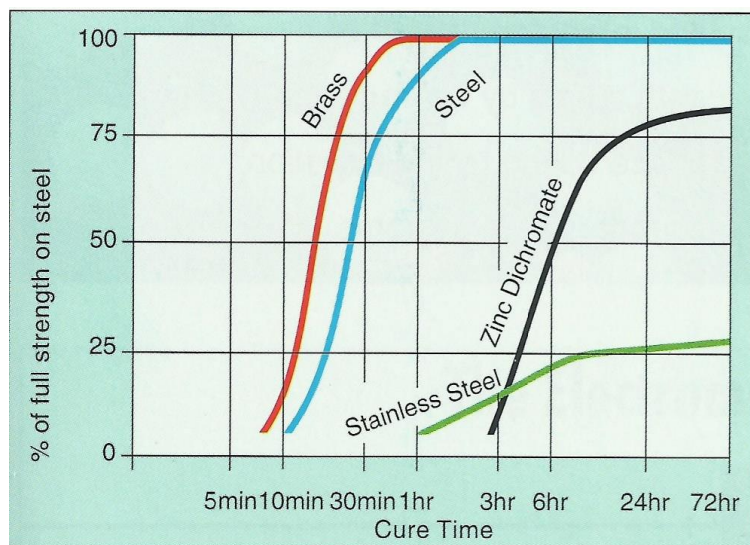
4. Kikeményedett állapot

Láthatók a „keresztbe kötött”
polimer láncok



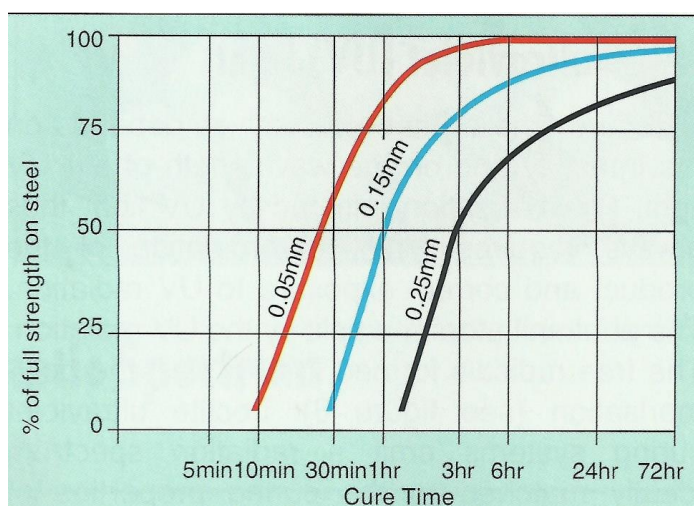
4. d ábra

A kikeményedés sebessége függ a ragasztandó anyagtól is. Ezt mutatja az 5. ábra



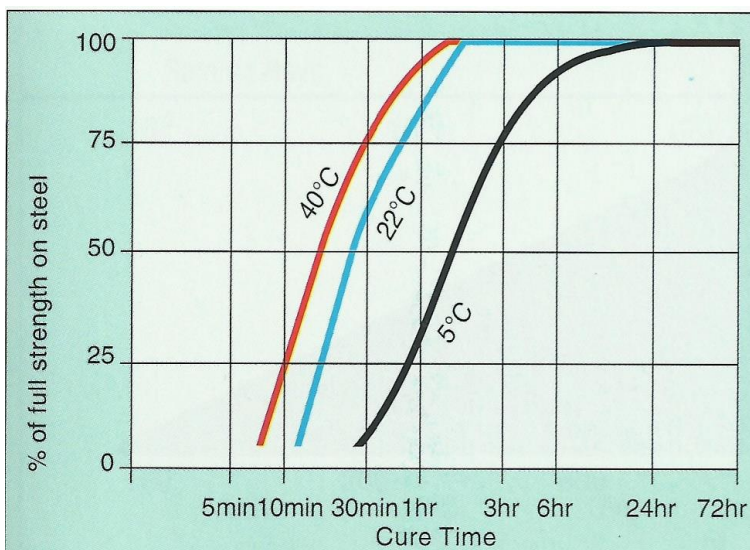
5. ábra

A ragasztás szilárdsága függ a kikeményedési időtől és a rétegvastagságtól (6. ábra)



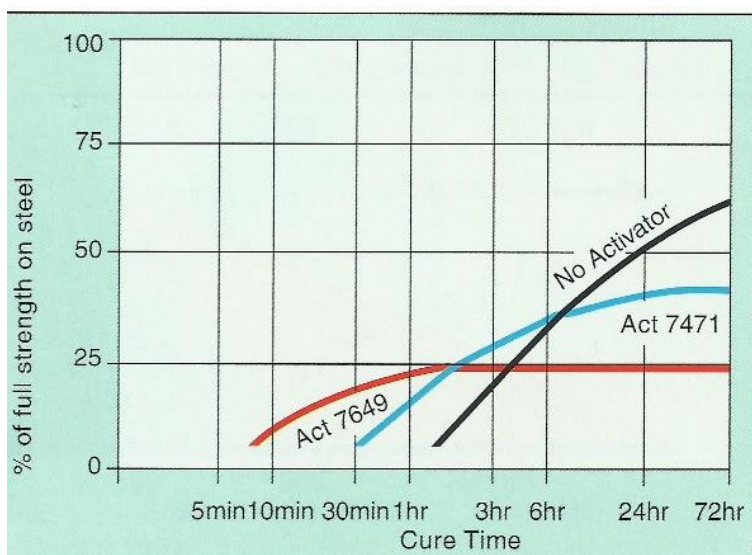
6. ábra

A ragasztás szilárdsága függ a keményedési időtől és a keményedési hőmérséklettől (7. Ábra)



7. ábra

A ragasztás szilárdsága függ a kikeményedési időtől és a használt aktivátortól (8. ábra)



8. ábra

Vannak olyan anyagok amelyek különösen erősen aktívak, ez gyors kikeményedést eredményez. Ilyen aktív anyagok a

Sárgaréz
Bronz
Vörösréz
Vas
Acél

Azoknál az anyagoknál, ahol ez az aktivitás gyengébb a kikeményedés lassúbb. Ilyen passzív anyagok az

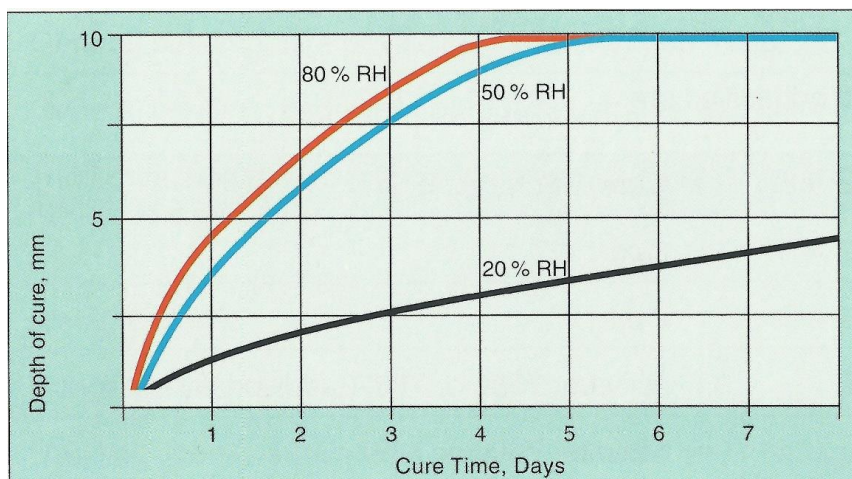
Eloxált felület
Alumínium (kis réz tartalom)
Kerámiák
Üveg
Magasan ötvözött acélok
Nikkel
Műanyagok
Ezüst
Rozsdamentes acél
Ón
Cink

Ezeket a tulajdonságokat figyelembe kell vennünk a ragasztási technológia kiválasztásánál.

Egy másik tipikus ragasztóanyag fajta, amelyik a levegő hatására keményedik ki a

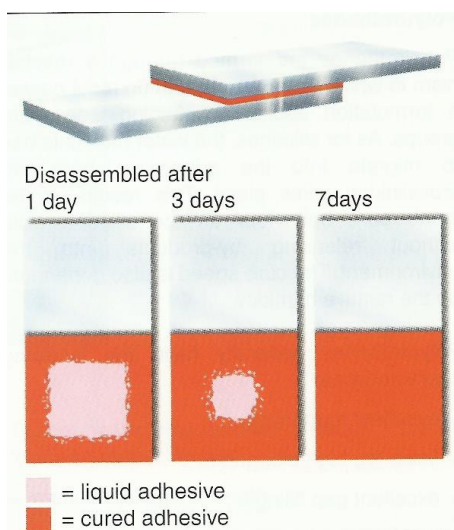
Szilikon ragasztók

Szilikonoknál a kikeményedés sebessége függ a levegőben található nedvességtől (9. ábra)



9. ábra

Tipikus szilikon ragasztás kikeményedési folyamata (10. ábra)



10. ábra

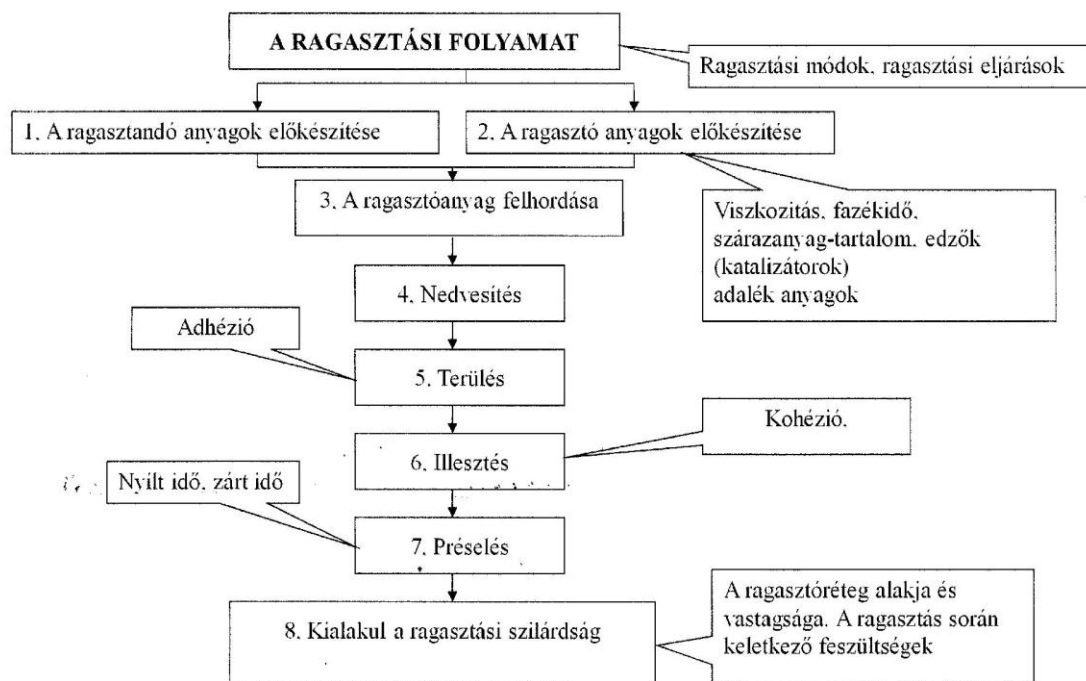
4. A ragasztás technológiai feltételei

Tisztaság !!!

Technológiai feltételek betartása

Fazékidő betartása

Tekintsük át a ragasztás folyamatát (11. ábra)



11. ábra

A ragasztandó anyagok előkészítése

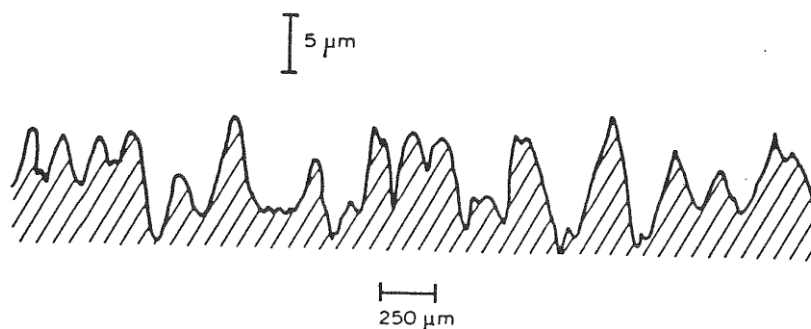
A megragasztani kívánt alkatrészek előkészítése a ragasztás legfontosabb, és legnagyobb gondosságot igénylő feladata. Ezeken a műveleteken múlik a ragasztás minősége és megbízhatósága. A ragasztás „bizalmi” technológia, mert az utólagos, roncsolásmentes ellenőrzést ritkán tudjuk megvalósítani, ezért igen fontos a munkások megfelelő oktatása, a tisztasági követelmények legmesszebb menőkig történő betartatása. Ma már nem okoz különleges költségeket a ruházat, illetve a kesztyű használata. (eldobható papírruha, kesztyű stb.). Alapelv, hogy a ragasztandó tárgyakhoz kézzel, vagy nem megfelelően tiszta szerszámokkal nyúlni a **legszigorúbban tilos**.

Ragasztás előtt a ragasztandó felületeket a ragasztóanyagnak megfelelő technológia szerint elő kell készítenünk a tapadás elősegítésének érdekében. Ezek a folyamatok a:

- A felületek érdesítése
- A Zsírtalanítás
- Az esetleges aktivátorral való kezelés

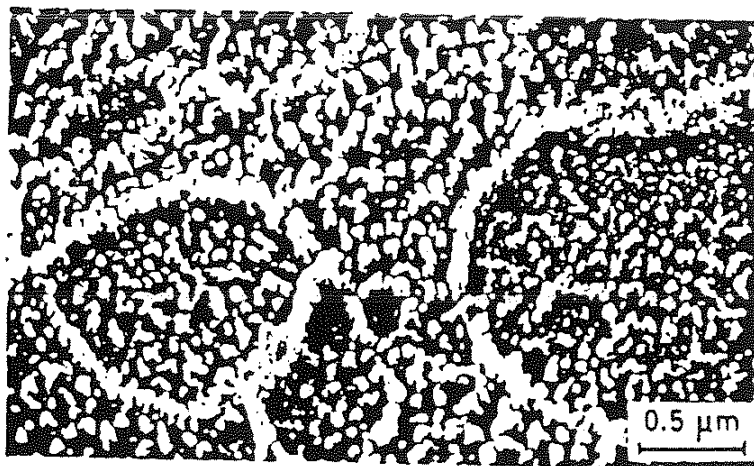
A felületeket, annak érdekében, hogy a tapadó felületeket megnöveljük, illetve jobban kihasználhassuk a kohéziós erőket, érdesíteni kell. Az érdesítés történhet mechanikusan (igen finom csiszolóvászonnal, stb.), vegyi maratással, illetve a legjobb eredményt adó „anodizálással”, azaz elektromos áram segítségével történő elektrolitikus folyamatokkal. A 12 – 16 ábrák mutatják ezek eredményeit.

Mechanikusan csiszolt felület



12. ábra

Vegyileg kezelt felület

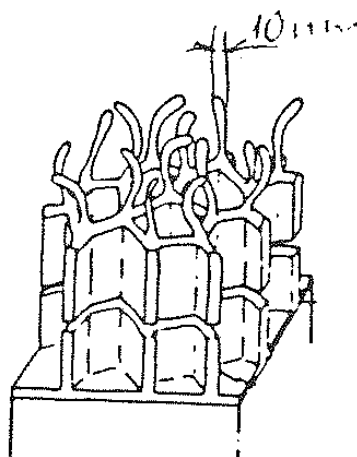


13. ábra

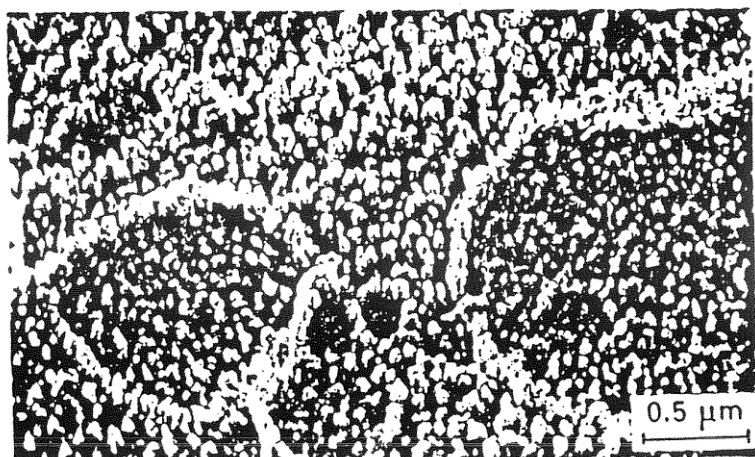
Elektronmikroszkóp
felvétel

3D rajz

14. ábra



Anodizált felület

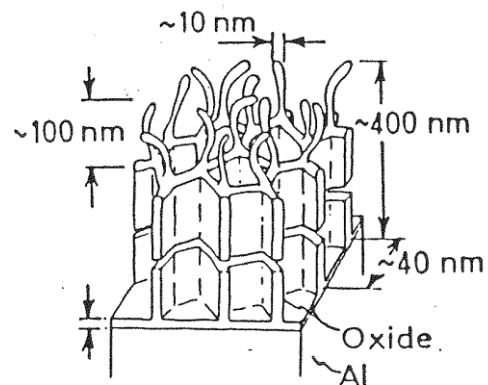


15. ábra

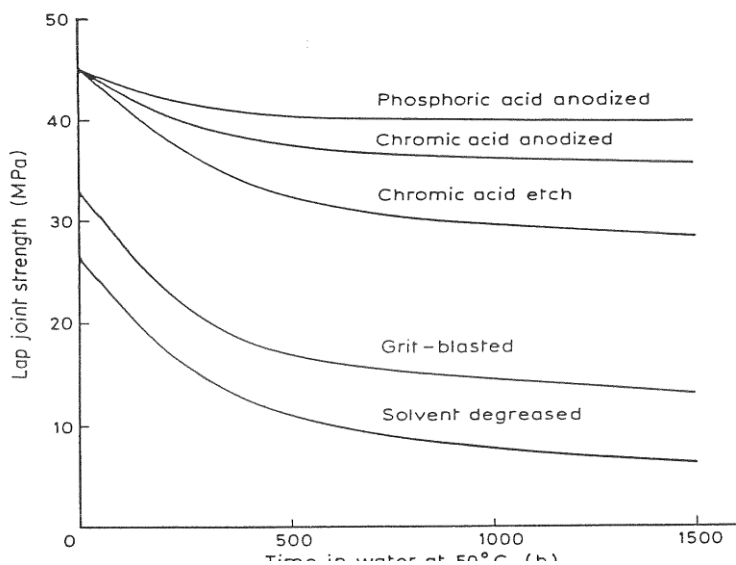
Elektronmikroszkóp
felvétel

3D rajz

16. ábra



A 17. ábrán összehasonlítjuk ezeknek a ragasztás szilárdságára gyakorolt hatását 50 C°-on történt öregbítés után

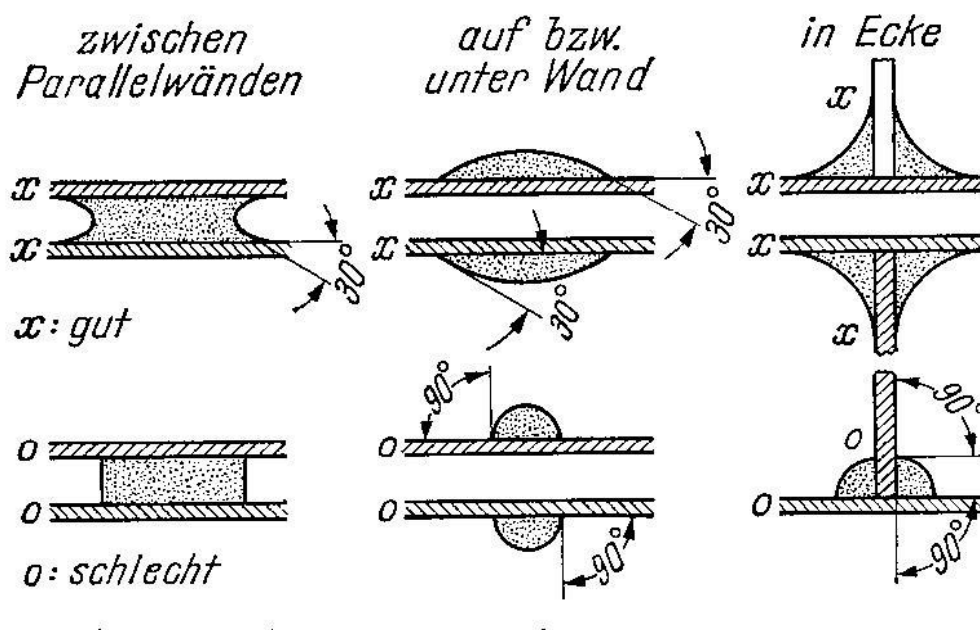


17. ábra

Igen fontos a felületeknek a ragasztás előtti zsírtalanítása. A zsírtalanítás több lépcsős folyamat is lehet, a ragasztó anyagtól függően. Vigyázzunk a gyártó előírásaira, mivel az esetleges oldószermaradvány leronthatja a ragasztás szilárdságát.

Mikor jó és mikor rossz a ragasztóanyag tapadása

Amennyiben új ragasztót, ragasztandó anyagot, illetve technológiát kezdünk használni célszerű megvizsgálni a ragasztó anyag tapadását és terülését. Ha kényes és fontos ragasztásokról van szó, akkor a Minősbiztosítási kézikönyvünkben írjunk elő rendszeres vizsgálatokat is. Hogy mikor jó és mikor rossz a ragasztóanyag tapadása azt a 18. ábrán mutatjuk be.



18. ábra

5. A ragasztás szilárdságtanáról és méretezéséről

Meg kell különböztetnünk a ragasztó és a ragasztás szilárdságát. A kettő jelentősen eltér egymástól. A gyártók csak a ragasztás szilárdságát szokták közölni, bár ez is annyi technológiai paramétertől függ, hogy csak tájékoztató adatként vehetjük figyelembe, fontos szilárdsági méretezéshez nem. A ragasztás szilárdságát, a geometriai kialakításon kívül, az alkatrészek anyagának nagymértékben eltérő rugalmassági modulusai miatt, befolyásolják a ragasztó rugalmassági tényezői is. Célszerű tehát saját méréseket végezni. A mérésekhez cső alakú próbatesteket ajánlatos használni.

A ragasztó szilárdsága és merevsége

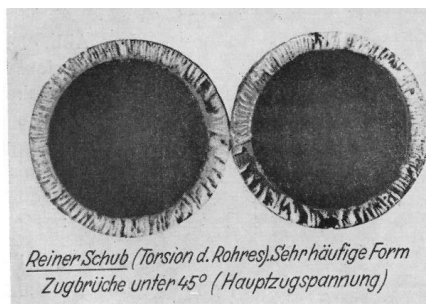
A következőkben bemutatjuk az ilyen próbatestek törésképeit is (19. ábra). A következő tényezőket kell meghatároznunk:

$$\begin{aligned} \sigma_B \\ \tau_B \\ E(\delta, t) \\ G(\delta, t) \\ \nu \end{aligned}$$

A rugalmassági tényezők között a következő összefüggések vannak:

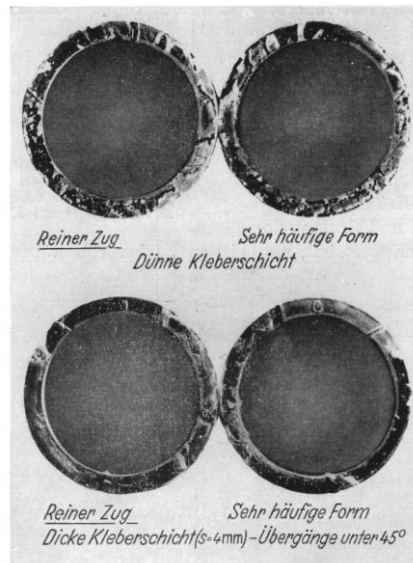
$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)} = 0,38 E$$

Tiszta nyírás



19a. ábra

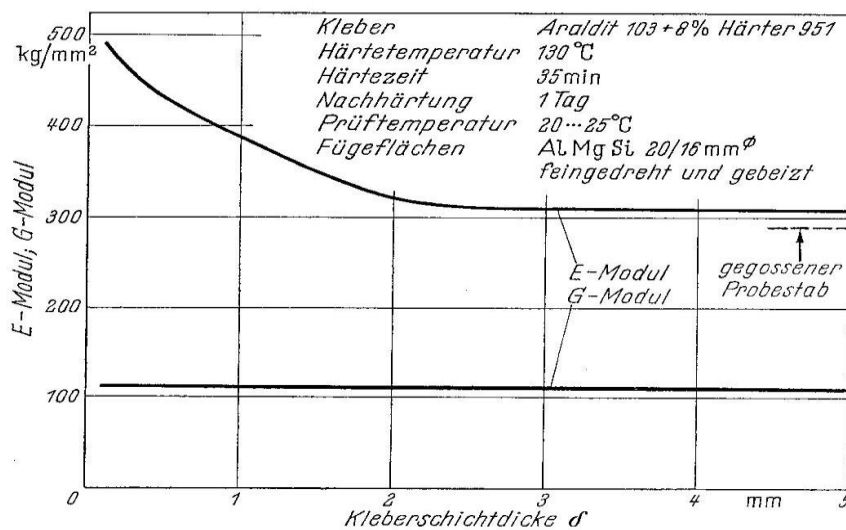
Tiszta húzás, vékony ragasztó réteg



19b. ábra

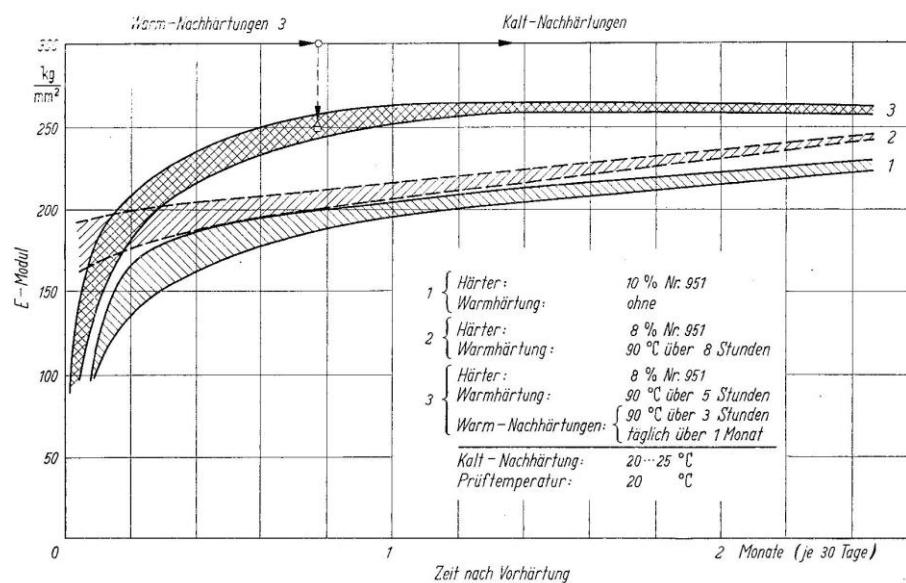
Tiszta húzás, vastag ragasztó réteg

Fontos, hogy a rugalmassági tényezők több tényezőtől is függenek. A 20. ábra mutatja, hogy miként függenek a ragasztó rétegvastagságától.



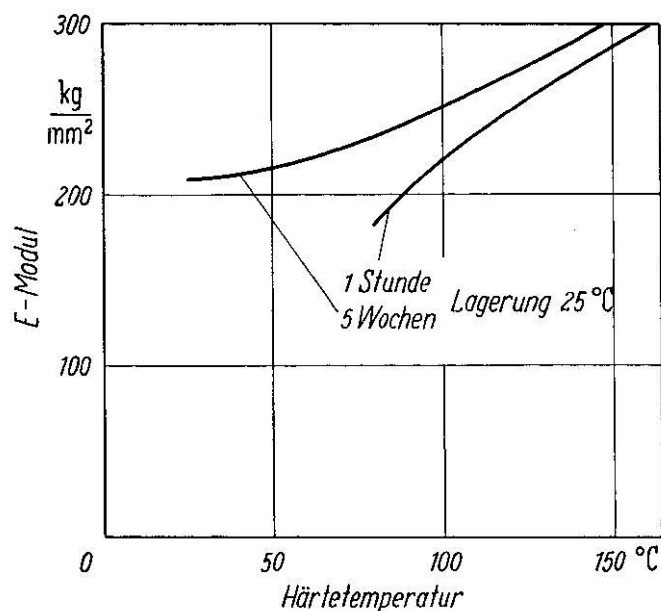
20. ábra

Az E modulus az idő múltával növekszik. A ragasztó „bekeményedik” és ez csökkenti a ragasztás teherbírását. Ezt mutatja be a 21. ábra.



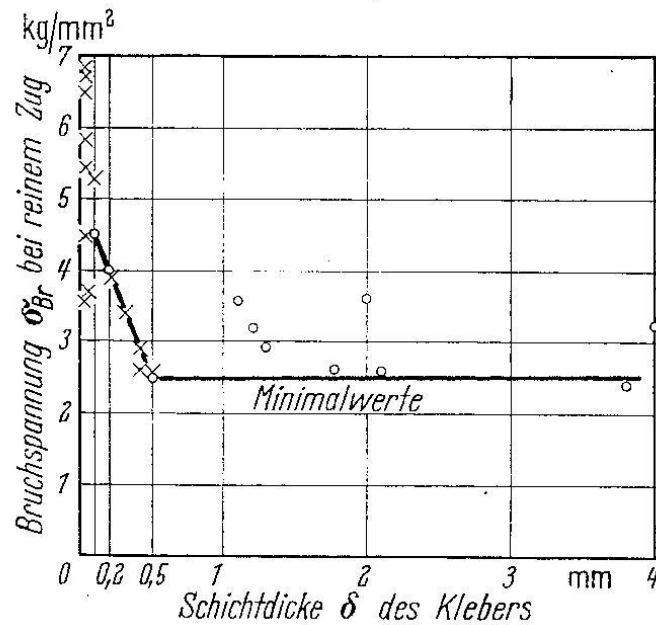
21. ábra

A ragasztók hőkezelése is jelentősen megváltoztatja az E modulust. Ezt mutatja be a 22. ábra.



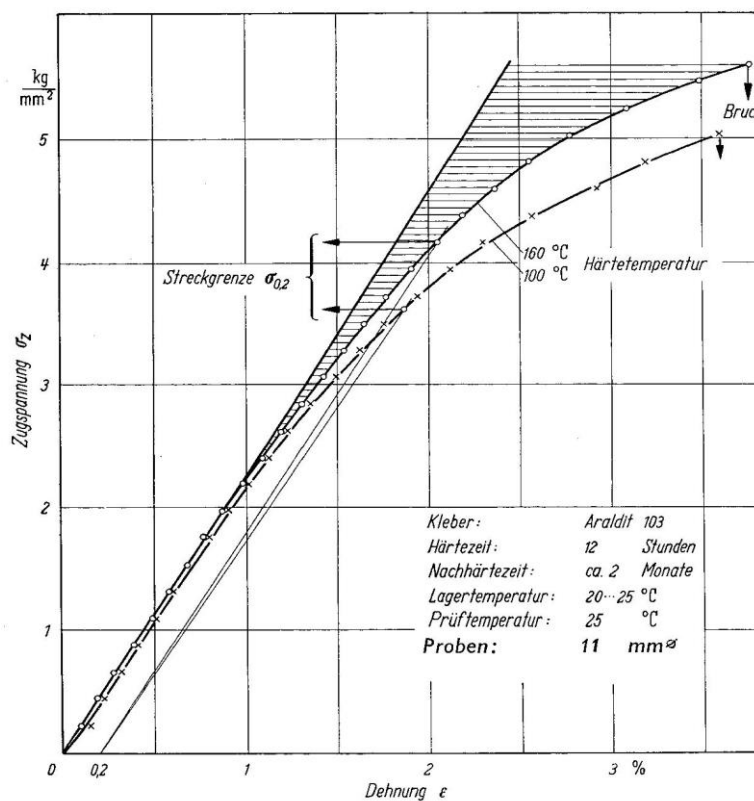
22. ábra

A ragasztó húzószilárdsága függ a ragasztó rétegvastagságától, annak arányában, hogy az adhéziós és kohéziós erők hogyan hatnak rá. Ezt láthatjuk a 23. ábrán is.



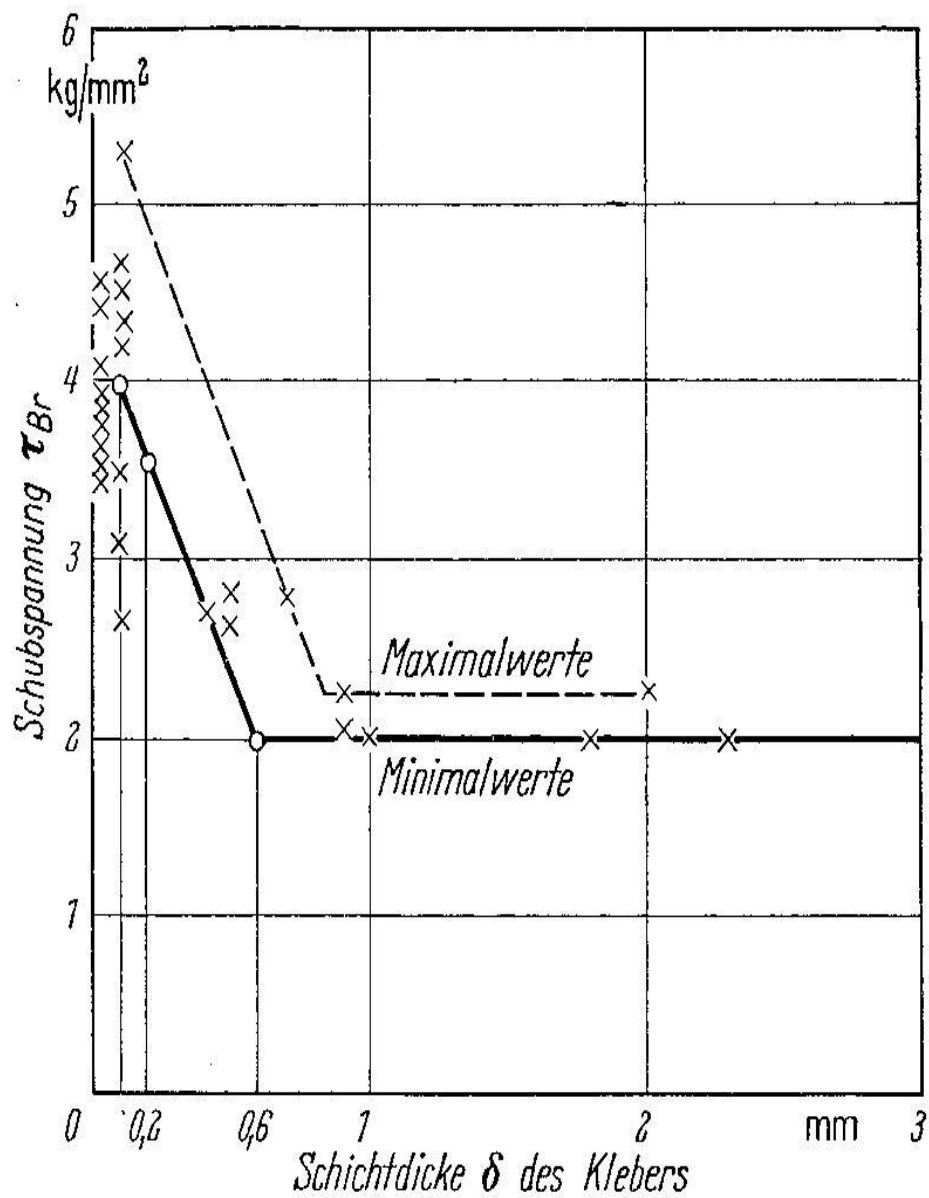
23. ábra

24. ábrán bemutatunk egy tipikus ragasztóanyag szakítási diagramot.



24. ábra

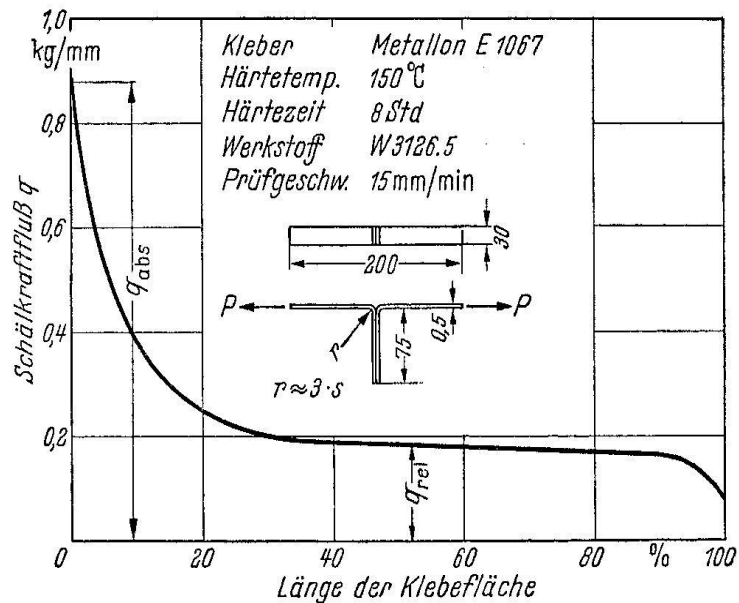
A ragasztott szerkezetek méretezésénél az egyik legfontosabb érték a ragasztó nyírószilárdsága. Ez is függ a ragasztó rétegvastagságától. Ezt mutatjuk be a 25. ábrán



25. ábra

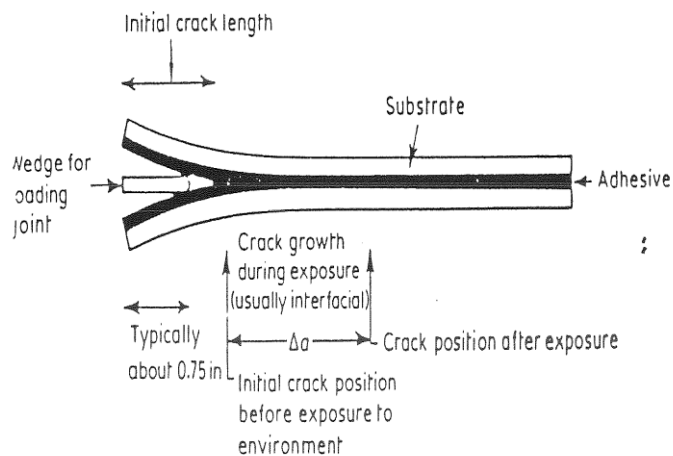
Van a ragasztásoknál egy rendkívül fontos tulajdonság, amely máshol nem fordul elő, ez a hántoló vagy lefejtő szilárdság. Mérésére nincs kialakult szabványos eljárás. Itt két ilyen módszert mutatunk be. Az egyik az un. Winter próba (26. ábra), a másik a Boeing által alkalmazott eljárás (27. ábra).

Winter próba



26. ábra

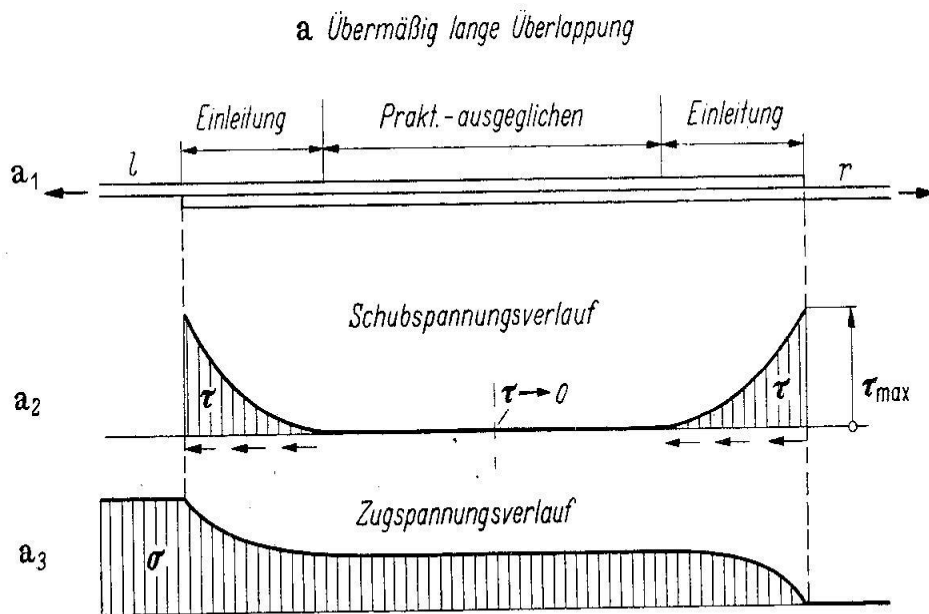
Boeing próba



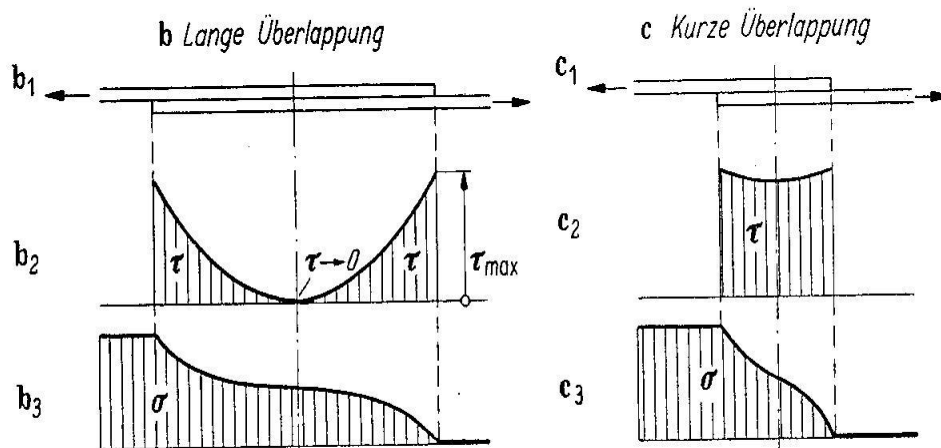
27. ábra

A ragasztás szilárdsága

A ragasztás szilárdságának számításánál figyelembe kell vennünk, hogy az összekötendő testek között egy teljesen más tulajdonságú, sokkal rugalmasabb anyag viszi át a terhelést, nyírás formájában. Ezért a két szélén feszültségcsúcsok keletkeznek, míg a kötés közepén a nyírófeszültség gyakorlatilag akár nullára is lecsökkenhet. A 28. ábrán szemlélhetjük a ragasztórétegben fellépő nyírófeszültség, illetve a összekötendő részekben lévő húzófeszültségek lefolyását.



28. ábra



A ragasztott kötéseknel a törés mindig a széleken, a feszültségcsúcsokban következik be. A feszültségcsúcsokat a ragasztóréteg nyírómerevségének és a kötendő részek húzómerevségének a viszonya határozza meg. Erre vezette be Volkersen a következő viszonzyszámot:

$$K_v = \frac{G}{E} \frac{l^2}{s \delta}$$

Ahol

l = átlapolás hossza

s = lemezvastagság

δ = ragasztóréteg vastagsága

Azonos Volkersen szám, azonos feszültségcsúcsokat jelent, mennél nagyobb a Volkersen szám, annál nagyobbak a feszültségcsúcsok.

A feszültségcsúcsok meghatározásához bevezethetjük a feszültségcsúcs tényezőt, amely a feszültségcsúcs viszonyát mutatja az átlagos feszültséghez képest.

$$f = \frac{\tau_{\max}}{\tau_{\text{átl}}}$$

A kötendő részek merevsége igen gyakran különböző, ezért be kell, hogy vezessünk egy merevségi viszony tényezőt is:

$$\omega_1 = \frac{E_1 s_1 + E_2 s_2}{E_1 s_1}$$

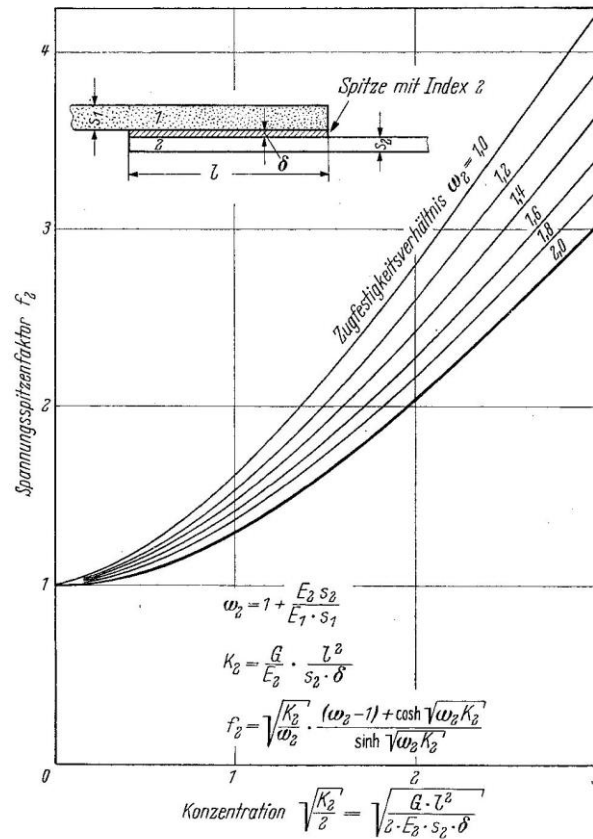
Ahol:

E a rugalmassági modulus

s a kötendő rész vastagsága

A 29. ábra segítségével meghatározhatjuk a megfelelő feszültségcsúcsokat.

29. ábra



Meghatározhatjuk a következő tényezőket:

Feszültségtényező:

(tisztá nyíró kísérletek)

$$\psi = \frac{\tau_{Br} \delta}{\tau_{Br Basis}}$$

Feszültségtényező:

$$\varphi = \frac{f_\delta}{f_{Basis}}$$

Igénybevételi tényező:

(törésveszély az alaphoz képest)

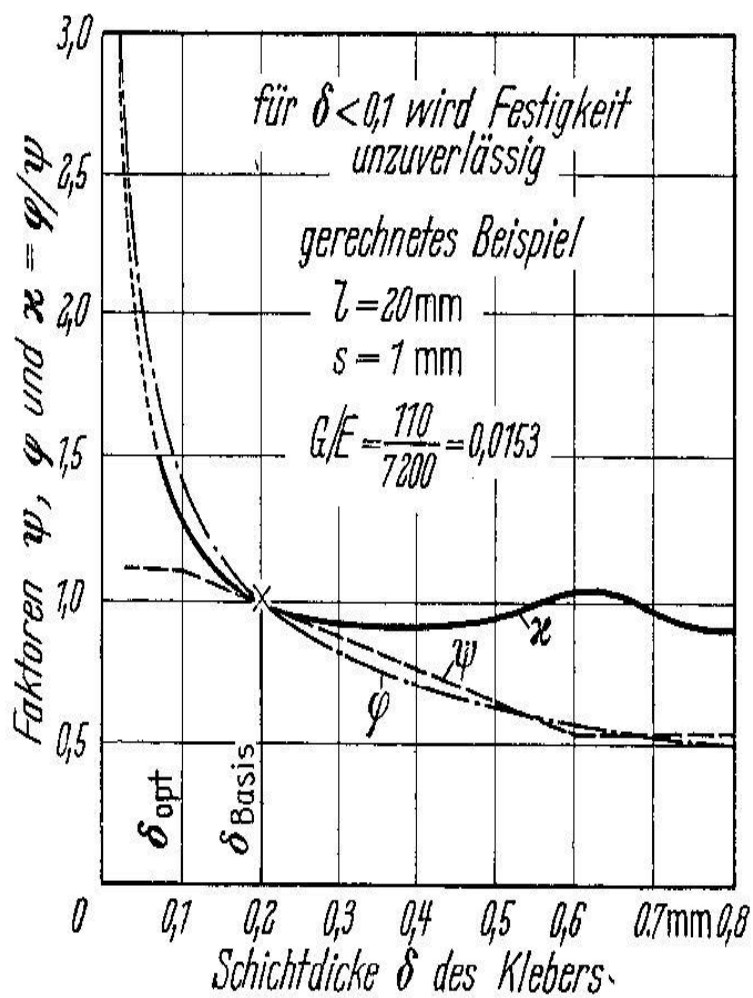
$$\kappa = \frac{\varphi}{\psi}$$

A 30. ábrán lévő példán láthatjuk ezeknek a tényezőknek a változását ha:

$$l = 20 \text{ mm}$$

$$s = 1 \text{ mm}$$

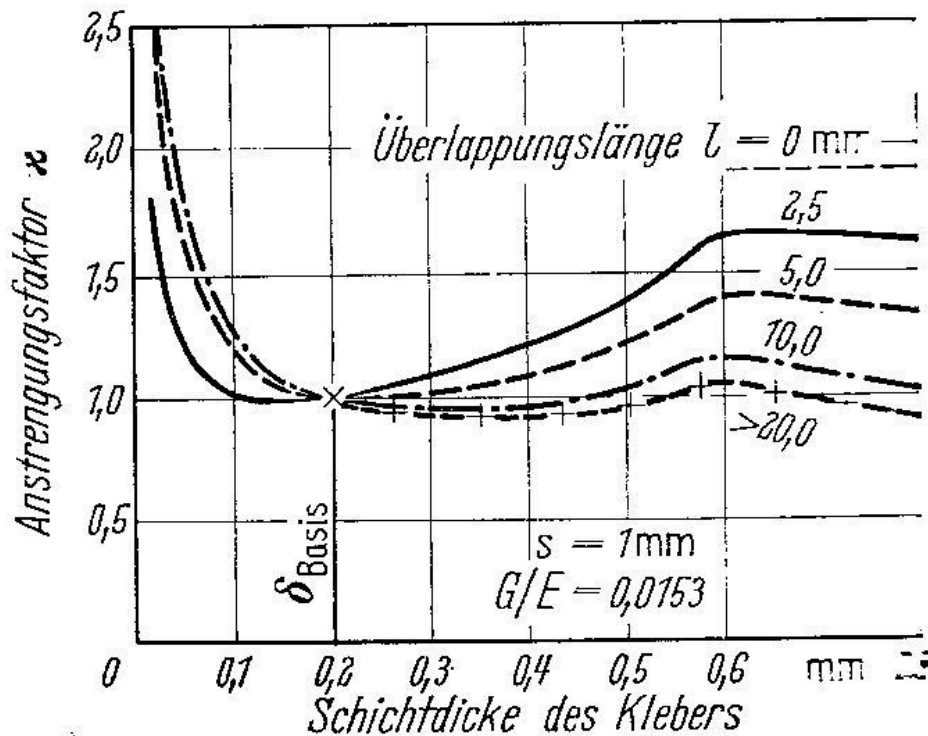
$$G/E = \frac{110}{720} = 0,0153$$



30. ábra

Láthatjuk, hogy a ragasztás szilárdsága gyakorlatilag 0,2 és 0,8 mm-es rétegvastagság között nem változik.

A 31. ábrán láthatjuk az igénybevételi tényező változását a rétegvastagság függvényében, ha változtatjuk az átlapolási hosszt.



31. ábra

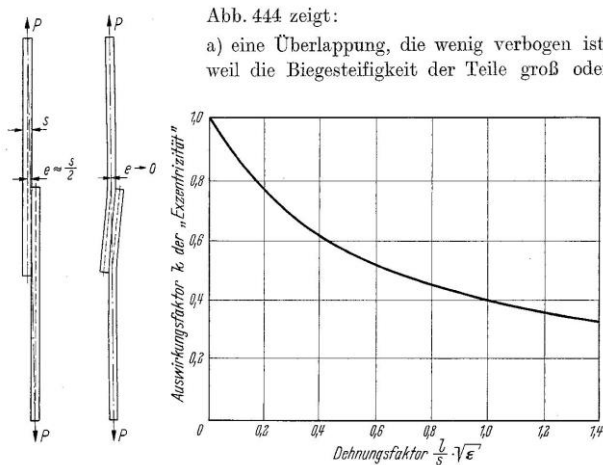
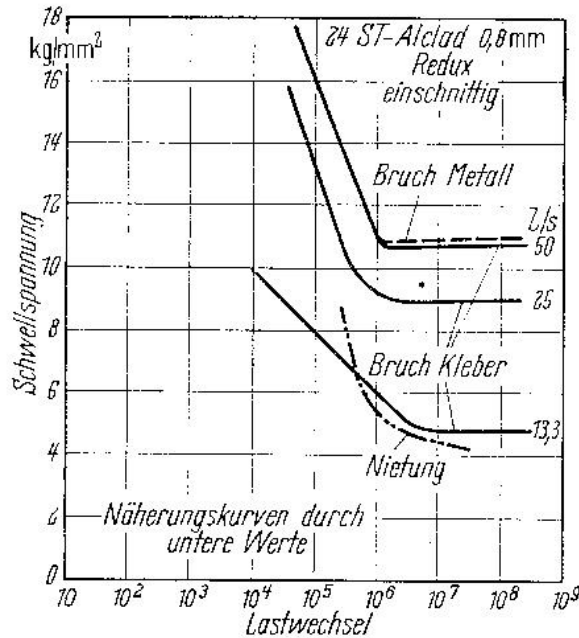


Abb. 444. Überlappungsstoß. Exzentrizitätsmoment — Abminderungsfaktor k
[Formel von GOLAND u. REISSNER: J. appl. Mechan. 11 (1944)]

Egy egyszeri átlapolásos húzó nyíró kötés esetén a ragasztórétegben a feszültség megoszlás nem csak a húzómerevségtől függ, hanem hatása van a hajlítómerevségnek is, amint azt a 32. ábrán láthatjuk.

32. ábra

Nézzük meg, hogy a ragasztott kötés, hogy áll ellen az időnek. Először tekintjük a ragasztott szerkezetek fáradásának kérdését. Fáradás tekintetében a kísérletek a mérvadók. Tekintsük először a 33. ábrát.

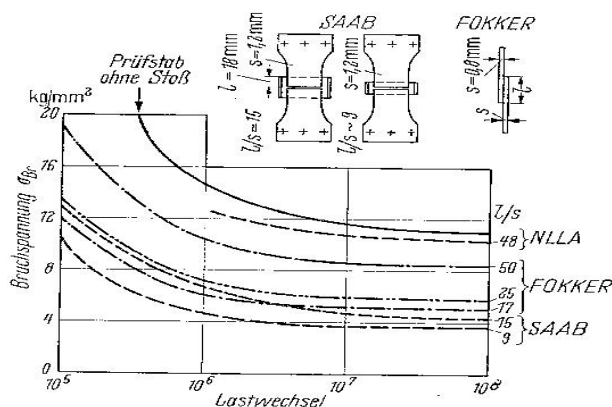


33. ábra

. Klebung — Dauerfestigkeit. Versuche (nach National Luchtvaart Lab. Rep. 1627)

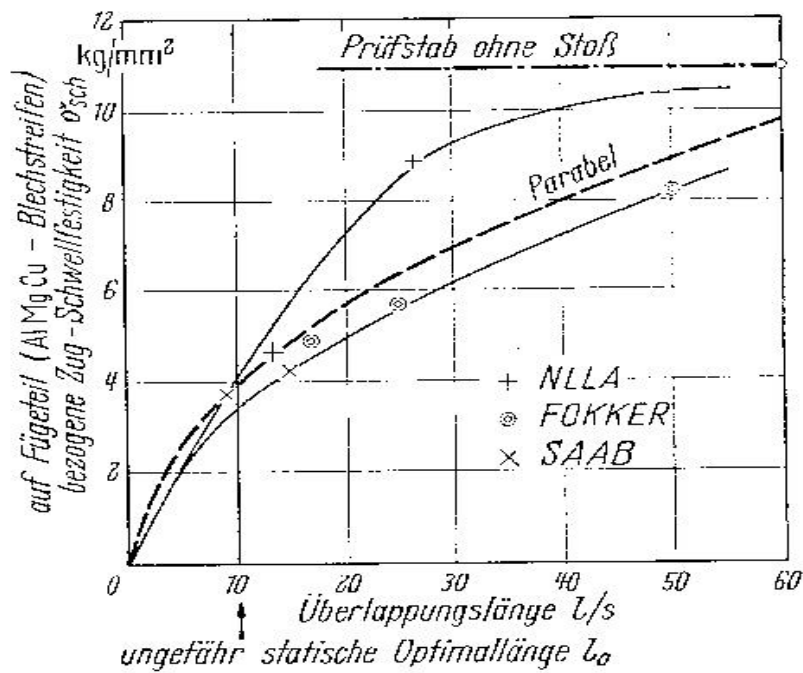
Látható, hogy határozott kifáradási határt mutatnak, mennél nagyobb az átlapolás, annál nagyobb. Egy bizonyos érték fölött (ennél a kísérletnél 1/s 50) már a fém törik.

A következő három kísérletnél is ez látszik (34. 35. 36. ábrák)



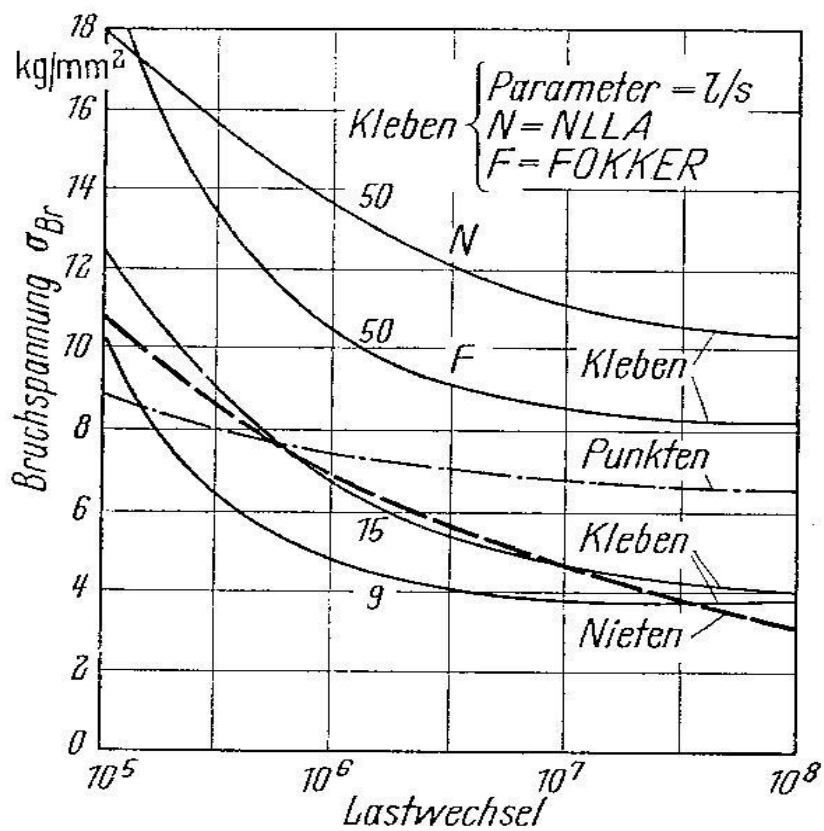
34. ábra

Klebung — Einfache Überlappungsstöße. Schwellbelastung — AlMgCu
Fügeteil-Spannungen (nach SAAB — FOKKER — NLLA)



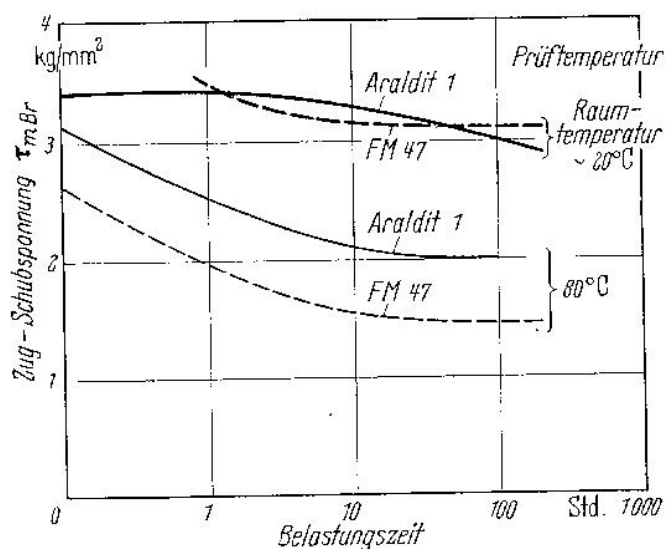
35. ábra

77. Klebung — Einfache Überlappungsstöße. Schwellfestigkeit
 18 Überlappungslänge (nach SAAB — FOKKER — NLLA)



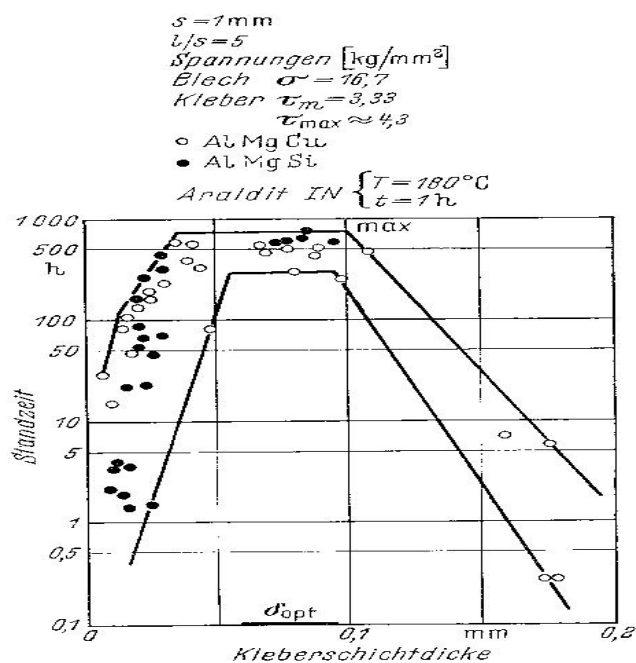
36. ábra

A következő ilyen probléma a kúszás. A következő két Ábra (37. 38. ábrák) azt mutatják, hogy szobahőmérsékleten ennek viszonylag kicsi a jelentősége, de mennél magasabb a hőmérséklet annál rosszabb az eredmény. Amennyiben ilyen körülmények között kell ragasztást alkalmaznunk, úgy a gyártókkal kell egyezkedni, hogy megfelelő hőálló ragasztót szállítsanak.



37. ábra

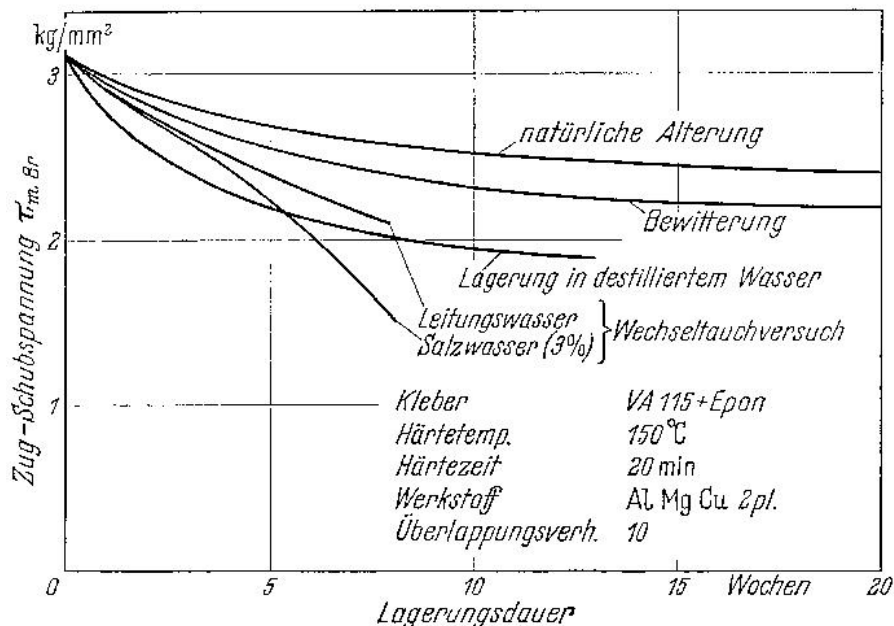
— Zug-Schub-Zeitstandfestigkeit. Temperatureinflus — Araldit, FM 47
(nach B. DORLEAC: AGARD-Report 1949)



38. ábra

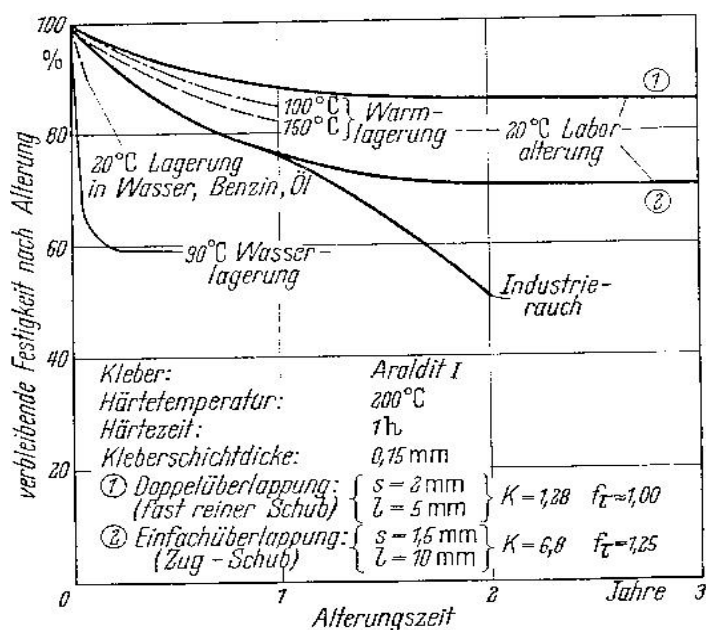
Abb. 474. Klebung — Zug-Schub-Zeitstandfestigkeit. Einfluß: Schichtdicke (nach REMBOLD: Dissertation, T. H. Stuttgart 1957)

A másik jelenségcsoport, amivel foglalkoznunk kell az az öregedés illetve a korrózió. Mint már korábban is megmutattuk a ragasztó gyanták idővel „megkeményednek” ez hatással van a ragasztás szilárdságára is. A 39. 40. 41 ábrákon Ilyen kísérleti eredményeket mutatunk be.



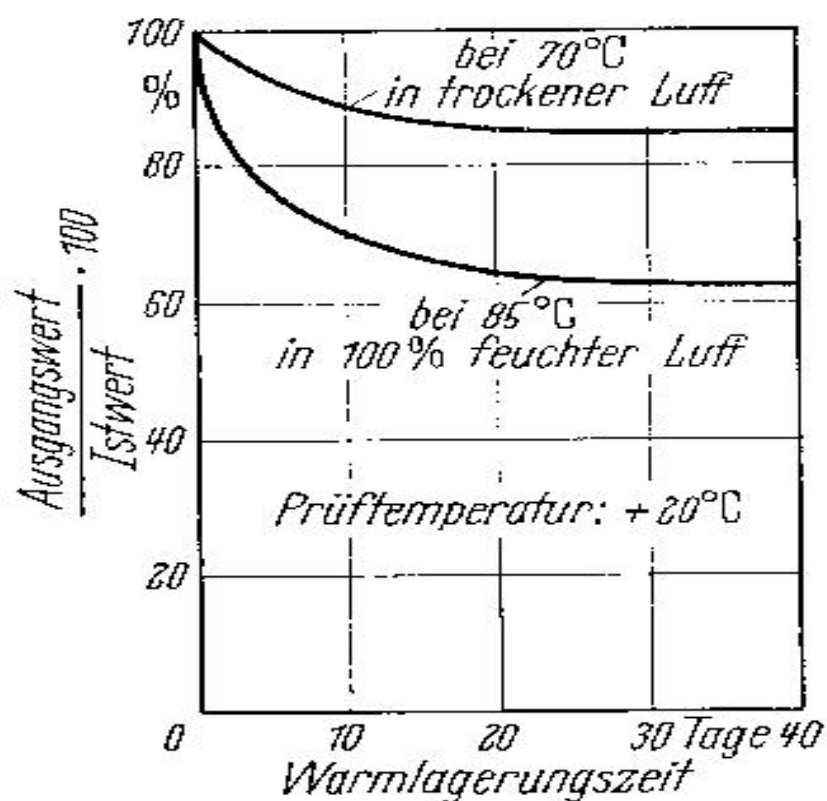
39. ábra

Klebung — Zug-Schubfestigkeit. Festigkeitsverlust durch Alterung und Korrosion
(nach H. WINTER: Aluminium 10/1958)



40. ábra

Abb. 471. Klebung — Zug-Schubfestigkeit. Festigkeitsverlust durch Alterung (nach Araldit I, Firmenschrift Saint-Gobain)

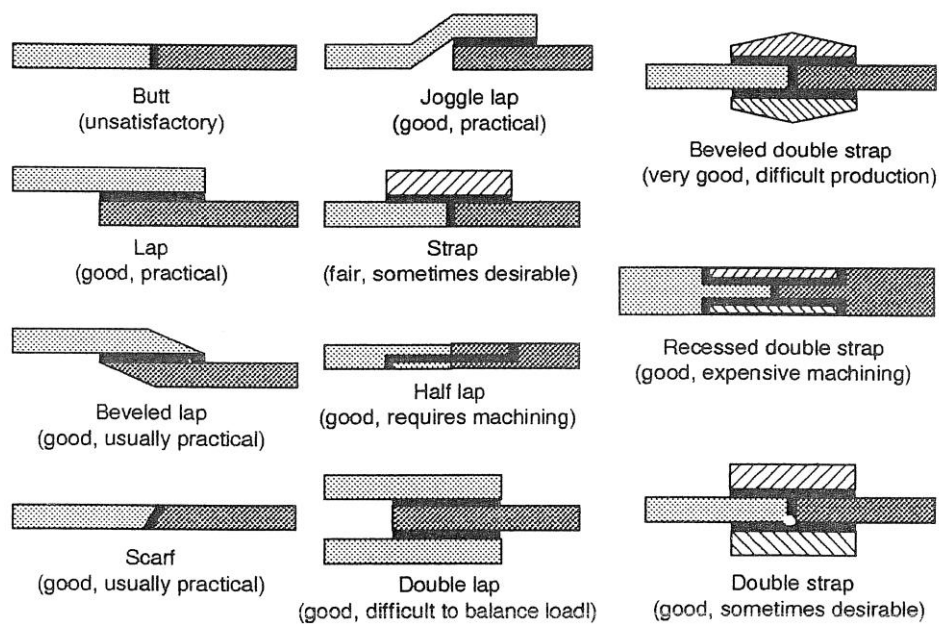


41. ábra

Abb. 470. Kleber — Zug-Schubfestigkeit. Alterung bei Warmlagerung — Araldit 1
(nach B. DORLEAC: AGARD-Report 1949, 1957)

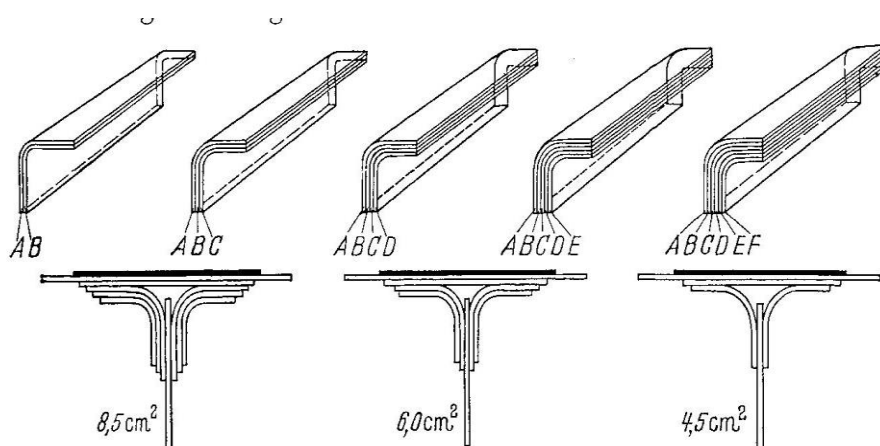
6. A ragasztott kötések fajtáiról, és megoldásairól

Végezetül a 42. ábrán bemutatnák néhány megoldást ragasztott kötésekre.



42. ábra

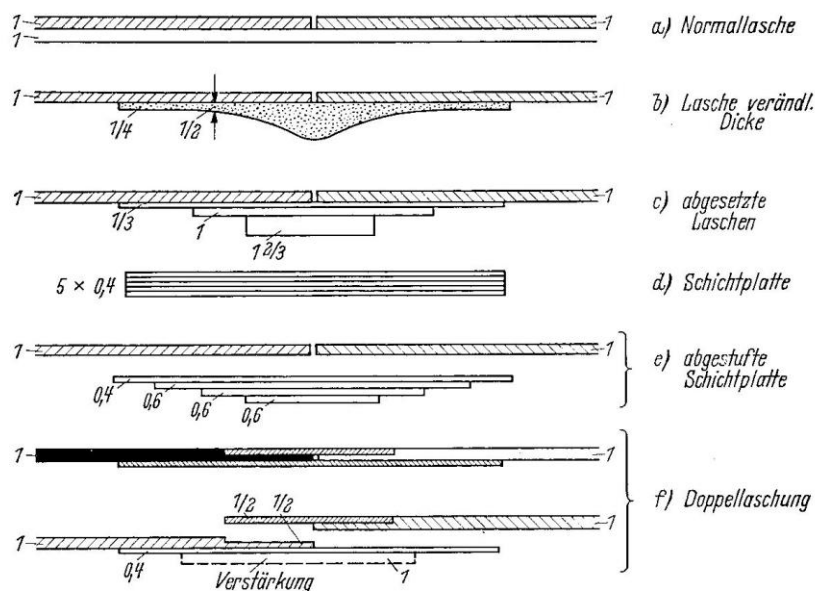
A ragasztás alkalmazása lehetőséget nyújt új szerkezeti elvek megvalósítására is. Az egyik leggyakrabban használt megoldás az úgynevezett differenciál szerkezet (43. ábra).



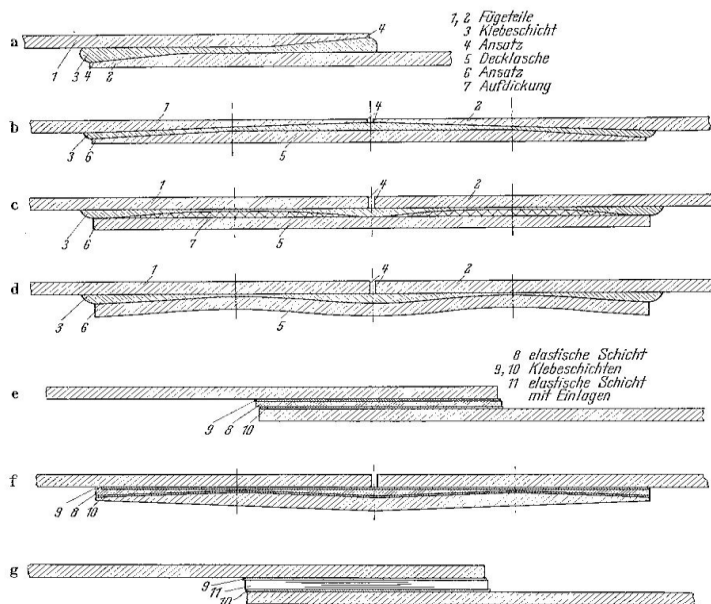
43. ábra

Ezen az ábrán egy tartó övrendszerének a megoldását láthatjuk, amelyik a lehető legjobban alkalmazkodik a terhelésekhez.

Másik ilyen lehetőség az átlapolásoknál van, hogy csökkentsük a feszültségcsúcsokat (44. 45. ábrák).



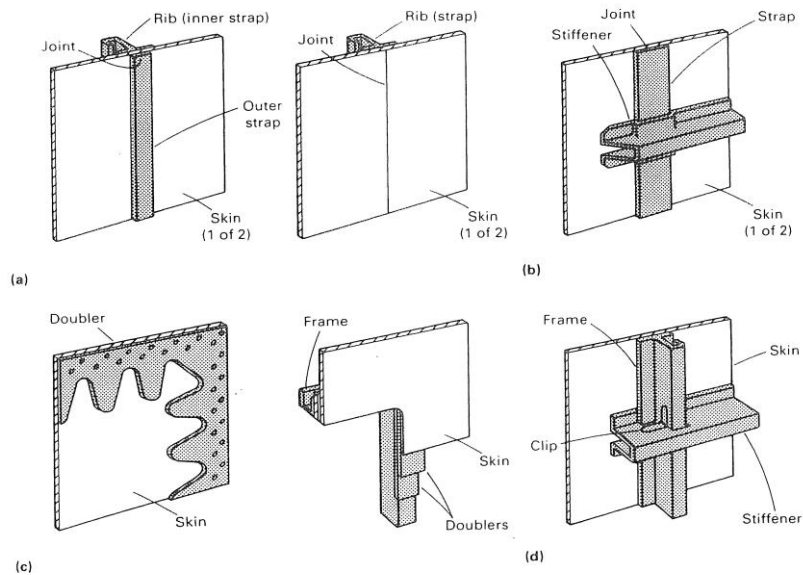
44. ábra



45. ábra

Abb. 483. Überlappungsstoß — Spannungsausgleich. Veränderliche Klebeschichtdicke

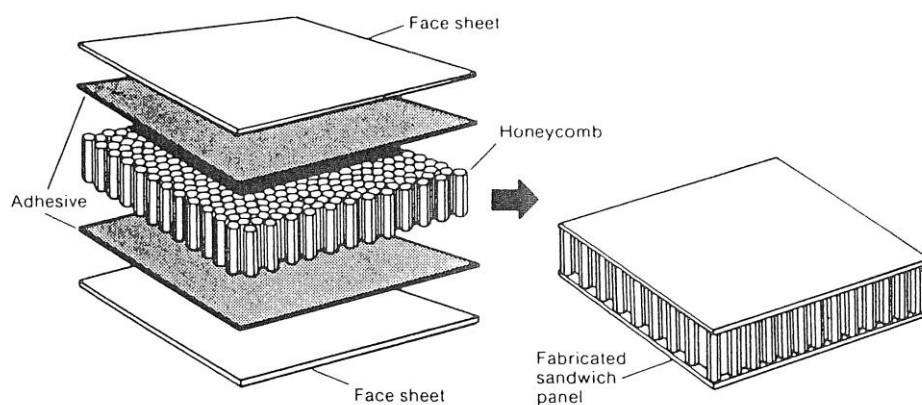
A 46. ábrán néhány szerkezeti megoldást mutatunk be ragasztott technológiával készült csomópontokra.



46. ábra

Fig. 2 Some typical adhesive-bonded joints used to join components in structural assemblies. (a) Skin splices. (b) Stiffener runout. (c) Bonded doublers. (d) Shear clip

A ma már egyre elterjedtebb szendvics szerkezetek egyszerűen elképzelhetetlenek ragasztás alkalmazása nélkül. Amennyiben nem oldható kötésekről van szó, mindenfajta kapcsolatnál is a ragasztás a megoldás (47. ábra).



47. ábra

Fig. 3 Example of a bonded honeycomb (sandwich) assembly

Hogy a ragasztás ma már megkerülhetetlen komoly feladatoknál, példázza az amerikai C5 óriás, szállító repülőgép robbantott rajza, amelyen láthatjuk a ragasztással készült, illetve szendvics szerkezeteket, (48. ábra)

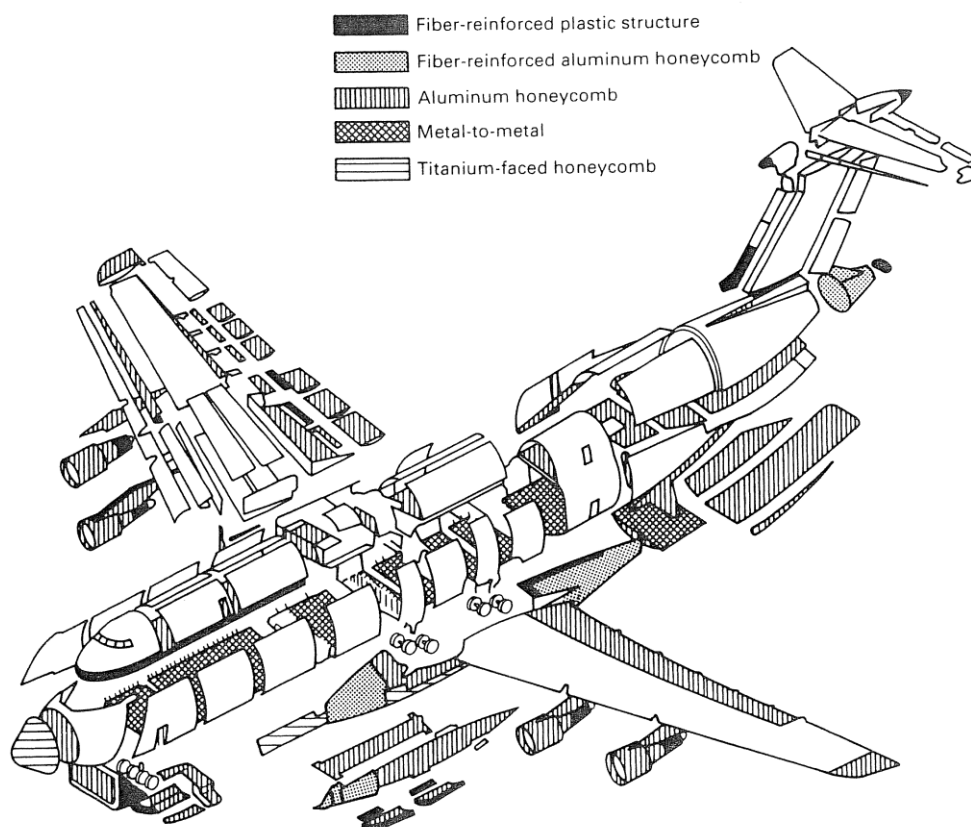


Fig. 1 Typical applications of adhesive-bonded joints in aircraft. Lockheed C-5A transport plane, with various types of honeycomb sandwich structures totaling 2230 m² (24,000 ft²) in area

48. ábra

Különleges ragasztási feladatok

Végezetül meg kell említeni azokat a ragasztással történő megoldásokat, amelyeknek nincsenek szilárdsági vonatkozásai. Ilyenek:

Csavarbiztosítás:

A mellékelt képen (49. ábra) is egy ilyen megoldást láthatunk, egy motor hengerfejének töcsavarjait biztosítják. Ezek a megoldások ma már széleskörűen elterjedtek.



49. ábra

Tömítések:

Szintén ma már általánosan használt megoldás. Ügyelni kell arra, hogy a ragasztóanyag és a biztosítandó folyadék vagy gáz ne lépjen reakcióba.

Rögzítések:

Igen sokszor előfordul, hogy a gyártási folyamat egyes fázisaiban, vagy szerelésnél, alkatrészeket, részegységeket rögzíteni kell. Időleges ragasztás alkalmazásával elkerülhetők a drága készülékek használata.

Alkatrészek javítása:

Elterjedt ragasztási alkalmazás a károsodott, törött alkatrészeknek ragasztással történő javítása, akár úgy, hogy a levált darabot visszaragasztjuk, akár úgy, hogy a hiányzó részeket megfelelő fémporral kevert ragasztóanyaggal pótoljuk ki, és utólag megmunkáljuk. Meg kell azonban jegyezni, hogy kritikus esetekben ezt az eljárást nem javasolt használni.