

1.18. A kerámiák és társított anyagok kötési eljárásai

1.18.1. A ragasztástechnika alapjai

A ragasztás két szilárd test összeerősítését jelenti ragasztó segítségével; az összeerősített részek anyaga nem szükséges, hogy azonos legyen. A ragasztott kötés tehát a ragasztandó anyag(ok)ból és a ragasztóból áll. A ragasztott kötések szilárdságát döntően két erő-típus adja: a ragasztandó anyagok, valamint a ragasztó belső szilárdsága, *kohéziója*, és a ragasztandó anyag – ragasztó határfelületén fellépő erőhatások, az *adhézió*. Jó ragasztott kötésben az adhéziós erők legalább olyan nagyok, mint a kohéziós erők. Ez más szavakkal azt jelenti, hogy a jól összeragasztott anyagdarabokat nagy erőhatásnak kitéve a tönkremenetel (szakadás, törés) a ragasztandó darabban történik, és nem határfelületen, a ragasztó elválása miatt.

Napjainkban a ragasztástechnika egy sor fejlett technológia alapját képezi, mint pl. laminálás, polimerek bevonása fémekkel, vagy szálerősített polimer kompozitok előállítása. A ragasztástechnika elméleti alapjaival egy viszonylag új tudományág, a *mérnöki felülettudomány (surface engineering, surface science)* foglalkozik.

1.18.1. A ragasztástechnika alapjai

A ragasztás fizikai kémiája:

A ragasztott kötések jóságát döntően a ragasztandó anyag–ragasztó ***határfelületén*** fellépő erőhatás, az adhézió határozza meg. A különböző anyagok között fellépő erőhatások magyarázatára számos elméletet dolgoztak ki:

- ✓ Mechanikai kapcsolódás
- ✓ Diffúziós elmélet
- ✓ Elektrosztatikus elmélet
- ✓ Fizikai adszorpció elmélete
- ✓ Kémiai kötések elmélete
- ✓ Sav-bázis elmélet
- ✓ Gyenge határréteg modell

1.18.1. A ragasztástechnika alapjai

Az adhézió és a nedvesedés két egymással szorosan összefüggő jelenség. Könnyű belátni, hogy jó nedvesedés, vagyis a hordozó és a ragasztó igazán jó, molekuláris szintű érintkezése nélkül erős kötés nem tud kialakulni. Ezért kell a ragasztónak folyékony (vagy legalábbis pasztaszerű) állapotban lennie. A ragasztással foglalkozó gyakorlati szakemberek szerint a felület nedvesíthetősége akkor jó, ha a víz (vagy kis viszkozitású ragasztó) szétterül rajta.

A folyadék belsejében található molekulára a környezetében levő többi molekula minden irányból azonos vonzóerőt fejt ki, ezért az eredő erő nulla. A folyadék felszínén levő molekulára a folyadékfázisból jóval több „szomszéd” fejt ki vonzóerőt, mint a sokkal ritkább gőztérből, ezért a felszíni molekulára ható erők eredője nem nulla, hanem a folyadék belseje felé mutató erő. Ez az erő a folyadékot egy másik, vele nem elegyedő folyadékban (vagy gravitációmentes térben) *gömb* alakúra igyekszik összehúzni (adott térfogathoz a gömb alak adja a minimális felületet). Az egységnyi folyadékfelületre ható összehúzó erőt **felületi feszültség**nek nevezzük, és γ -val jelöljük. γ mértékegysége N/m.

1.18.1. A ragasztástechnika alapjai

Folyékony ragasztó és szilárd hordozó esetén a határfelületi viszonyok kissé bonyolultabbak. A rendszer ebben az esetben háromfázisú, mert a légtér is jelen van. Az alább alkalmazott jelölésekkel

- a szilárd fázis és a gázfázis közötti felületi feszültség: $\gamma_{2,3}$;
- a szilárd fázis és a folyadékfázis közötti felületi feszültség: $\gamma_{1,3}$;
- a gázfázis és a folyadékfázis közötti felületi feszültség: $\gamma_{1,2}$;

A háromfázisú rendszer egyensúlyi feltétele (Young-egyenlet):

$$\cos \Theta = \frac{\gamma_{2,3} - \gamma_{1,3}}{\gamma_{1,2}}$$

A teljes nedvesítés feltétele, ha $\gamma_{2,3} > \gamma_{1,3} + \gamma_{1,2}$; ekkor a Θ nedvesítési szög nem értelmezhető. A jó nedvesítés feltétele, hogy a nedvesítési szög kisebb legyen 90 foknál.

1.18.2. A ragasztók csoportosítása

A ragasztókat különböző szempontok szerint csoportosíthatjuk:

- kémiai szerkezetük
- fizikai tulajdonságaik
- kötésmódjuk
- a velük ragasztható anyagok szerint

1.18.2. A ragasztók csoportosítása

Csoportosítás a kémiai szerkezet szerint

A ragasztók általában nagymolekulájú anyagok, polimerek, amelyek a ragasztandó anyagot jól nedvesítik, és azzal (többnyire) másodlagos kötéseket tudnak kialakítani. Léteznek *természetes* és *mesterséges* polimer alapú ragasztók is. A *természetes* alapú ragasztók közül napjainkban a *kaucsuk alapú* ragasztóknak, illetve *ásványi szurkoknak*, *bitumeneknek* van nagyobb jelentőségük.

A *szintetikus polimer* alapú ragasztók közül a gépiparban a következő csoportok a legfontosabbak:

- Epoxigyanták, társított epoxigyanták
- Poliészterek: alkid– és allilgyanták
- Poliuretánok
- Fenoplasztok, aminoplasztok
- Akril– és metakrilsavészterek
- Ciánakrilátok („pillanatragasztók”)
- Vinilszármazékok
- Poliamid alapú ragasztók
- Szilikongyanták

Nagyon magas hőmérsékleteknek (>400–500 °C) kitett ragasztott kötéseket *szervetlen (kerámia) alapú ragasztóanyagokkal* lehet készíteni.

1.18.2. A ragasztók csoportosítása

Csoportosítás a fizikai tulajdonságok szerint

- Folyékony ragasztók: monomerek, oligomerek, oldatok, diszperziók. A diszperziók többnyire vízben finoman eloszlatott ragasztóanyag-szuszpenziók, egyes esetekben kolloid oldatok. A kötést a diszpergált részecskék (1–500 μm) *koagulálása* (kicsapódása) hozza létre.
- A szilárd ragasztók szobahőmérsékleten szilárd anyagok. Megolvasztva, majd újból lehűtve hozzák létre a kötést. A reaktív ragasztóknál a hő kémiai változást is okoz. A szilárd ragasztók különleges csoportja a hordozóra felvitt tartósan tapadó, nyomás-érzékeny ragasztók, amelyek *nyomás hatására* hozzák létre a kötést (PSA = *Pressure sensitive adhesives*).
- A ragasztópaszták kenhető, gittszerű anyagok. A bennük levő nagymennyiségű töltőanyag miatt nagy a viszkozitásuk.

1.18.2. A ragasztók csoportosítása

Csoportosítás a kötés módja szerint

Két nagy csoportot különböztetünk meg: a *kémiai reakció nélkül*, csak fizikai változással, és a *kémiai reakcióval* kötő ragasztókat.

- A *kémiai reakció nélkül* kötő ragasztók egyik típusa a hidegen kötő, tartósan tapadó ragasztó, amely nem is köt, csak nedvesít. Másik típusuk az oldószer (vagy diszpergálószer) elpárolgással kötő ragasztók. A melegen kötő ragasztók (*hot melt*) csak olvadék (ömladék) állapotban nedvesítik a ragasztandó felületet. A kötés a ragasztó lehűlésével jön létre. Ebbe a csoportba lineáris polimerek tartoznak.
- A *kémiai reakcióval* kötő ragasztóknál a már megismert mindhárom polimerlánc kialakítási módszer – a polimerizáció, a poliaddíció és a polikondenzáció – is előfordul. A polikondenzációs típusnál (pl. fenoplasztok) nagy figyelmet kell fordítani a melléktermék eltávolításának biztosítására. A legtöbb esetben a viszonylag nagymértékű zsugorodás (kivétel: epoxigyanták) miatt nyomás alkalmazása is szükséges.

1.18.3. A ragasztás előnyei ,hátrányai

Előnyök:

- A terhelésirányra merőlegesen egyenletes feszültség eloszlás
- Nincs a hőhatásövezetben szemcseszerkezeti változás
- A legkülönbözőbb anyagok egyesíthetők
- Nagyon vékony felületek egyesíthetők (pl. fóliák)
- Súlycsökkentés, könnyű szerkezetek
- Nagy rezgéscsillapítás

Hátrányok:

- Az egyes technológiai idők befolyásolása
- Az illesztő felületek gondos felület előkészítése
- Behatárolt termikus alaktartósság
- A ragasztóréteg öregedése
- Korlátozott javítási lehetőség
- Költséges szilárdsági számítások

1.18.4. A ragasztás technológiája

Technológiai szempontból a kötésben résztvevő elemek szerint három csoport különböztethető meg:

- **homogén kötések:** a ragasztandó anyagok között csak a ragasztóréteg található,
- **inhomogén kötések:** a ragasztórétegben még valamilyen erősítőanyag (pl. üvegszövet) is van,
- **kombinált kötések:** a ragasztás mellett más (pl. szegecselés, csavarozás) kötést is alkalmaznak.

A homogén kötések kialakításához szükséges technológiai lépések a másik két csoport esetében is szükségesek.

1.18.4. A ragasztás technológiája

A fő műveletek a következők:

- *A ragasztandó felületek kezelése.* A ragasztott kötés szilárdságát nagymértékben befolyásolja a felületek megfelelő előkészítése. A felületkezelés egyes esetekben csak a felület tisztítását és a megfelelő érdesség kialakítását jelenti (zsír- és egyéb szennyeződések eltávolítása, csiszolás, szemcseszórás), más esetben hatékonyabb módszereket kell alkalmazni, pl. Al ragasztásánál vegyszeres kezelést a megfelelő oxidréteg kialakításához, koronakisülést poliolefinek (PE, PP) felületi energiájának növelésére, stb. Általában minél kisebb a ragasztandó anyag felületi energiája (minél kevésbé nedvesíti a ragasztó), annál bonyolultabb, költségesebb előkészítést igényel.
- *A ragasztó előkészítése.* Ez a művelet a ragasztó típusától függően kétkomponensű ragasztóknál a komponensek kimérését és összekeverését, diszperziós ragasztóknál a kiülepedett rész felkeverését, oldószeres ragasztóknál az esetleges hígítást jelenti. Ide sorolhatjuk a töltőanyag bekeverés műveletét is.
- *A ragasztó felvitele a ragasztandó felület(ek)re.* Ez a művelet történhet kézzel vagy gépi úton. A kötés-szilárdság függ a felhordás módjától is. Folyékony ragasztók felhordása legtöbbször kenéssel, mártással vagy hengerléssel történik. A szilárd ragasztókat szórással, megömlesztéssel, vagy egyszerűen ráhelyezéssel hordják fel a ragasztandó felületre.

1.18.4. A ragasztás technológiája

- *A ragasztandó munkadarabok illesztése és rögzítése.* A ragasztandó darabokat a rögzítés előtt össze kell illeszteni. Ez a gyorsan kötő ragasztóknál jelenthet nehézséget. Nagy alkatrészeket néhány csavarral lehet rögzíteni. Egyes ragasztók (pl. fenolgyanták) igénylik a nagy (1 MPa körüli) nyomást. Nagyobb alkatrészekhez ilyen ragasztót a nagyméretű, drága illesztőkészülék miatt nem célszerű használni.
- *A ragasztó kikeményítése.* Oldószeres vagy diszperziós ragasztók kikeményedése az oldószer, illetve a víz elpárolgását jelenti. Ezeknél a ragasztótípusoknál, hacsak nem pórusos, nyitott cellás (hab) anyagot ragasztunk velük, szükséges időt biztosítani az oldószer elpárolgásához (ún. nyitott idő). Ömledékragasztóknál a kötés a lehűlés után jön létre. A reaktív ragasztók kikeményedését a hőmérséklet és az idő befolyásolja. Itt is érvényes a van't Hoff szabály, amely szerint a reakció sebessége kb. 10 fokonként megduplázódik .
- *Utóműveletek.* Reaktív ragasztóknál utólagos hőkezeléssel a kötésszilárdság jelentősen növelhető. Nem kellően víz– vagy klímaálló ragasztók esetén a ragasztóréteg szélét védőréteggel (festéssel, lakkal) látják el. Ide sorolható a munkadarab felületére került felesleges ragasztóréteg eltávolítása is.

1.18.4. A ragasztás technológiája

Fémragasztás: Az optimális ragasztást befolyásolják a következő tényezők:

A felületrétegek:

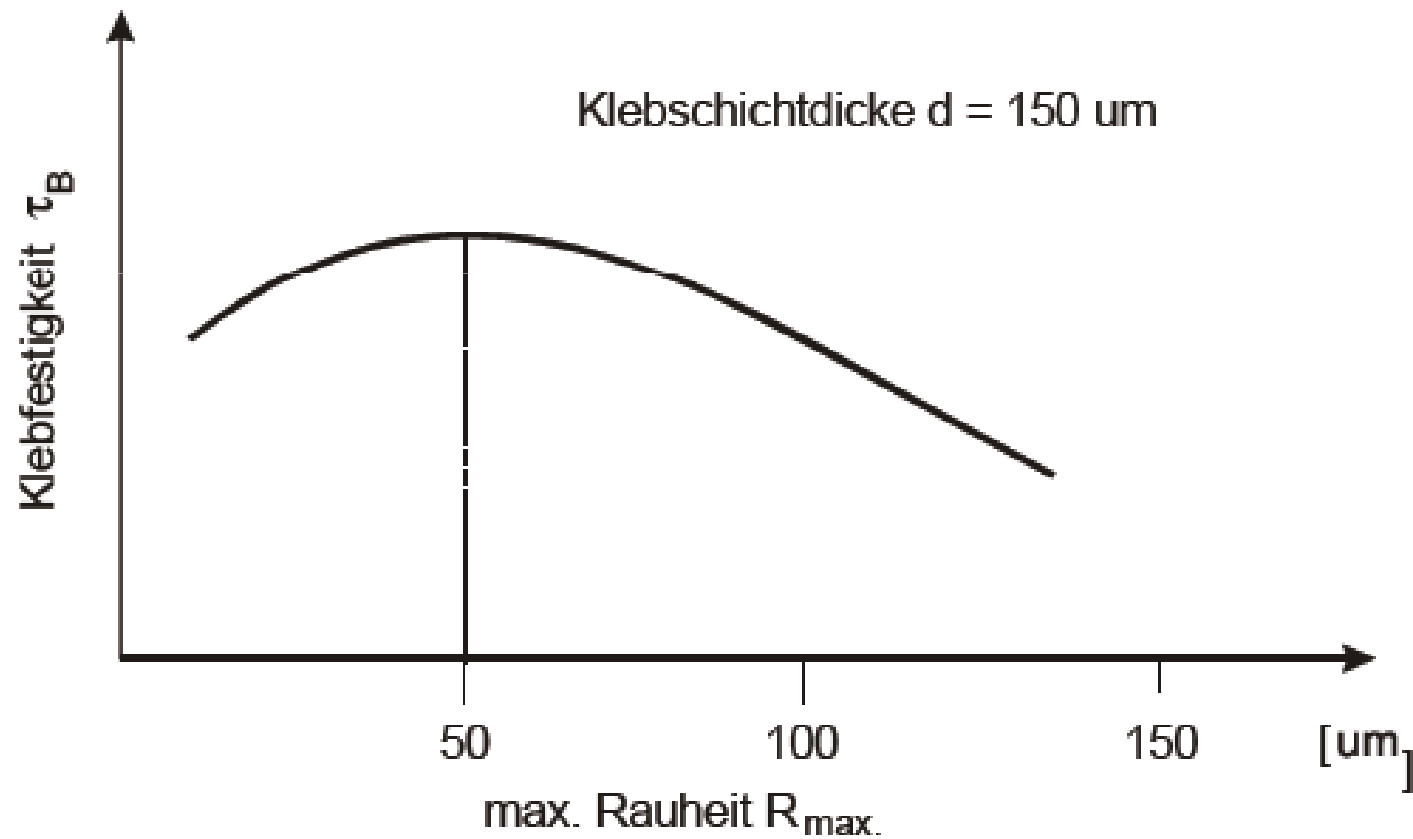
- A szennyezettség
- Az adszorpciós réteg
- A határréteg

A geometriai struktúra :

- A geometriai felület nagysága ($A=b \cdot l$)
- A valóságos felület (a mikrofelület 10-15-ször nagyobb) (fraktálok)
- A hatásos felület
- A felület struktúrája
- A felületi érdesség

1.18.4. A ragasztás technológiája

A felületi érdesség befolyása a ragasztás szilárdságára:



1.18.4. A ragasztás technológiája

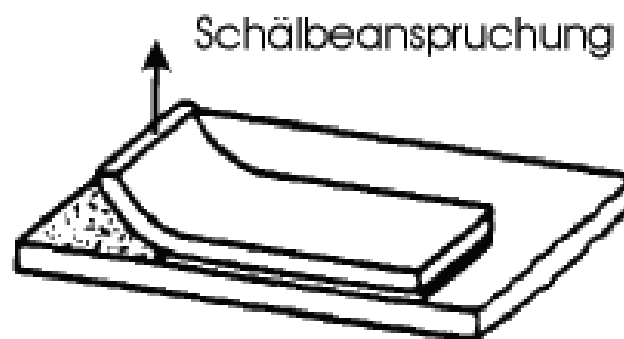
Helyes ragasztási konstrukció:

A helyes konstrukciójú fémragasztás során a következő előírásoknak kell teljesülni:

- Kiváló ragasztási felületek
- A feszültségcsúcsok elkerülése (nincs lefejtési igénybevétel, és csavarónyomaték- centrális az erőbevezetés)
- Nincs hasítószilárdsági igénybevétel

1.18.4. A ragasztás technológiája

A lefejtési igénybevétel elkerülése:



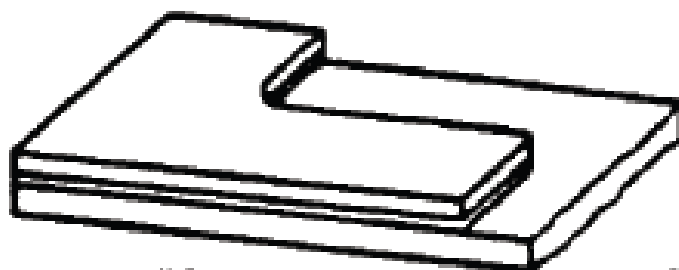
Mechanisches Verstärken eines Fügeteilendes durch:



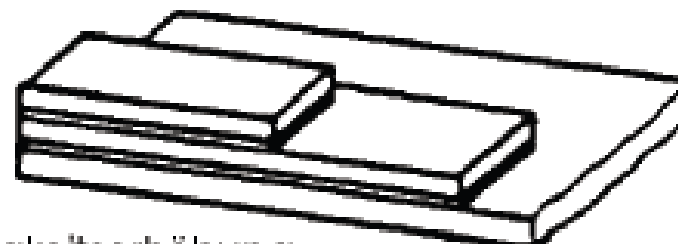
Zusätzliches Nieten/Schrauben



Umfalzen



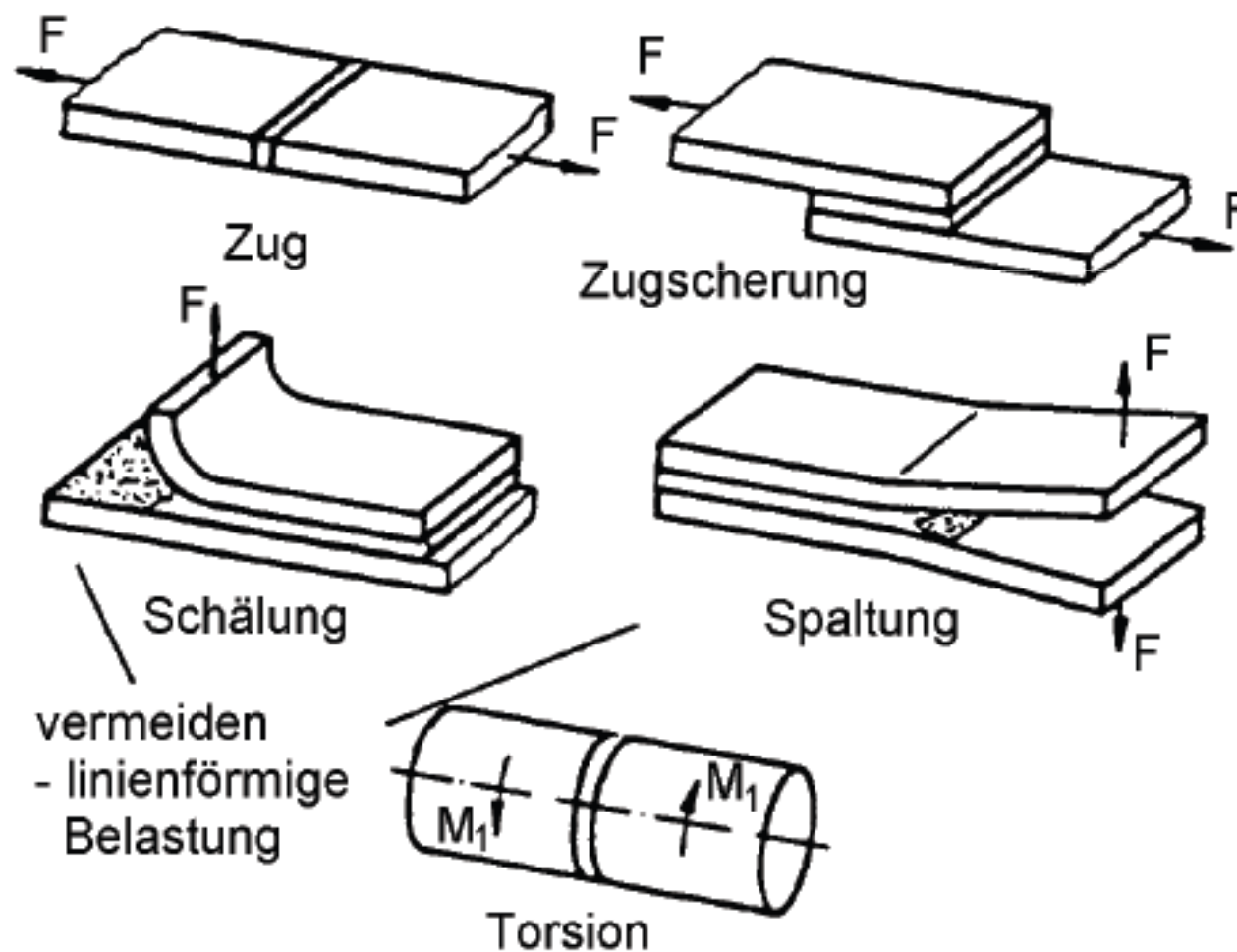
Flächenvergrößerung



Steifigkeitserhöhung

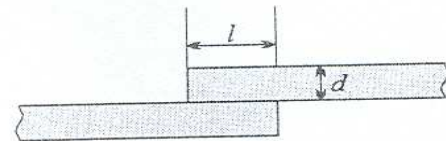
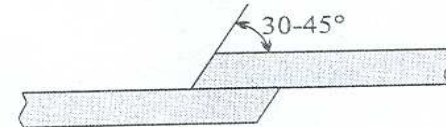
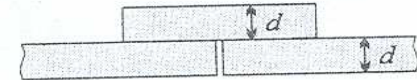
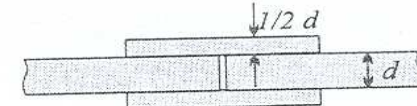
1.18.4. A ragasztás technológiája

A ragasztási felületek igénybevételei:



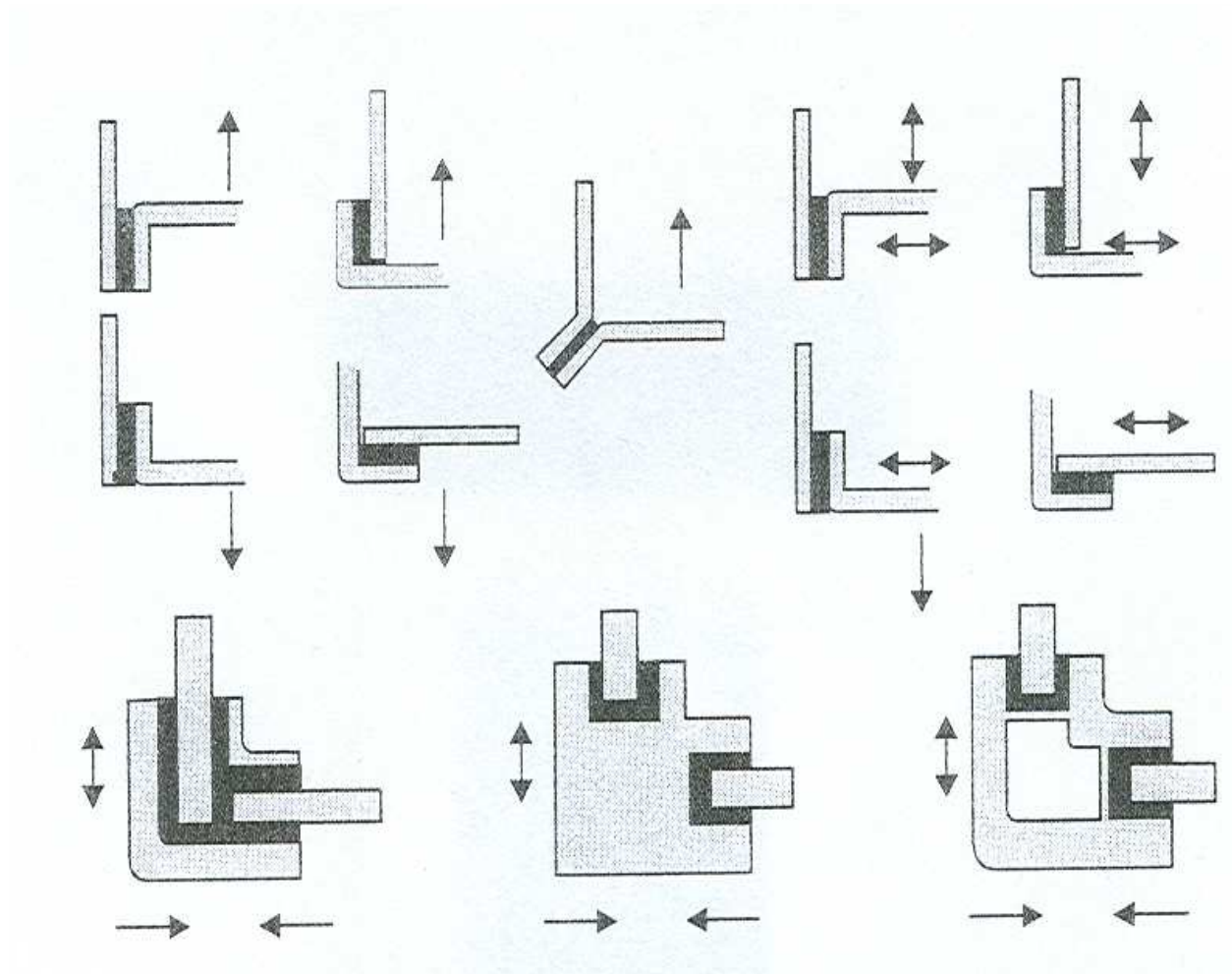
1.18.5. Ragasztás a gépgyártásban

Lemezek toldóillesztései:

A ragasztás módja	Megnevezése	Terhelhetősége
	tompa vagy homlok	minimális
	hegyesszögű	közepes
	tompa, V varrattal	közepes
	átlapolt [$l = (3-5)d$]	teljes
	átlapolt, ferdén vágott	teljes
	felülragasztott (egyoldali)	teljes
	felülragasztott (kétoldali)	teljes

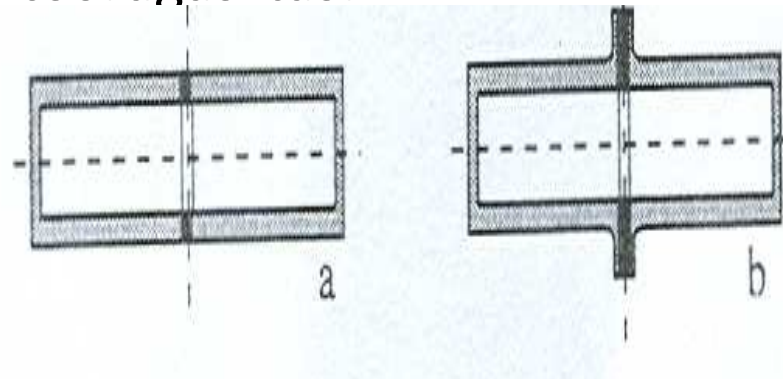
1.18.5. Ragasztás a gépgyártásban

Derékszögű lemezillesztési formák a nyilak szerinti terhelésre:

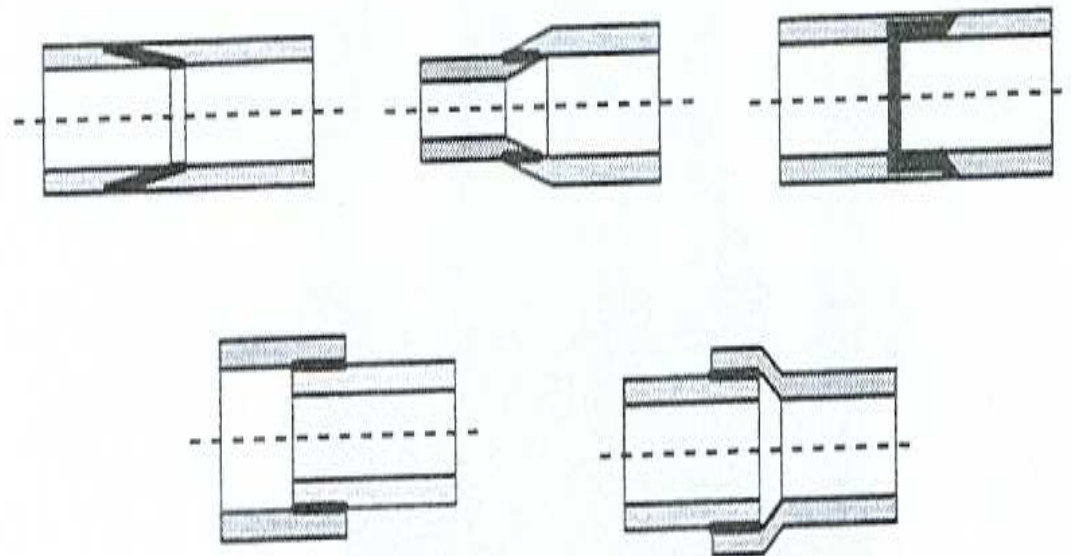


1.18.5. Ragasztás a gépgyártásban

Homlok ill. peremes csőragasztás:

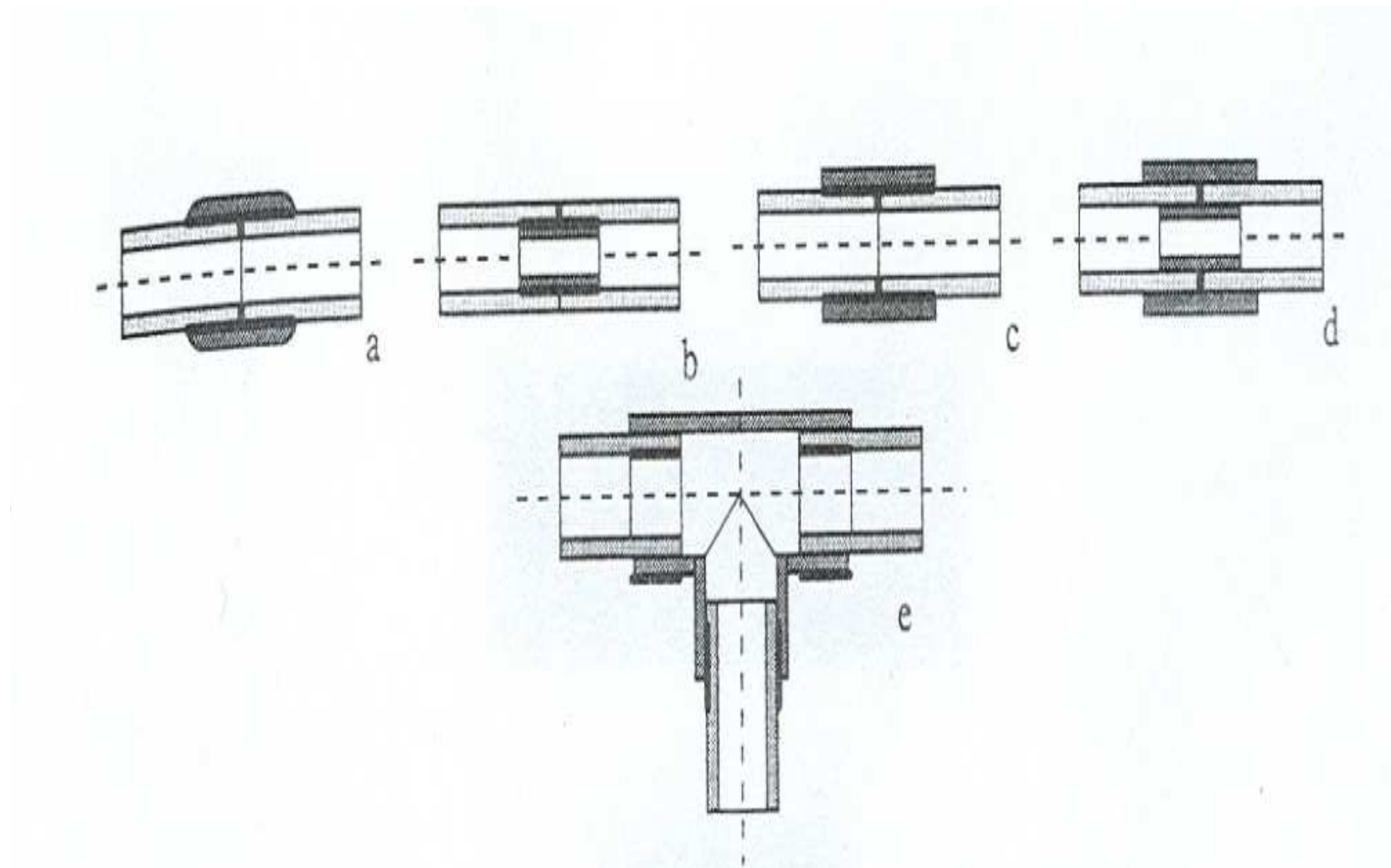


Átlapolt csőkötések formakialakítással:



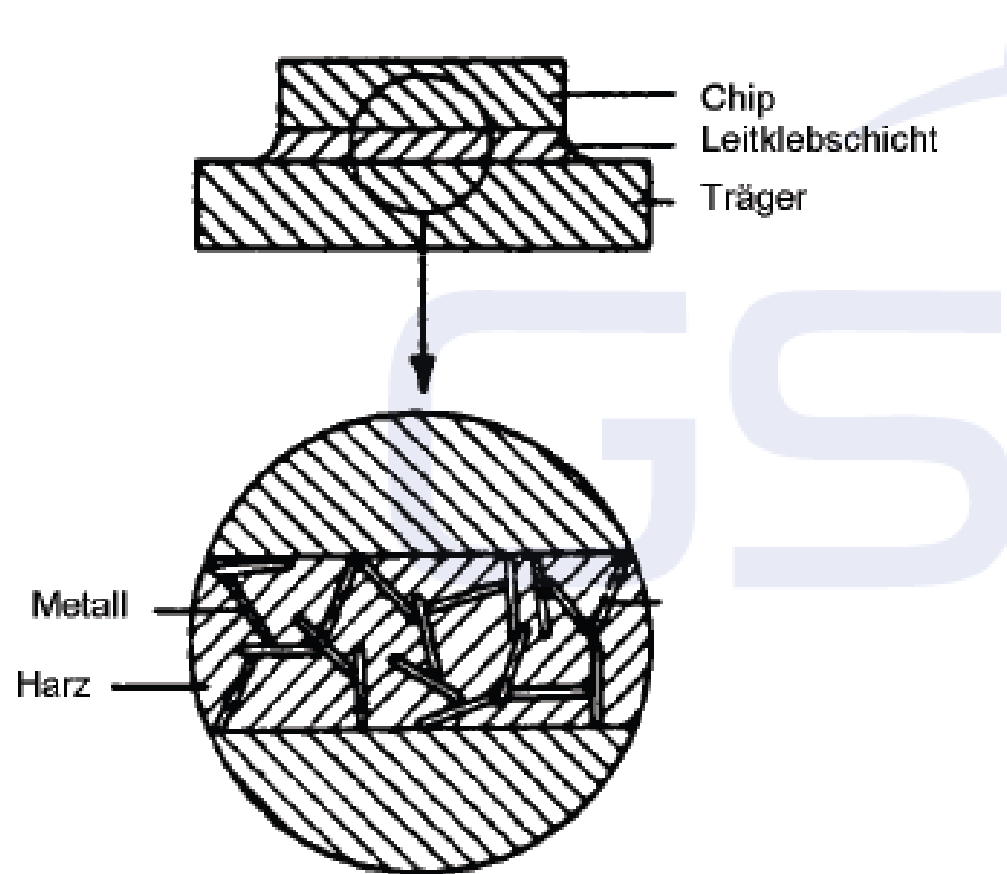
1.18.5. Ragasztás a gépgyártásban

Átlapolt csőkötések segédegységgel:



1.18.5. Ragasztás a gépgyártásban

Az áramvezetés megoldása a chip-gyártásban:



1.18.6. A ragasztókötések vizsgálata

A vizsgálatok lehetnek roncsolásos és roncsolásmentes vizsgálatok.

Roncsolásos vizsgálatok:

- Szakítószilárdság
- Nyírószilárdság
- Hasítószilárdság
- Lefejtési szilárdság
- Hajlítószilárdság
- Statikus tapadószilárdság
- Dinamikus fárasztó
- Öregítési vizsgálatok.

Roncsolásmentes vizsgálatok:

- Elektromágneses vizsgálatok: holografikus, infravörös sugárzásos, röntgensugaras
- Ultrahangos vizsgálatok
- Örvényáramos vizsgálatok
- Hangemissziós vizsgálatok.

1.18.6. A ragasztókötések vizsgálata

MSZ EN 13887:2003 Szerkezeti ragasztóanyagok. Irányelvek fémek és műanyagok felületének előkészítésére a ragasztás előtt

MSZ EN ISO 9142:2004 Ragasztóanyagok. Útmutató a ragasztott kötések szabványos laboratóriumi öregítési vizsgálati feltételeinek kiválasztásához (ISO 9142:2003)

MSZ EN ISO 9311-3:2005 Ragasztóanyagok hőre lágyuló műanyag csővezetékrendszerekhez. 3. rész: A belső nyomással szembeni ellenállás meghatározásának vizsgálati módszere (ISO 9311-3:2005)

MSZ EN ISO 11343:2005 Ragasztóanyagok. A nagy erősségű ragasztott kötések szétválással szembeni dinamikus ellenállásának meghatározása ütéssel. Ütve hasító módszer (ISO 11343:2003)

MSZ EN ISO 9311-1:2005 Ragasztóanyagok hőre lágyuló műanyag csővezetékrendszerekhez. 1. rész: A vékonyréteg-tulajdonságok meghatározása (ISO 9311-1:2005)

MSZ EN 1067:2006 Ragasztóanyagok. A minták ellenőrzése és előkészítése a vizsgálathoz

MSZ EN 14444:2006 Szerkezeti ragasztóanyagok. A ragasztott együttesek tartósságának minőségi értékelése. Éknyomásos törésvizsgálat (ISO 10354:1992, módosítva)

1.18.6. A ragasztókötések vizsgálata

MSZ 8000-7:1989 Kemény poli(vinil-klorid) (PVC) csövek. Csövek és csőidomok ragasztóanyaga

MSZ EN 28510-1:1999 Ragasztóanyagok. Hajlékony a merevhez kötésű, ragasztott próbatestegyüttesek szétszakítási vizsgálata. 1. rész: 90°-os szétszakítás (ISO 8510-1:1990)

MSZ EN 29653:1999 Ragasztóanyagok. Ragasztott kötések nyíró-ütő szilárdságának vizsgálati módszere (ISO 9653:1991)

MSZ EN ISO 9664:1999 Ragasztóanyagok. Szerkezeti ragasztók fárasztásának vizsgálati módszerei húzó-nyíró igénybevétellel (ISO 9664:1993)

MSZ EN 1238:2000 Ragasztóanyagok. A hőre lágyuló ragasztóanyagok lágyuláspontjának meghatározása (gyűrű és golyó)

MSZ EN ISO 9653:2000 Ragasztóanyagok. Vizsgálati módszer a ragasztott kötések nyíró ütőszilárdságához (ISO 9653:1998)

MSZ EN ISO 9311-2:2003 Ragasztóanyagok hőre lágyuló műanyag csővezetékrendszerekhez. 2. rész: A nyírószilárdság meghatározása (ISO 9311-2:2002)

MSZ EN 13887:2003 Szerkezeti ragasztóanyagok. Irányelvek fémek és műanyagok felületének előkészítésére a ragasztás előtt

1.18.6. A ragasztókötések vizsgálata

MSZ EN ISO 9142:2004 Ragasztóanyagok. Útmutató a ragasztott kötések szabványos laboratóriumi öregítési vizsgálati feltételeinek kiválasztásához (ISO 9142:2003)

MSZ EN ISO 9311-3:2005 Ragasztóanyagok hőre lágyuló műanyag csővezeték rendszerekhez. 3. rész: A belső nyomással szembeni ellenállás meghatározásának vizsgálati módszere (ISO 9311-3:2005)

MSZ EN ISO 11343:2005 Ragasztóanyagok. A nagy erősségű ragasztott kötések szétválással szembeni dinamikus ellenállásának meghatározása ütéssel. Ütve hasító módszer (ISO 11343:2003)

MSZ EN ISO 9311-1:2005 Ragasztóanyagok hőre lágyuló műanyag csővezeték rendszerekhez. 1. rész: A vékonyréteg-tulajdonságok meghatározása (ISO 9311-1:2005)

MSZ EN 14814:2007 Nyomás alatti folyadékok hőre lágyuló műanyag csővezetékrendszereinek ragasztóanyagai. Műszaki követelmények

MSZ EN 15870:2009 Ragasztóanyagok. Tompakötések szakítószilárdságának meghatározása (ISO 6922:1987, módosítva)

MSZ EN ISO 8510-2:2011 Ragasztóanyagok. A merev próbatestegyütteshez hozzáragasztott rugalmas anyag szétszakítási vizsgálata. 2. rész: 180°-os szétszakítás (ISO 8510-2:2006)

1.18.7. Felhasznált irodalom

- Czvikovszky-Nagy-Gaál: A polimerteknika alapjai, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2006.
- Kiss-Szabó: Műanyaghegesztés, Gazdász-Elasztik Kft, Miskolc, 2002.
- Hegesztési zsebkönyv (szerkesztette: Dr. Gáti József), COKOM Mérnökiroda Kft, Miskolc, 2008.
- Dr. Farkas-Farkas: A ragasztás kézikönyve, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1997.
- G. Erhard: Konstruieren mit Kunststoffen, Hanser, München, 1993.