



Aschenbrenner József

Mechanikai technológiák csoportosítása, anyagjellemzőkre gyakorolt hatásuk

NSZFI
NEMZETI SZAKKÉPZÉSI
ÉS FELNŐTTKÉPZÉSI INTÉZET

A követelménymodul megnevezése:

Általános anyagvizsgálatok és geometriai mérések

A követelménymodul száma: 0225-06 A tartalomazonosító száma és célcsoportja: SzT-004-30

MECHANIKAI TECHNOLOGIÁK CSOPORTOSÍTÁSA, ANYAGJELLEMZŐKRE GYAKOROLT HATÁSUK

ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

Technológia: azoknak az eljárásoknak a tudománya és gyakorlata, melyek segítségével a természet nyersanyagai és féltermékei emberi fogyasztásra vagy felhasználásra alkalmassá vagy alkalmasabbá tehetők.

Gépipari technológiák: gépipari termékek előállítására szorítkoznak

Minden iparág, de főleg a gépipar fejlődése mind kisebb tömegű és különleges tulajdonságú szerkezeti anyagokat igényel. Napjainkban már nem kizárólag fémeket és hagyományos anyagokat használunk, mind több új, nem fém anyag alkalmazására is sor kerül. A nemfémes anyagok közül a legelterjedtebbek a műanyagok, de használatos még a fa, a gumi, kerámia, kompozit, bőr, textil stb. A szakmai információtartalomban ezekről a nemfémes anyagokról kaphat új információkat. A szakmai anyag áttanulmányozását követően a nemfémes anyagok alkalmazásának jelentőségére kap választ. A gépipari technológiák vizsgálata során azonban kitérünk a mechanikai technológiákra is. Ezen eljárások ismeretére minden műszaki szakembernek szüksége van. Ebben nyújt segítséget a szakmai információtartalom feldolgozása.

SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

A GÉPIPARI TECHNOLOGIÁK HELYE A GYÁRTÁSI FOLYAMATBAN.

Porkohászat, mechanikai technológiák (hegesztés, forrasztás, lángvágás, öntés, képlékeny alakítási technológiák) Hegesztett, forrasztott munkadarabok, alkatrészek vizsgálata
A technológia jellemző vonásai.

- A technológia profittermelő
- Többnyire nem a termék, hanem a technológia határozza meg a vállalat gazdasági helyzetét.
- A korszerű technológiával dolgozó vállalatok többnyire nyereségesek, az elmaradott technológiák ráfizetések.

- A gazdasági elmaradásunk főleg a technológiai elmaradottságunkból következik.
- A technológia minőség-meghatározó
- A jó technológiák többnyire titkosak
- A jó technológiával biztosított extraprofit mindaddig megmarad, amíg az új technológia ismertté nem válik.
- A csúcstechnológiát nem lehet megvásárolni.
- Saját fejlesztés nélkül egyre nagyobb a lemaradás. (Az új technológia telepítéséhez alacsony bérigény, kitűnő munkafegyelem, betanulásra kész szabad munkaerő, megfelelő műszaki és szellemi infrastruktúra kell. A fejlesztéshez elsősorban pénz, tapasztalat, kreativitás kell.)
- A technológiai fejlesztés eredményét nagyon szigorúan ítélik meg. (Egy technológiai fejlesztés csak akkor eredményes, ha a vele előállított termék minősége jobb, vagy olcsóbb.)

A gépipari technológiák csoportosításában feldolgozásra kerül a porkohászati technológia, fémporok készítése, a kerámiák gyártása, a kompozitok, valamint a mechanikai technológiák közül a jellemző technológiák.

A KLASSZIKUS PORKOHÁSZATI TECHNOLOGIA

Főbb lépései:

- Porgyártás
- A por előkészítése: osztályozás, lágyítás, keverés, adalékolás
- A porkeverék sajtolása, tömörítés
- A sajtolat termék hőkezelése: zsugorítás (szinterezés) (néhány technológiánál az előző két műveletet még egyszer megismétlik)
- Kiegészítő (utólagos) műveletek: kalibrálás, dombornyomás, felületi kezelések, hőkezelés, átitatás, korrózióvédelem stb.

Fémporok gyártása 1.

Mechanikus aprítással: főként rideg anyagok és ötvözetek esetén (pofás törő, kalapácsos malom, golyós malom, forgácsolás, rotációs malom stb.) Jellemző méret 20–400 µm, szabálytalan alak – jó nyersszilárdság („összefilcelődik”)

Fémporok gyártása 2.

- kémiai úton: pl. oxidokból redukálással
Jellemző méret 0,1–10 µm Pl. volframoxidból fém volfrám (hidrogénnel) vagy WC szénnel redukálva
- Elektrolízissel (katódfém) Cu, Ag, Fe
- Egyéb módszerek: gőzből kicsapatással
- Plazmával stb.

A FINOM POR ROBBANÁSVESZÉLYES!

Korszerű porkohászati eljárások

- Izostatikus sajtolás (hideg/meleg)
- Fröccsöntés (fémek, kerámiák)
- Zsugorítás nyomás alatt
- Lézer szinterelés
- Porkovácsolás (1,4x kifáradási határ)
- Gyorsdermesztett porok alkalmazása
- Mechanikus ötvözés
- Nanotechnológiák

KERÁMIÁK

A **kerámia** a görög kiégetett szóból ered. A kerámiákat az különbözteti meg a fémektől, hogy hiányzik a villamos vezetést és a képlékeny alakíthatóságot lehetővé tevő elektronfelhő. Nagy a villamos ellenállásuk, e tulajdonságuk azonban – a fémekkel ellentétben – a hőmérséklet emelkedésével csökken. A kerámiák nagyon ridegek, de jól ellenállnak a korróziónak, jól bírják a kopást és a magas hőmérsékletet. Kristályos anyagszerkezetük van, ami az atomok szabályos térbeli elrendeződését jelenti. A kovalens és ionos jelleg, valamint a kis atomtávolság következtében a kerámiákban nagyon erős az atomok közötti kötés.

A kerámiákat két nagy csoportba sorolhatjuk:

- egyatomos kerámiák;
- vegyület kerámiák.

Az egyatomos kerámiák: színállapotban alkalmazható anyagok, mint például a grafit és a gyémánt, vagy az egykristály alakban előállított szilícium és germánium. A kerámiák óriási többsége valamely vegyületből áll, amit nagyobb méretű fématomok és egy, vagy több kis rendszámú nemfémes elem (O, C, N, B, H) kombinációja alkot. Ezek oxidok, karbidok, nitridek, karbo-nitridek, boridok, hidrátok, szilicidok, szulfidok stb. lehetnek.

Az oxidkerámiák lehetnek:

- műszaki, kristályos finom oxidkerámiák (Al_2O_3 , ZrO_2 , ThO_2);
- kristályos, durva oxidkerámiák (cserép, téglá, porcelán);
- kristályos hidrátok (cement, beton, üvegek, kőzetek).

A kerámiák főbb mechanikai és fizikai tulajdonságai:

- kis sűrűség; nagy rugalmassági határ; ridegség;
- nagy olvadáspont; nagy nyomószilárdság; törékenységi

- nagy keménység; nagy kémiai stabilitás; mikrorepedések;
- nagy kopásállóság; nagy melegszilárdság; kis hősokkáltság;
- nagy korrózióállóság;
- nagy villamos ellenállás; nehéz gyárthatóság;
- jó polarizálhatóság; nagy dielektromos állandó; magas ár.

A műszaki kerámiák jellegzetes felhasználási területei:

- forgácsoló szerszámok: BN, Al_2O_3 , $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{ZrO}_2$, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiC}$, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiC}$, Si_3N_4 , SiAlON ;
- csapágyanyagok: Al_2O_3 , SiC, AlN, BN;
- biokerámiák: ZrO_2 , Si_3N_4 , Al_2O_3 , TiB_2 ;
- hőcserélők: Si_3N_4 , SiC;
- elektrokerámiák: Al_2O_3 , $\text{ZrO}_2 \cdot \text{MgO}$;
- diesel–motor, turbinák: Si_3N_4 , $\text{ZrO}_2 \cdot \text{MgO}$, SiC, $\text{Si}_3\text{N}_4 \cdot \text{SiC}$;
- űrtechnika: BeO, SiO_2 , BN, SiC, Al_2O_3 ;
- kerámia páncélzat: B₄C, Al_2O_3 , SiC, TiB_2 ;
- villamos szigetelők: Al_2O_3 ;
- félvezetők: Ge, Si;
- kondenzátorok: oxidok;
- hőszigetelők: ZrO_2 ;
- mágnesek: FeO, Fe_2O_3 , ZnMnFeO, CrFeO;
- szupravezetők: BaTiO₃, Yba₂Cu₃O₇, LaBaCuO;
- nukleáris anyagok: UO₂, PuO₂;
- érzékelők: ZrO_2 , ZnO, TiO₂;
- optikai anyagok: Al_2O_3 –Cr laser, BaNaNbO

A kerámiák előállítása és gyártása

A kerámiák előállítása és gyártása oxid alapú természetben található ásványok tisztításán és aprításán alapul. Kiinduló anyagként kvarchomokot, kaolint, földpátot, bauxitot stb. használnak fel. A jó minőségű kerámiát portechnológia alkalmazásával, nagy tisztaságú alapanyagokból, különleges eljárásokkal gyártják és alakítják darabokká.

Olvasztásos technológiával csak kis olvadáspontú (<1700°C) kerámiákat lehet készíteni (üveg). Az oxidok és más kerámia alapanyagok olvadáspontja igen magas, így csak porkohászati technológiákkal lehet megmunkálni.

A gyártási technológiák iszapöntéses, vagy sajtolásos eljárások lehetnek. Az iszapöntést hidrát tartalmú kerámiáknál alkalmazzák, gyúrható, vagy hígban folyó massaformájában, a szokásos öntő eljárások alkalmazásával: hagyományos, nyomásalatti-, fröccs-, vagy centrifugál öntéssel. A termékeket lassan szárítják, majd magas hőfokon égetik ki.

A portechnológia a porgyártás, osztályozás, adalékolás után sajtolás és zsugorítás (szinterelés) útján gyártja a legjobb minőségű kerámiákat. A sajtolást szárazon, nedvesen, hidegen, vagy melegen lehet elvégezni fa- vagy fém süllyesztékben. A legjobb minőséget meleg izosztatikus sajtolással (HIP) lehet elérni 900–1700°C-on.

A szinterelést 1400–1900°C között végzik a kerámia anyagminősége függvényében. Kerámia bevonatok nagy keménységű, hő és korrózióálló réteget képeznek, szerszámok, turbinalapátok, űrberendezések stb. felületén. E célból TiC, Al_2O_3 , TiN, TiAlN, ZrO_2 , Cr_2O_3 , vagy gyémánt anyagokat használnak. A bevonatok egyrétegűek vagy többrétegűek lehetnek, 1–100 μm vastagságban.

Az üvegek nem kristályos kerámiák SiO_2 alapú Na_2O , K_2O , CaO , MgO , Al_2O_3 , PbO , B_2O_3 adalékú összetétellel. Előállításuk olvasztásos és öntési technológiákat alkalmaz. Az üveg törésmutatója az elektronsűrűségtől függ, amit az atomok rendszáma és helykitöltése határoz meg. Ólomoxid (PbO) hozzáadásával nagy sűrűségű, könnyen csiszolható, nagy sugárelnyelő és fénytörésű ólomüveg készül. Színtelen üveget nehéz gyártani a szennyező anyagok miatt. A vas zöld, a króm kék, a mangán lila színt ad az üvegnek.

Üvegszálakat egyre nagyobb mértékben a telekommunikációban (műanyagba burkolt hajszálvékony üvegszálakból kötegelt fénykábelek), és az üvegszál erősítésű kompozit anyagok gyártásában használnak fel.

Kristályos hidrátok, mint a cement és a beton, szintén oxidokból álló termékek, amelyeket agyagtartalmú meszek 1400°C feletti hőmérsékleten történő kiégetésével, majd e massa porrá őrlésével gyártanak. Összetétele: $50\%\text{CaO} + 36\%\text{SiO}_2 + 11\%\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO}$, Fe_2O_3 . Természetes kerámiák közé az agyagot, mészkövet, homokkövet, gránitot, csillámot és földpátot sorolják. Ezek közül a gránit a legellenállóbb, ezt gépállványok, kémiai edények gyártására használják fel.

KOMPOZITOK

A kompozit, vagy társított anyagok két vagy több különböző anyag egyesítésével előállított szerkezeti anyagok (fém–kerámia, kerámia–kerámia, műanyag–kerámia, műanyag–üveg, fém–üveg, vas–beton stb.). A kompozit anyagok szerkezete két részre bontható: mátrixra (alapanyag) és az erősítő adalékanyagra. A mátrix körbefogja az erősítőanyagot, átadja és elosztja az igénybevételt, megnövelve az anyag szilárdságát, szívósságát, keménységét. Felhasználásuk ma már igen széleskörű: a repülőgép konstrukcióktól a turbinalapátokon át egész a sporteszközökig. A kompozitoknál meghatározó szerepe van a mátrix és az erősítőanyag közti kémiai és fizikai kapcsolatnak, a fázisok közötti átmeneti rétegnek. A kompozitanyag négy típusát gyártják :

- szemcsés, vagy részecske erősítésű;
- szálal (rövid, vagy hosszú) erősítésű;
- lemezes (rétegelt, szendvics) szerkezetű;
- felületi réteges, bevonatos.



1. ábra. Kompozitanyagok

A kompozitanyagok tulajdonságai részecskeerősítés esetén iránytól függetlenek, míg a szálerősítésűeknél, valamint a rétegelteknél irányítottság áll fenn. Az erősítő anyagok elosztása véletlenszerű, vagy szabályos lehet.

A kompozit anyagok létrehozásával a következő tulajdonságok érhetők el:

- szilárdságnövekedés;
- törési biztonság növelése;
- rugalmassági modulusz növekedése;
- hőtágulási együttható csökkenése;
- tömegcsökkentés;
- mágneses és elektromos tulajdonságok javítása;
- kopásállóság növelése;
- szupravezető szerkezet előállítása;
- hőszigetelő képesség növelése.

Részecske erősítésű kompozitok alapanyaga lehet fém, kerámia, vagy műanyag (polimer), amelybe finomra őrölt, apró, diszperz $0,1-10\ \mu\text{m}$ átmérőjű kerámia-, fém-, vagy műanyagrészecskéket ágyaznak be nagy szilárdság, vagy különleges tulajdonságok elérése céljából.

Az alumínium szilárdsága növelhető Al_2O_3 , vagy Al_4C_3 részecskékkel.

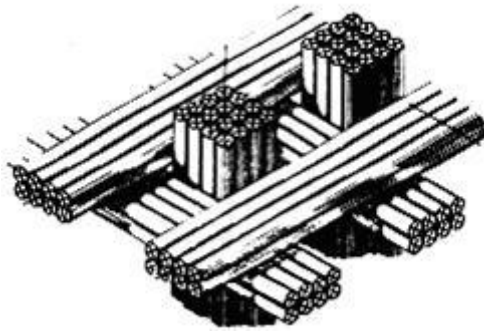
A diszperziósan erősített kompozitok a magasabb hőmérsékleten is megtartják szilárdságukat. A részecske erősítés $1\ \mu\text{m}$ -nél nagyobb szemcsékkel is történhet, amikor az erősítő szemcsemennyiség elérheti a 90 % -ot. Ilyen kompozitok például a 70–94% WC, TiC karbid + Co mátrix készítésű keményfém forgácsoló és alakító szerszámok. A szívósság növelésére ma már nanokristályos karbid szemcséket ágyaznak be a Co mátrixba.

Szálerősítésű kompozitok nagy szakítószilárdság és szívósság érdekében készülnek, fémek, kerámiák vagy polimerek esetében. A szálak grafit, szén üveg, Al_2O_3 , vagy SiC -ből készültek, 1–4 átmérővel, 30–50 mm hosszúsággal. Folytonosak vagy rövidek lehetnek. A szilárdság elérheti 20000 MPa, a rugalmassági modulusz a 700 GPa értékeket. Jellegzetes szálerősítésű kompozit anyagok a következők:

- üvegszálerősítésű poliészter (sílécek stb.); - kerámia szálal titánötvözetek (úrhajók);

- karbonszálas epoxi (légcsavaros repülőgépek); – zafírszálas szuperötvözetek (turbinák);
- acéldróttal erősített gumi (gumiabroncs); – kerámia–kerámia tűkristály (szerszámok);
- karbonszálas alumínium ötvözet (repülőgépek); – SiC szálakkal erősített bórszilikát üveg.

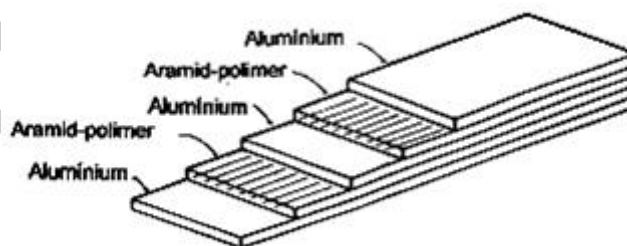
Folyamatos szálakkal erősített fém mátrixú kompozitok szálkötegek folyadékos beszívásával (infiltrációjával) készülnek. A szálkötegek tipikus 3D rendszerbe vannak



beágyazva

2. ábra. Szálköteges kompozit

Lemezes (szendvics) kompozitok egymáshoz síkok mentén kapcsolt rétegekből állnak. Ezek őse a furnér lemez, de használnak alumíniummal bevont papírt, lakkal bevont alumínium csomagoló fóliát, poliészter–réz nyomtatott áramköri lapot, inver – réz bimetált, CuNi10 ötvözzel borított réz pénzérméket, alumínium ötvözet – grafit-szál – epoxigyanta–alufólia repülőgép ajtót, alumíniummal borított acéllemezt, saválló NiCr, acéllal borított ötvöztelen acéllemezt stb. Az alábbi ábrán egy szendvics szerkezetű Al–polimer kompozit anyag látható. A rétegelt kerámia kompozitokkal kiváló mechanikai tulajdonságok érhetők el, különösképpen Al_2O_3 – ZrO_2 rendszerekben.



3. ábra. Lemezes kompozit

Felület réteges, bevonatos kompozitok főképpen korrózió, hőhatás, kopás, vagy különleges igénybevétel ellen használják. Gyakran alkalmazott bevonatok a műanyagok különböző fém alkatrészekben:

- akril, vagy alkid acélon (autókarosszéria);
- szilikon fémeken (hőnek kitett alkatrészek);

- nylon fémeken (siklócsapágys).

A kerámia bevonat példája a zománc, a fémbevonat meg lehet ón, ólom, cink, vagy alumínium rétegmártó tűzi bevonással, vagy galvanizálással készíthet. Szintén használják a kémiai lecsapattós (CVD), vagy fizikai lecsapattós (PVD) eljárásokat. Különbözö felszörö eljárások (láng, plazma, laser stb. termálszörás) szintén használattósak fém vagy kerámia rétegek felvitelére.

MECHANIKAI TECHNOLOGIÁK

HEGESZTÉS

A hegesztés, mint oldhatatlan kötés, több száz éve ismeretes, igazi fejlődése azonban csak a múlt század végén kezdödött. Hegesztéskor a fémes alkatrészek összekötésére belső erőket, a fémek atomjait és molekuláit összetartó erőket használnak fel. Ezt a kötésmódot kohéziós kötésnek is nevezik.

A hegeszthetőség fogalma

A fémek hegeszthetősége a hegesztési technológiától függö alkalmasság megfelelő hegesztett kötés létrehozására

- A hegeszthetőség komplex tulajdonság, amely függ:
- A hegesztendő szerkezettől
- Az alkalmazott hegesztési technológiától
- A várható igénybevételtől

Hegesztés fogalma

A hegesztés során a munkadarabokat hővel, nyomással vagy mindkettővel egyesítjük oly módon, hogy a munkadarabok között nem oldható, az anyagok természetének megfelelő fémes (kohéziós) kapcsolat jön létre. Hegesztéssel két vagy több munkadarab egyesíthető (köttő hegesztés) vagy adott tulajdonságú felületet lehet kialakítani (felrakó hegesztés).

HEGESZTÉSEK CSOPORTOSÍTÁSA

A hegesztési eljárások több szempont szerint csoportosíthatók.

A hegesztés célja szerinti csoportosítás:

- Köttőhegesztés.

- Felrakó hegesztés.

A hegesztés folyamata szerinti csoportosítás:

- Ömlesztő hegesztés.
- Sajtolóhegesztés.

A hegesztés kivitelezési módja szerinti csoportosítás:

- Kézi hegesztés.
- Fél-automatikus hegesztés.
- Automatikus hegesztés.
- Teljesen automatizált (robot-rendszerű) hegesztés.

Energiaforrás szerinti csoportosítás:

- A villamos ív által végzett ömlesztő eljárások hőforrása a gázközegben végbemenő nagy hőmérsékletű kisülés; ami az, alapanyagok (és többnyire hozaganyag) megömlesztése útján hozza létre a kötést.
- A termokémiai elven működő eljárások energiaforrása hő termelő (exoterm) kémiai reakció, amelynek során a fejlődő hő ömleszti meg a munkadarabot és a hozaganyagot. Ide sorolható a gázhegesztés és a termit hegesztés.
- A sugárenergia által végzett ömlesztő hegesztések hőforrása nagy teljesítményű elektronsugár vagy lézersugár.
- Az elektromos ellenállás elvén működő eljárások során a hegesztéshez szükséges hő ellenállás hő, amely fejlődhet a megömlesztett salak Joule-hője által (villamos salak hegesztés), érintkezési ellenállás útján (pont-, vonal-, fóliás vonal-, dudor- és tompahegesztés stb.). Ez esetben a kötés hő és erő együttes hatására jön létre.
- A mechanikai energiafelhasználásán alapuló eljárásokhoz szükséges hő mechanikai energiából származik (súrlódás, sajtolás, képlékeny alakváltozás stb.). Az ide sorolható főbb eljárások: dörzs-, ultrahangos, hidegsajtoló és robbantásos hegesztés.

A nemzetközi előíráshoz – a hegesztési eljárásoknak megfelelően számkódokkal jelöl.

Néhány hegesztési eljárás számkódjai:

1 ívhegesztés

111 Fogyóelektródás kézi ívhegesztés bevont elektródával

131 Fogyóelektródás semleges védőgázos ívhegesztés (MÍG)

131 Fogyóelektródás aktív védőgázas ívhegesztés (MAG)

141 Volfrámelektródás védőgázas ívhegesztés TIG)

2 Ellenállás-hegesztés

21 Ellenállás-ponthegesztés

22 Ellenállás-vonalhegesztés

3 Gázhegesztés

311 Oxigén-acetilén gázhegesztés

4 Sajtolóhegesztés

41 Ultrahangos hegesztés

42 Dörzshegesztés

43 Kovácshegesztés

7 Egyéb hegesztési eljárások

71 Aluminotermikus hegesztés (termithegesztés)

72 Villamos salakhegesztés

73 Elektro – gázhegesztés

74 Indukciós hegesztés

Hegesztés feltételei

A hegesztési munkafolyamatnál a hegesztő szakmunkásnak figyelembe kell vennie a tervezési, gyártási és ellenőrzési követelményeket oly módon, hogy minőségileg megfelelő hegesztett kötést készítsen.

A hegesztés megvalósításához szükségesek:

Személyi feltételek:

A feladat megvalósításához megfelelő felkészültségű és képzettségű személyzet szükséges.

Gyártási előírások:

Tervdokumentációk, technológiai előírások, szabványok, gyártási alkalmassági előírások.

Anyagok:

- Alapanyagok, hegesztőanyagok, segédanyagok.
- Hegesztő berendezések:
- Gázhegesztő berendezés, hegesztő áramforrások, speciális hegesztőgépek.

Vizsgáló és mérőberendezések:

- Roncsolásos és roncsolás mentes anyagvizsgáló berendezések, hitelesítés, kalibrálás.

Vizsgálatok:

- Gyártás előtt, gyártás alatt, gyártás után.
- Munkadarabok előkészítése hegesztéshez

A hegesztéshez való előkészítés szakszerűsége meghatározza a hegesztés minőségét, ezért elengedhetetlen a gondos előkészítő tevékenység a fő műveletek szerint:

- Egyengetés.
- Felülettisztítás.
- Darabolás, méretre vágás.
- Hegesztendő élek kialakítása.
- Lefogás, illesztés, fűzés.

A szennyeződések, amelyek a hegesztés minőségét károsan befolyásolják, gondosan el kell távolítani a létesítendő kötés helyén, és annak 20 mm-es szélességében.

A hegesztett kötés jellemzői:

Varratra vonatkoztatva. szilárdság, szívósság, repedésérzékenység, anyagfolytonosság

Szerkezetre vonatkoztatva: ridegtörés elleni biztonság, stabilitás, korrózióállóság, méretváltozás. Mindezeket befolyásoló tényezők: a szerkezet geometriája (pl. lemezvastagság), a hegesztési technológia, utólagos hőkezelés

Figyelembe veendő tényezők

Fémek tulajdonságai:

- Kémiai összetétel.
- Hőkezelési állapot,
- Előzetes alakítási állapot,

Hegesztéstechnológia:

- Hegesztő eljárás és paraméterei.
- Hozaganyagok.
- Hegesztési munkarend.

Alkalmazás jelentős körülményei:

- Keresztmetszet változások
- Anyagvastagság.
- Varratelhelyezés, varratalak.

Üzemi körülmények:

- Igénybevétel módja.
- Hőmérséklet tartományok.
- Korrozíós igénybevétel.

A hegesztett kötések rendeltetésszerű használata megköveteli a meghatározott mechanikai értékek biztosítását, repedésmentességét. A fenti tényezők biztosításához ismerni kell a hegesztési varrat környezetében kialakuló hőhatásövezeteket és szövetszerkezeti tulajdonságokat.

Gázhegesztés elve:

A hegesztett kötés kialakításához az égő gáz hőenergiáját használják fel. Leggyakrabban acetilén és oxigén keveréket alkalmaznak.

Előnyei:

- A berendezés egyszerű, könnyen mozgatható és kezelhető.
- Számos fém és fémötvözet hegesztésére jól alkalmazható.
- Tetszőleges lemezvastagságok hegesztésére használható.
- Minden hegesztési helyzetben jól alkalmazható.
- Használható kötő-, javító és felrakó hegesztésre,

A hevítő gázláng egyéb területeken is felhasználható, mint: hőkezelés, lángvágás, felület minőségének javítása, forrasztás stb.

Hátrányai:

- Kis termelékenység jellemzi.
- Gondos előkészületet igényel.
- Hegesztéshez védőfelszerelés alkalmazása szükséges.
- Nem gépesíthető.
- A pontos és jó hegesztéshez kellő gyakorlat szükséges.

Gázhegesztő anyagok

A gázhegesztéshez szükséges hegesztő anyagok: éghető gáz, oxigén, hegesztőpálca folyósító szer.

Gázhegesztés során alkalmazott gázok tulajdonságai

Acetilén (C₂H₂):

- A lánghegesztésnél a legáltalánosabban használt éghető gáz, melynek főbb tulajdonságai:
- Színtelen, enyhén fokhagyma szagú, nem mérgező.
- Kormozó lánggal ég a levegő oxigénjével.
- Tiszta oxigénnel 3126 °C hőmérsékletű szúrolángot ad.
- Rendkívül labilis, robbanásveszélyes.
- Rézzel érintkezve réz- acetát keletkezik, amely fokozza a robbanásveszélyt, ütésre, lökésre azonnal robban.
- Folyékony acetonban oldható.

Oxigén (O₂):

- Színtelen, nem mérgező, szagtalan a levegőnél nehezebb gáz.

Figyelem! A munkahely oxigéndúsulását feltétlenül kerülni kell! Tilos oxigénnel szellőztetni, hűteni, kifúvatni. Oxigénnel érintkezésbe kerülő alkatrészeknek zsír- és olajmentesnek kell lenniük.

Folyósító szer

Feladata a felületen lévő oxidok feloldása, újra oxidáció megakadályozása, valamint a megömlés és a folyósítás elősegítése. A különböző anyagokhoz különböző folyósítót kell alkalmazni. Anyaga lehet por, paszta és folyékony állapotú.

A gázhegesztés eszközei

A hegesztő munkahelyek gázellátása történhet:

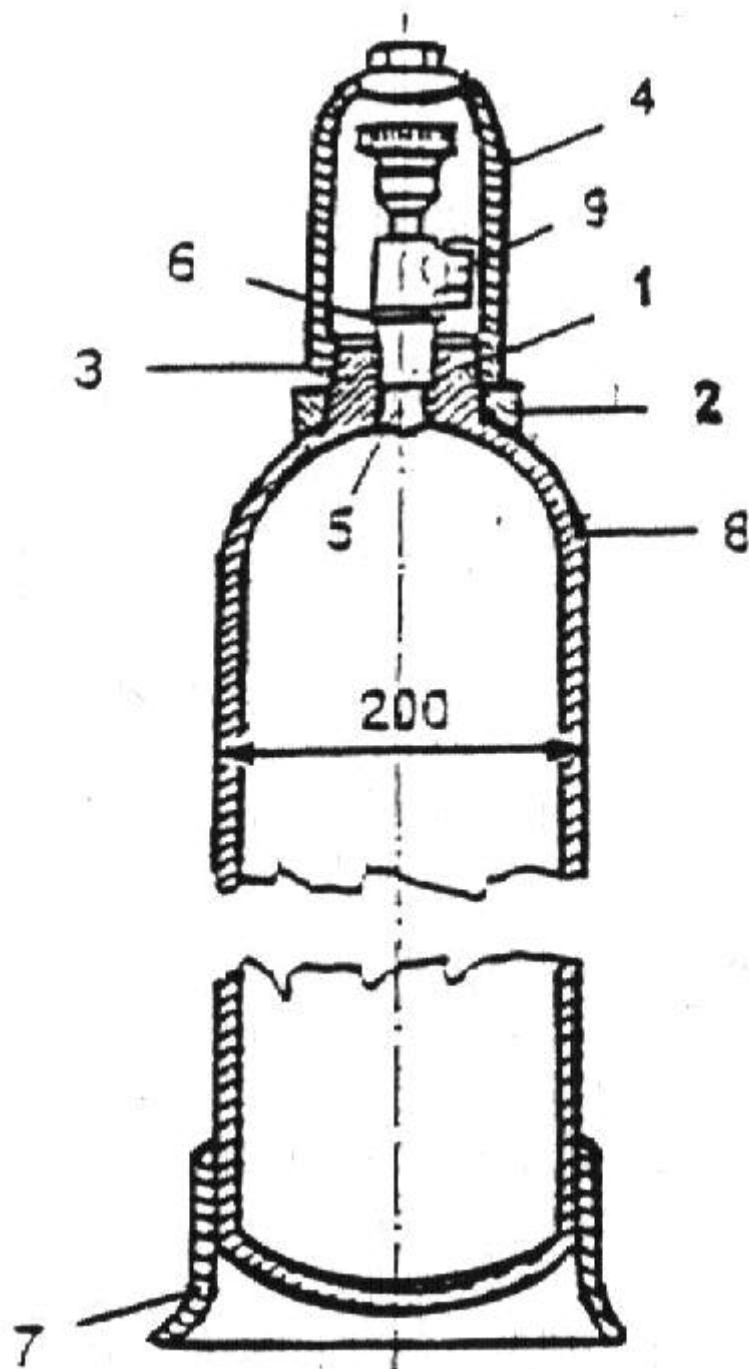
- Központi gázellátó rendszerből csővezetéken keresztül,
- Nyomástartókból,
- Palacktelepről,
- Gázfejlesztő készülékből,
- Palackból.

A gázellátás céljára az épületgépészeti szerelőipari munkálatokhoz leggyakrabban gázpalackokat használunk.

A gázpalack részei:

- Menetes nyakgyűrű (1).
- Erősítőgyűrű (2).
- Menetes csatlakozó (3).
- Védősapka (4).
- Kúpos, belső menetes csatlakozó (5).
- Elzáró szelep (6).
- Gurulás gátló talp (7).
- Palacktest (8).

- Menetes csatlakozó (9).



4. ábra. Gázipalack szerkezete

A nagy nyomású gázokat acélpalackokban hozzák forgalomba, 2, 5, 10 és 40 literes űrtartalommal. Leggyakoribbak a 40 literes palackok, amelyeknek átmérője 200 mm, hossza 1800 mm, falvastagságuk az acélminőség függvénye (5–8 mm).

Disszugáz: acetonban oldott acetiléngáz. Színjele: sárga (EU-ban gesztenye barna) Figyelem! **Figyelem! A folyékony aceton miatt a palackot fektetve használni tilos!**

Jellemzője: A porózus töltőanyag, amely felszívja szivacszerűen az acetont, csökkenti a robbanásveszélyt 1,5 bar túlnyomás felett.

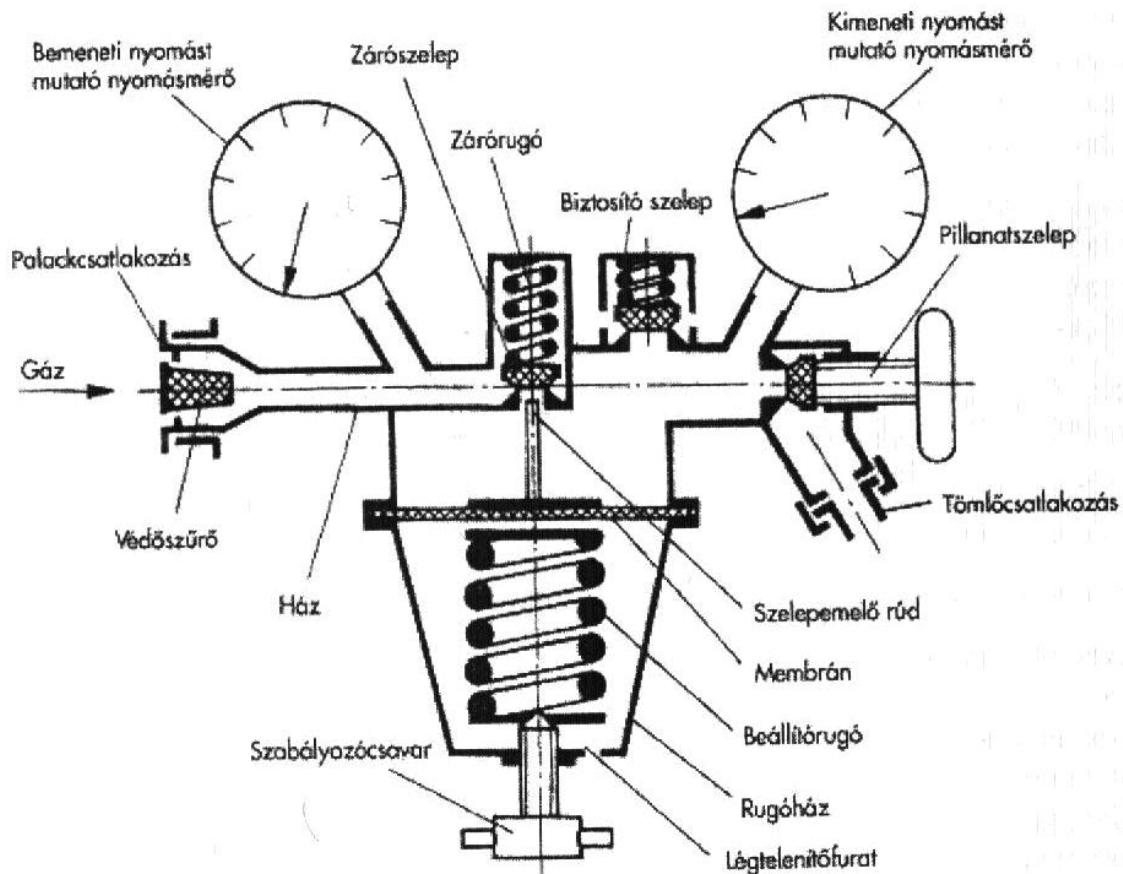
Térfogatkitöltése:

- 25% porózus anyag.
- 40% aceton,
- 30% térfogat növekedés.
- 5% biztonsági tér.

Oxigén palack: színjele kék.

Hegesztő nyomáscsökkentő

A nyomáscsökkentő feladata az, hogy a palackban illetve csővezetékben lévő nagyobb (bemenő) nyomást az üzemi (kimenő) nyomásra csökkentse, azt állandó értéken tartsa, és a folyamatos gázelvétel lehetőségét biztosítsa.



Egyfokozatú hegesztő nyomáscsökkentő

5. ábra. Nyomáscsökkentő felépítése

Palackcsatlakozás:

Oxigén: C3/4" jobbmenet.

Acetilén: kengyeles csatlakozás

Tömlők

Feladatuk az égőgáz és az oxigén elvezetése a nyomáscsökkentőtől a pisztolyba. A tömlők anyaga vászonbetétes gumi.

Oxigéntömlő jellemzői:

- Nagy nyomásállóság (2 MPa),
- Vászonbetétek száma: 3,
- Színe lehet; szürke,kék,fekete.
- Tömlővég csatlakozás: jobb menetű hollandi anyával, menetméret: C 1/4".

Acetiléntömlő jellemzői:

- Ellenőrző nyomás a (0,6 MPa),
- Vázonbetétek száma: 1 vagy 2,
- Színe: vörös,
- A tömlővég csatlakozás: bal menetű hollandi anyával, menetméret: C 3/8".

Hegesztőtömlők hossza:

- Minimum: 5 m,
- Maximum: 30m
- (15 m-nél hosszabb tömlők csak kivételesen alkalmazhatók).

Hegesztőtömlőket a csatlakozószerelvényekhez szabványos csőbilinccsel kell felszerelni,

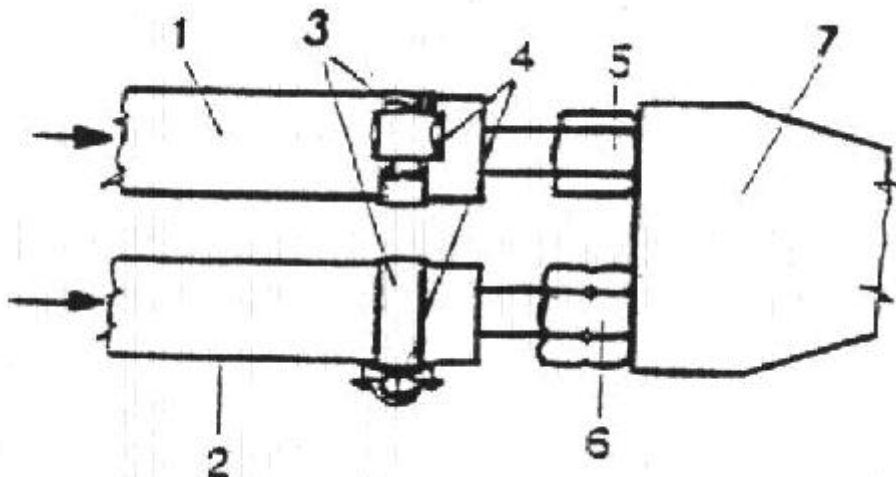
Hegesztőtömlők toldása csak szabványos kettős tömlő-csatlakozóval történhet.

Az új tömlőket a felszerelés előtt semleges gázzal vagy levegővel ki kell fúvatni, és gáztömörségre ellenőrizni kell. A gáztömörség ellenőrzését a használatba vételtől számítva 3 havonta meg kell ismételni

Hegesztőtömlő csatlakozás

Részei:

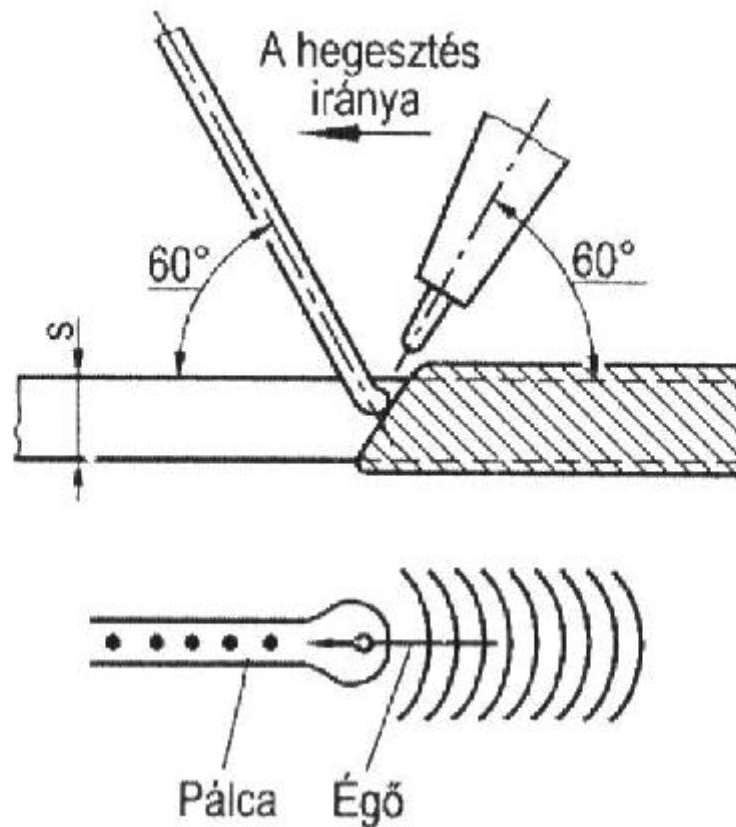
- Oxigéntömlő (1).
- Gáztömlő (2).
- Csőbilincs (3).
- Szorítócsavar (4),
- Jobbmenetes csatlakozó (5).
- Balmenetes csatlakozó (6).
- Markolat (7).



6. ábra. Hegesztő tömlő csatlakozása

Balra hegesztés technológiája

Balra hegesztéskor a pálcát elől halad, és a hegesztő égő köröző mozgást végezve követi. A pálcát a megömlött anyagát a láng háta mögé terelve hozza létre a hegesztési varratot. Jobbról balra haladunk. A hegesztő égő és a hegesztőpálcát az alapanyaggal kb. 60° -os szöget zár be. A hegesztő égő mindig a varrattól azonos magasságban, maradjon.



7. ábra. Balra hegesztés technológiája

Előnyei:

- Döntött helyzetben a leolvadó csepp a gravitáció irányába, lefelé mozdul el, így ellensúlyozni tudja a láng felfelé irányuló terelő hatását, és kisebb a veszélye annak, hogy a megömlött pálcanyag a még meg nem ömlött alapanyagra kerüljön.
- Szép a varratrajzolat.

Hátrányai:

- A keresztmetszet teljes átolvasztását a hegesztő nem tudja biztonságosan érzékelni.
- Helyenként gyökhiba keletkezik.
- A kész varrat gyorsan dermed, könnyebben edződik.
- A gyors hűtés következtében nagyobb vetemedéssel kell számolni.
- Kisebb a hegesztési teljesítmény.

- Nagyobb az önköltség – gazdaságtalanabb.

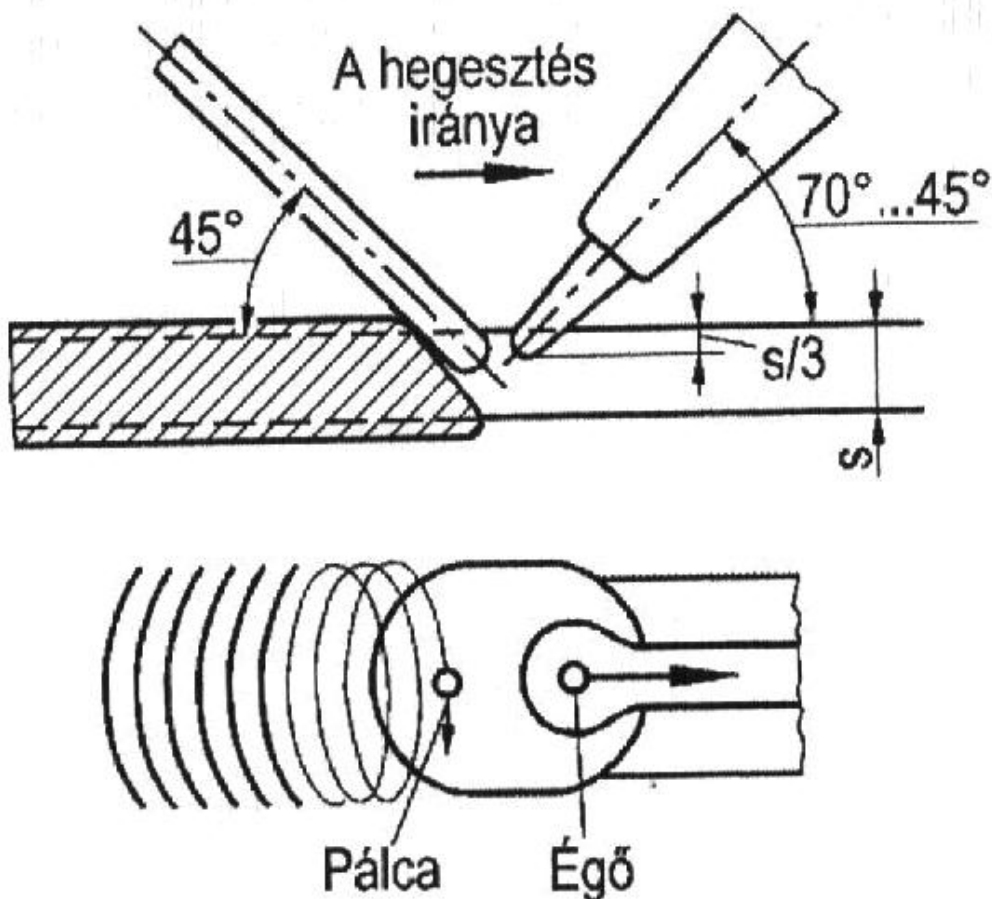
Alkalmazási területe:

- 3 mm-nél vékonyabb acélszerelvényeknél.
- Öntöttvas, réz, sárgaréz, bronz, alumínium, horgany, ólom, korrózióálló acél esetében.

Jobbra hegesztés technológiája

Jobbra hegesztésnél a hegesztő égő 45–70°-os, a hegesztőpálca pedig 40–50°-os szöget zár be a lemezzel. Az előre haladó égőnek a pálca nem áll útjában, a láng az alapanyagot a hegesztőpálca előtt minden oldalmozgás nélkül is meg tudja olvasztani.

Az égőt egyenes vonalban mozgatjuk, a pálca végét állandóan az ömledékben tartjuk, és az Ömledék szélességének megfelelően oldalirányú mozgást is végzünk.



8. ábra. Jobbra hegesztés technológiája

Előnyei:

- Tömörebb varrat.
- Jobb gyökátolvasztás.
- Pozícióban biztosabb varratképzés.
- Nagy hegesztési sebesség.
- Kevesebb hőbevitel.
- Gazdaságosabb.

Hátrányai:

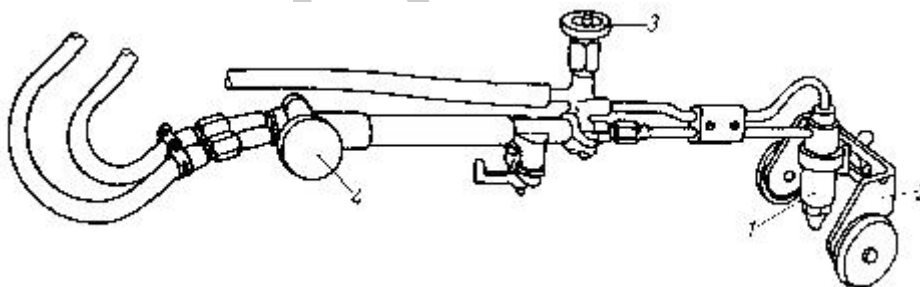
- A láng az ömledékre irányul, ezért túl kemény láng alkalmazása, nem ajánlatos, mert a folyékony fémet szétfújja.
- A varratrajzolat nem egyenletes.

Alkalmazási területe:

Acél esetében 3 mm lemezvastagság felett, rozsdálló acélnál 2 mm lemezvastagság felett.

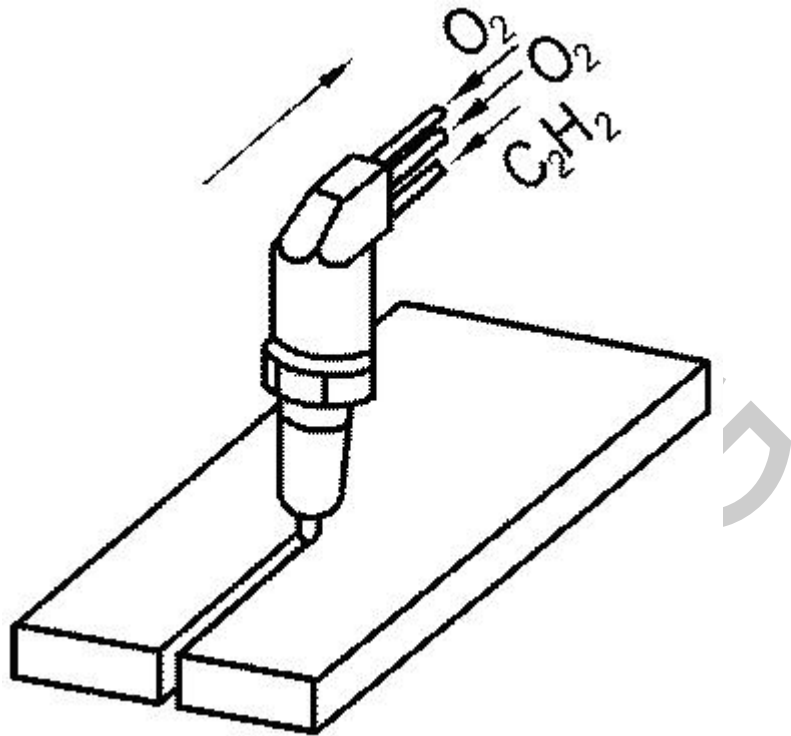
Lángvágás

Egyes acélfajták a lángvágással csaknem tetszőleges alakra darabolhatók. A lángvágás elvi alapja a következő: a vas a fehérizzás hőmérsékletén oxigénsugárban igen gyorsan oxidálódik, közben jelentős hőmennyiség szabadul fel. A vasoxidok (FeO és Fe_3O_4) olvadáspontja a tiszta vas olvadáspontjánál kisebb. A lángvágáskor jelentkező salak tehát gyorsabban olvad meg, mint maga a tiszta vas. Lángvágáskor a vágandó vonal kezdőpontját elő kell melegíteni. Ezután az előmelegített helyre irányított oxigénsugárral a vasat elsalakosítják. A képződött híg folyós salakot az oxigénsugár nyomása a hézagból kiszorítja.



9. ábra. Lángvágó égőfej

A vágóégő legegyszerűbb szerkezeti megoldását mutatja az ábra. Az 1 jelű vágófejet a 2 jelű kereken gördülő kocsira szerelik. A vágóoxigén a 3 csapon keresztül jut a vágóégőhöz. A 4 csap az előmelegítő láng szabályozására szolgál. Az előmelegítő láng valamilyen éghető gáz és oxigén keveréke (pl. acetilén + oxigén).

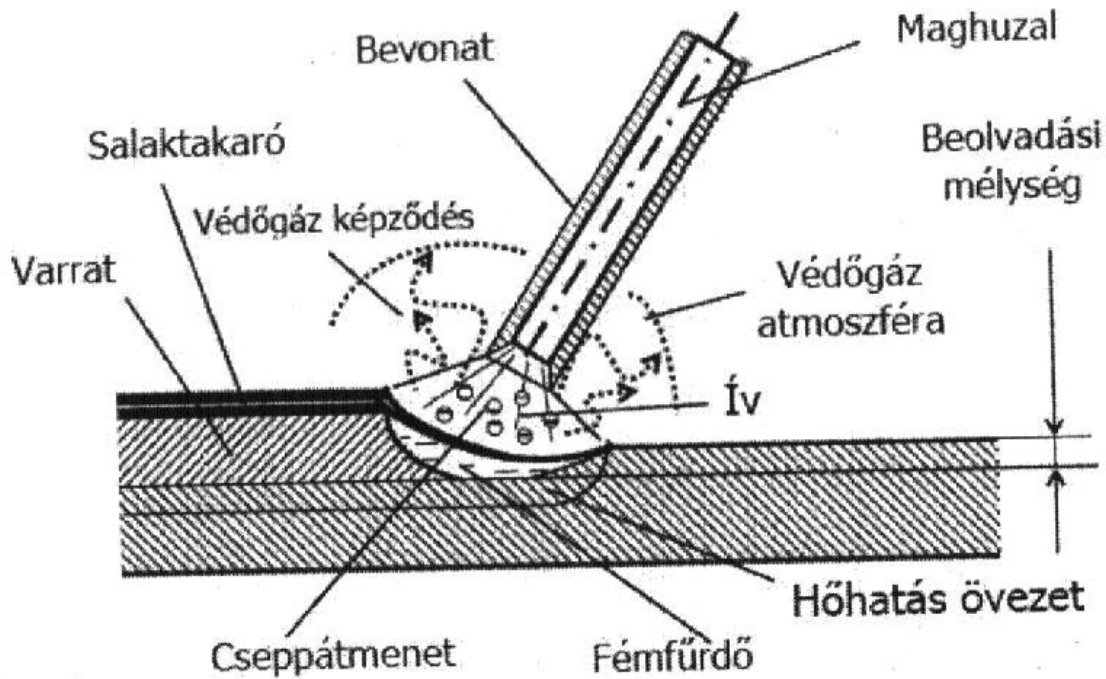


10. ábra. Lángvágó égő

Bevont elektródás kézi ívhegesztés

Az ívhegesztés elve

Az alapanyagot és a hozaganyagot villamos ív által fejlesztett hő ömlesztzi meg. Az áramforrás egyik pólusa a hegesztendő munkadarabra, a másik pedig az elektródára van csatlakoztatva.



11. ábra. Az ívhegesztés elve

A hegesztés végezhető egyenárammal vagy váltakozó árammal. Az egyenáram hegesztési viszonyai kedvezőbbek, váltakozó áramnál az ív nyugtalanabb, a hegesztési hőfok alacsonyabb. Lánghegesztéshez viszonyítva nagyobb a hegesztési teljesítmény, így kisebb a hővesztés, amely a kisebb zsugorodási feszültségeket és deformációkat eredményezi.

Elektróda

Az ívhegesztéshez alkalmazott fémálcák, huzalok, amelyek a hőhatásra megolvadnak, és az alapanyaggal varratot alkotnak. Anyaga a hegesztett anyagól függően lehet acél, öntöttvas, réz, alumínium vagy nikkel.

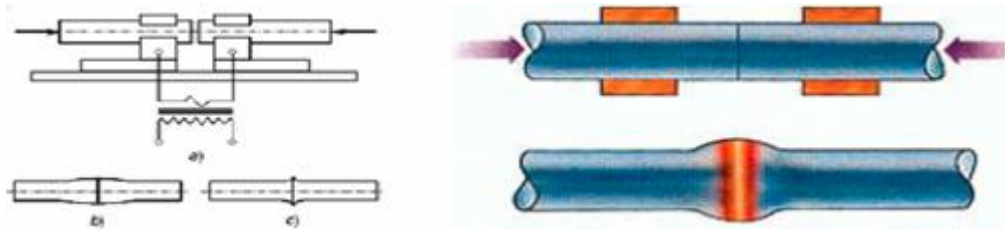
Bevonatos elektróda

Részei:

- Maghuzal, amelynek anyaga, minősége a hegesztendő anyagminőséghez közel azonos minőségű legyen.
- Bevonat, amely ásványi, valamint szerves anyagból áll, és a maghuzalra van sajtolva. A bevonat minősége határozza meg a bevonat elektróda minőségét, elnevezését. Legelterjedtebb elektródatípusok: rutilos, bázikus, cellulóz.

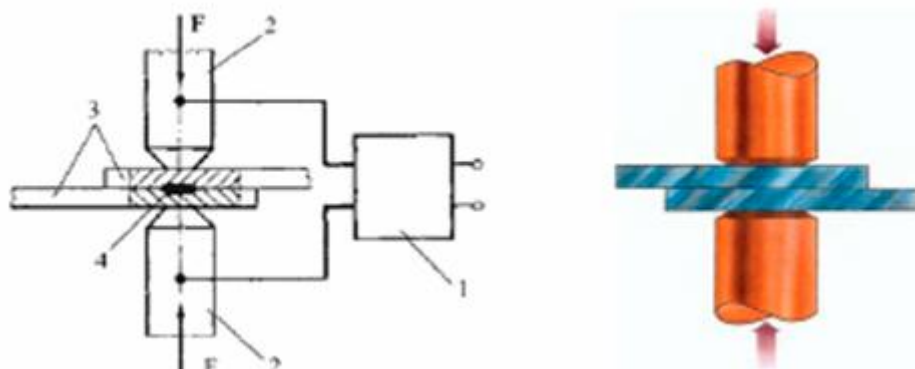
Hőhatással létesített hegesztett kötések: az összekötendő munkadarabokon átfolyó áram Joule hője hevíti fel az összekötés helyét. A keletkezett hőmennyiség az ellenállás és az átfolyó áram függvénye.

Tompahegesztés: A munkadarabokat tompán összenyomják, melyeken a kis feszültségkülönbség hatására nagy áram folyik át, mely felhevíti a darabok érintkezési felületeit, melyek bizonyos esetekben meg is olvadnak, a nyomóerőt tovább növelve, a képlékeny alakváltozás hozza létre a kötést.



12. ábra. Tompahegesztés elve

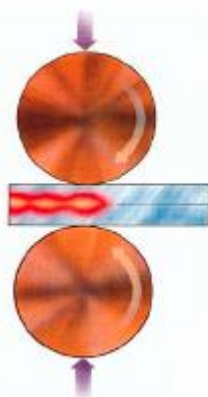
Ponthegesztés: A munkadarabokat az alsó elektródára helyezik, a felső elektródával összenyomják azokat, adott idő (előtartási idő) után rákapcsolják az áramot, ennek hatására a munkadarabok érintkezési felülete lencse alakban megolvad. Megfelelő idő után az áramot kikapcsolják és az utótartási idő letelte után az elektródák elengedik a munkadarabokat.



13. ábra. Ponthegesztés elve

Vonalhegesztés: Itt a tárcsaelektrodák:

- átfedéssel, folyamatosan készítik el a pontvarratokat



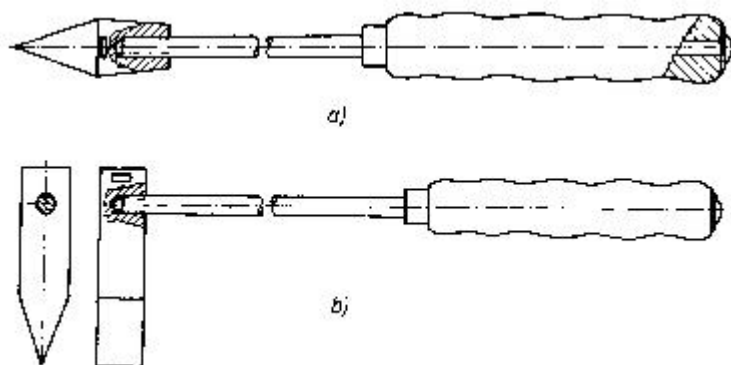
14. ábra. Vonalhegesztés elve

Forrasztás

Forrasztással a hegesztéshez hasonlóan oldhatatlan kötést lehet készíteni. A forrasztás a diffúziós kötés egyik fajtája, a kötést azonban a hegesztéssel ellentétben az alapanyagok megolvadása nélkül lehet létrehozni. A forrasztás mindig egy, az alapanyagtól különböző, kisebb olvadáspontú anyaggal történik. Igen jól forrasztható valamilyen fémrel egy alapanyag akkor, ha a forraszanyag és az alapfém a forrasztás hőmérsékletén oldják egymást. Például a réz az ezüstöt oldja, így a réz ezüsttel jól forrasztható. Ezzel szemben sem az ezüst a vasat, sem a vas az ezüstöt nem oldja, a vas az ezüsttel mégis jól forrasztható. Ez az utóbbi példa arra mutat, hogy a forrasztás adhéziós jellegű kötés, amely a határfelületeken lévő atomok kohéziós kapcsolatából jön létre. Forrasztáskor a diffúziós jelenségek ugyan szerepet játszanak, de nem képezik a forraszthatóság feltételét.

A forrasztás nagy előnye a hegesztéssel szemben, hogy az alapanyag megolvasztása nélkül végezhető el, így készre munkált alkatrészeket lényeges alakváltozás nélkül köthetünk össze. További előnye, hogy kisméretű tömegcikkék forrasztása könnyen gépesíthető.

A lágyforrasztáshoz hőforrásként legtöbbször az úgynevezett forrasztópákát használják. A forrasztópáka nyéllel ellátott réztömb, amely kétféle kivitelben készül: hegyes és kalapács alakú kivitelekben



15. ábra. Forrasztópáka

A pákával való forrasztást csak a kis olvadáspontú lágyforrasztókhoz lehet alkalmazni.

A keményforrasztáshoz a hegesztőpisztolyhoz hasonló égőket szokás használni. A kétféle égő között csupán az a különbség, hogy a forrasztáshoz nem szükséges olyan nagy hőmérséklet, mint a hegesztéshez, ezért a forrasztópisztolyokhoz égőgázként megfelel a világítógáz is.

Forrasztáskor a folyasztószer feladata kettős. Egyrészt megtisztítják a felületet a szennyezőktől, másrészt megvédik a forrasztás helyét a további oxidációtól. Ebből következik, hogy a folyasztószer a forrasztás hőmérsékletén lehetőleg folyékonyak legyenek, továbbá jól nedvesítsék a forrasztandó felületet.

A folyasztószer kiválasztásakor lényeges szempont, hogy lágy- vagy keményforrasztáshoz kell-e őket alkalmazni. A folyasztószerekkel szemben támasztott követelmények közül az a legfontosabb, hogy kisebb olvadáspontúak legyenek, mint a forrasztóanyagok. Az oldásra kerülő fémoxidok olvadáspontja rendszerint jóval nagyobb, mint a lágyforrasztók olvadáspontja.

A fémek hegesztésénél figyelembe kell venni a hegeszthetőséget.

Hegeszthetőség – a fémek hegesztés technológiájától függő alkalmassága a hegesztett kötés létrehozására.

GÉPGYÁRTÁSTECHNOLÓGIA

A képlékenyen alakító technológiai eljárásokat a külső alakító erő által létrehozott mechanikai feszültség és a művelet jellege szerinti feszültségek alapján lehet csoportosítani:

Nyomásos alakítás: a fő alakváltozást egy- vagy többtengelyű nyomófeszültség hozza létre (kovácsolás, hengerlés, kisajtolás, folytatás).

Húzó-nyomó alakítás: az alakváltozás húzó- és nyomófeszültségek együttes hatására jön létre (rúd-, drót- és csőhúzás, mélyhúzás).

Húzó jellegű alakítás: egy- vagy többtengelyű húzófeszültség segítségével történik az alakítás (nyújtva hengerlés, feltágítás, domborítás).

Hajlító alakítás: vékony termékek hajlítása, például a lemezek élhajlítása, a görgőkkel végzett idomhajlítás tartozik ide.

Alakítás csúsztatófeszültséggel: a szabadalakító kovácsolás technológiai műveletei közül az áttolás és a csavarás sorolható ide.

KÉPLÉKENY ALAKÍTÁS

A képlékenység az anyagok olyan tulajdonsága, amely lehetővé teszi, hogy alakjuk külső terhelés hatására maradandóan megváltozzon anélkül, hogy az atomok közötti kötés megszakadna, azaz alakváltozás közben az anyagban szakadás, törés következne be. A fémek képlékenysége kristályos tulajdonságaikkal magyarázhatók. A képlékenyalakítás technológiája az alakadás olyan módszere, ahol erőhatással az anyag szétválása nélkül hozzuk létre a kívánt formát

A képlékeny alakító eljárások osztályozása

- Hőmérséklet szerint:
- hidegalakítás – melegalakítás – félmeleg alakítás
- Az alakított előgyártmány szerint:
- Térfogat alakítás – lemezalakítás
- Az eljárás változat szerint
- alakítás (anyag folytonosság megszakítása nélkül) – anyagszétválasztás (vágás)

Szabadalakító kovácsolás

Szabadalakító kovácsolás: ütések között a munkadarabot elmozdítjuk úgy, hogy minden keresztmetszete átkovácsolódjon. Előnye: egyszerű, változatos alak, nagy méretű alkatrészekhez is jó. Hátránya: pontatlan(nagy ráhagyások).

Nyújtás: A szabadalakító kovácsolás legalapvetőbb művelete. A nyújtóbetét általában lapos, téglalap nyomófelületű szerszám. A nyújtás annál erőteljesebb, minél keskenyebb a nyújtóbetét.

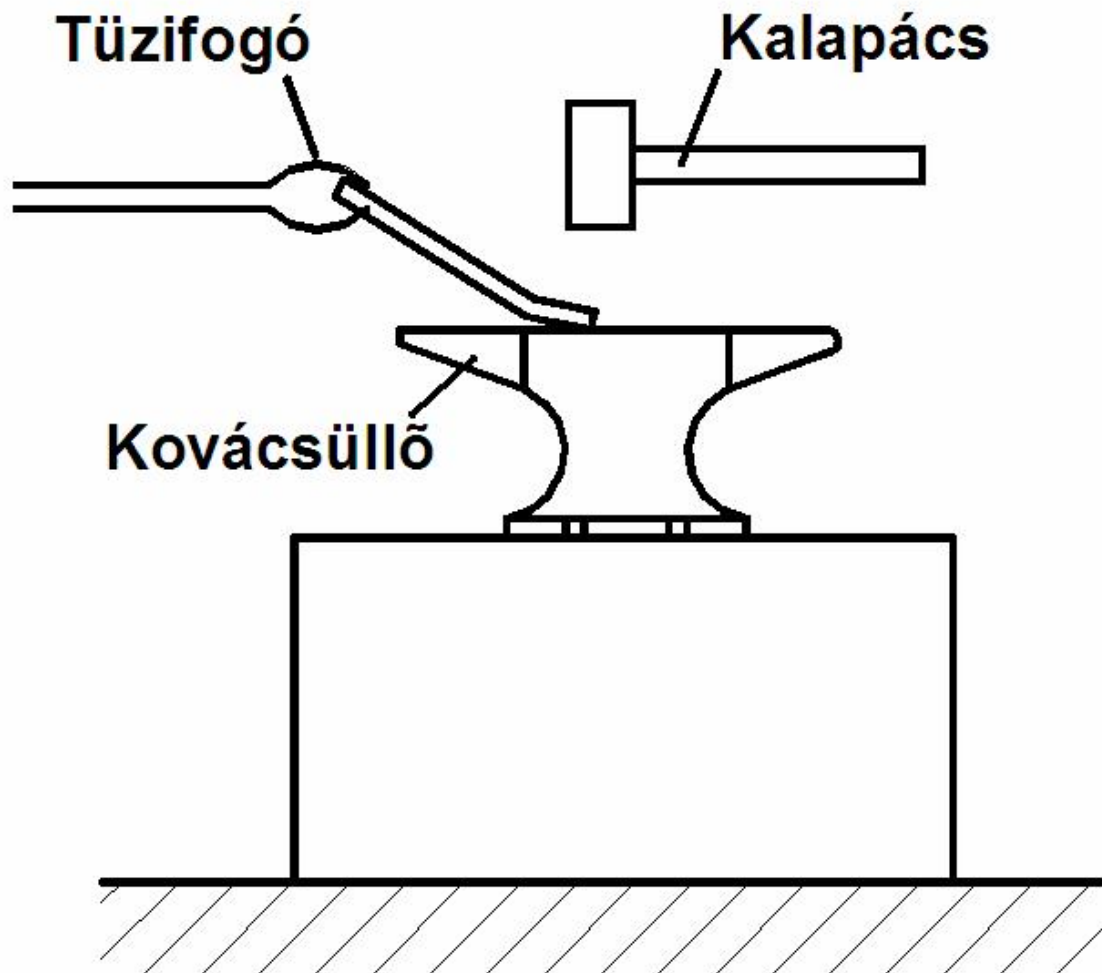
Duzzasztás: Olyankor szükséges, ha kis keresztmetszetű kiinduló anyagból nagyobb keresztmetszetű darabot kell kovácsolni. Gyűrűk, korongok, tárcsák lyukasztásának előkészítésére is alkalmazzák.

Lyukasztás: Tömör vagy üreges lyukasztó tűskével végzik, egy vagy két oldalról.

Vállazás: Az éles vagy nagyobb átmenetek kialakításának segédművelete. Egyszerű nyújtással ugyanis nem lehet éles átmenetet biztosítani, mert az ütések helye mellett az anyag behúzódik.

Áttolás: Az anyagtakarékosságot és a kedvezőbb szálrendeződést segíti elő, a két szomszédos rész tengelyvonalának egymáshoz képesti eltolása.

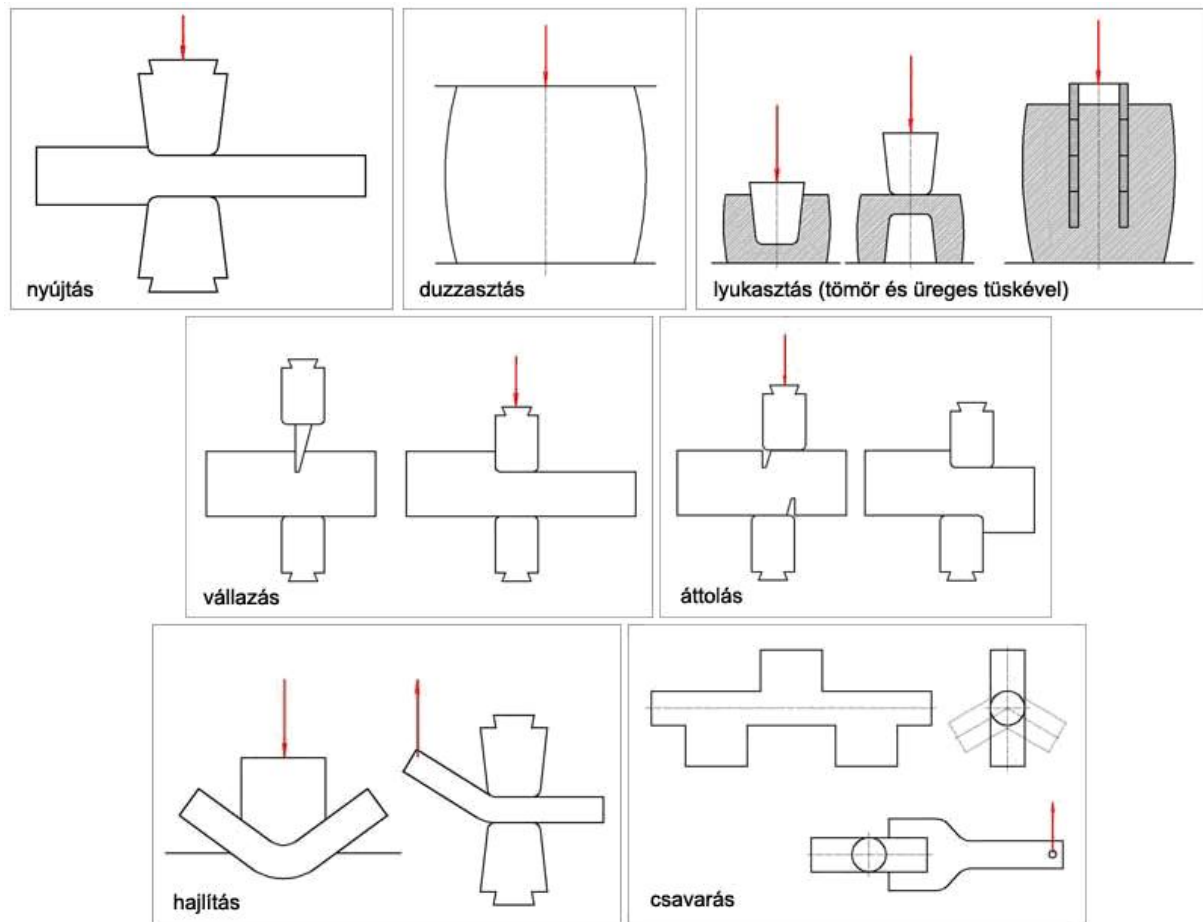
Hajlítás: Általában a görbe kovácsdarabok alakításának utolsó művelete. Többnyire csak a darab egy kis részét kell egy görbe vonal mentén meghajlítani. Eközben ügyelni kell a húzott, külső oldal „behúzódására”: ezen a részen szükség esetén anyag többletet kell biztosítani.



16. ábra. Szabadalakító kovácsolás

Csavarás: Kényes művelet, ezért megfelelő hőmérsékleten kell végezni. A kovácsdarab egyik részét általában úgy fordítják el valamilyen szöggel a többihez képest, hogy a darabot először egy síkban lekovácsolják, és a művelet sor végén csavarják meg.

Kovácshegesztés: A bonyolult alakú kovácsdarabokat gyakran részekre bontva kovácsolják, és a részeket hegesztéssel, igen gyakran kovácshegesztéssel egyesítik. A kis karbon tartalmú (a kohászatban a szén helyett többnyire a karbon kifejezést használják) acélok (mintegy 0,15% C-tartalomig) általában jól hegeszthetők, eelőtt azonban a hegeszthetőség már korlátozott.[1][4]



17. ábra. Kovácsolási műveletek

Süllyesztékes kovácsolás:

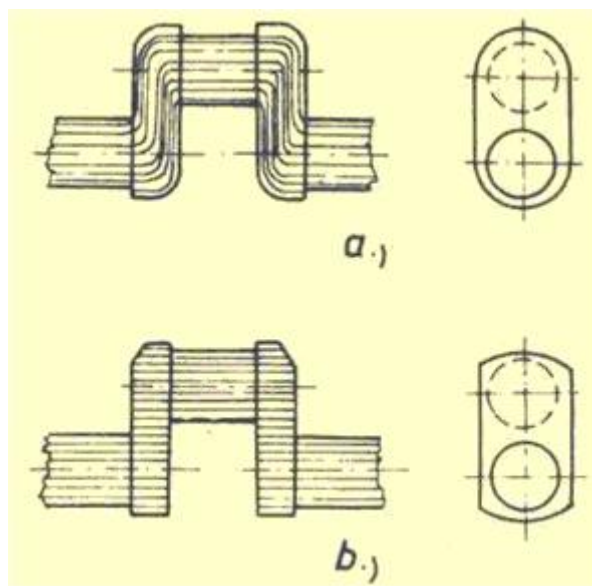
Süllyesztékes kovácsolás: az ütések arra kényszerítik az anyagot, hogy egy üreget kitöltsön. Előnye: pontos, egyenletes minőség, kis ráhagyás Hátránya: drága szerszám, nagy sorozatnál gazdaságos

Süllyesztékes kovácsolással bonyolultabb kovácsdarabok állíthatók elő, a szabadalakító kovácsolásnál pontosabban és többnyire nagy sorozatban. A munkadarabot általában két félből álló szerszámmal alakítják, ezek a süllyesztékek. A süllyesztékszerszámokba a kovácsdarab két részre osztott negatívját munkálják be. A süllyesztékeket elválasztó felület az osztófelület.

MELEGALAKÍTÁS

A melegalakítás során a darabot az anyag újrakristályosodási hőmérséklete feletti hőmérsékleten alakítjuk. Az újrakristályosodási hőmérséklet nem egy bizonyos hőmérséklet, hanem függ a fém olvadáspontjától, ($T_{\text{újrakristályosodás}} = 0,4-0,5 \text{ Tolv.pont } ^\circ\text{K-ben}$) Melegalakítás során a felkeményedést követi az újrakristályosodás, így az alakítás mértékének elvileg nincs korlátja. Fontos azonban az alakítás sebessége, hogy a darabnak „legyen ideje újrakristályosodni”. A fém szerkezete melegalakításnál a többszöri újrakristályosodás hatására finomodik és a kristallitok felületén elhelyezkedő szennyező (P) és az ötvöződúsulások sorba rendeződve szálas szerkezetet alakítanak ki.

A szálak jól megválasztott technológia esetén követik a darab alakját.



18. ábra. Szálas elrendeződés

Képlékeny hidegalakítás: alakadó technológia, amikor a testet külső mechanikai terhelésnek vetjük alá, melynek hatására az anyag megfolyik és felveszi a szerszám által meghatározott alakot, anyagi összefüggés megszakítása, törés, repedés nélkül.

Képlékeny hidegalakításról beszélünk, ha jóval a kristályosodási hőmérséklet alatt végezzük a megmunkálást. A képlékeny hidegalakítást tömeggyártásnál használjuk.

HIDEGALAKÍTÓ ELJÁRÁSOK

Lemezalakító technológiák

Megkülönböztetnek:

- vágás, kivágás, finomkivágás eljárásokat;
- hajlítás, élhajlítás műveleteket;
- mélyhúzás, mélynyomás, flexibilis szerszámmal való alakítást;

- robbantásos alakítást;
- víz alatti alakítást.

Zömítés: A zömítés térfogat-alakító eljárás. A gépipari üzemekben, hidegalakítással végzett alkatrész-gyártás leggyakrabban előforduló művelete. Zömítéssel olyan alkatrészek állíthatók elő, melyeken fejek, vállak vannak kiképezve (szegek, szegecsek, csavarok), illetve amelyek a keresztmetszet, egész hossz mentén történő növelésével állíthatók elő (hatlapú anya előgyártmánya). A hidegzömítés és a meleg-zömítés az iparban egyaránt elterjedt eljárás.

A zömítés alaki tényezői: A technológusnak úgy kell megtervezni a hidegzömítést, hogy az alábbi feltételeknek minden esetben megfeleljen: – A zömítendő anyagrészt a zömítés közben ne hajoljon ki.

– A zömítendő anyag, törés és repedés nélkül viselje el a kívánt mértékű képlékeny alakváltozást.

Kihajlítás: a lemez egyes részeinek kihajlítása a bevágási helyeken.

Göngyölítés: Az előhajlított szélű lemez, gyűrű alakú behajlítása.

Élhajlítás: A lemez két részének, adott hajlítási tengely mentén, adott szögben és hajlítási sugárral való alakítása.

Mélynyomás: Sík lemezből, üreges forgástestek alakítása forgó, mélynyomó formán nyomással.

Borda rogyasztás: Üreges lemezalkatrészek keresztmetszetét helyileg növelő eljárás.

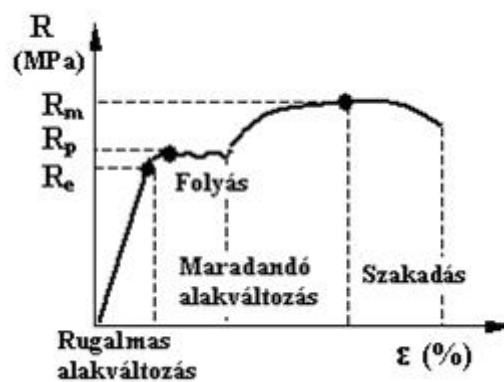
Nibbelés: Egyedi gyártás esetén alkalmazott kicsipkedő vágás, pl: koordináta asztalon végzett rezgővágás.

Mélyhúzás: Sík lemezből üreges testet állítunk elő egy, vagy több lépésben

Technológiai paraméterei:

- teríték mérete, alakja ;
- hány lépésben húzható;
- műveletközi lágyítások száma ;
- ráncgátló alkalmazása szükséges-e? ;
- mélyhúzó erő ;
- alakítási munka.

Külső erő hatására a fémek és ötvözetek rugalmas és maradandó alakváltozást szenvednek. A rugalmas alakváltozás az erő eltűnése után szintén eltűnik, a fém alkatrész visszakapja az eredeti formáját. E jelenség értékelésére használatos az E rugalmassági, vagy Young-féle modulusz. A képlékeny alakváltozás egy maradandó forma változása a fémeknek, amely akkor jelentkezik, ha a külső erő meghaladja a rugalmassági feszültség (R_e) értékét. Ezt követően megkezdődik a fém folyása, az R_p feszültség állandó marad, a fém megkeményedik, megnő az erő és a feszültség, amíg eléri a legnagyobb értékét, az R_m szakító szilárdságot, majd létrejön az anyag szakadása. E jelenségeket legjobban a szakítódíagram diagram ábrázolja, amely az anyagban fellépő R feszültség változását mutatja a fajlagos alakváltozás ϵ függvényében.



19. ábra. Szakítódíagram

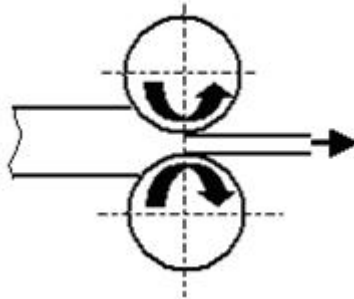
Alakítás kémia, vagy fizikai változással (alakatlan anyagból szilárd test képződik kapcsolódás létesítésével)

- - Képlékeny alakítás (megváltozik a test alakja, de tömege és a részecskék kapcsolata alapján véve változatlan marad)
- - Anyagszétválasztás (a szilárd test méretének alakjának megváltoztatása, az anyag részecskéinek kapcsolódási helyi megszüntetésével)
- - Bevonás (a bevonó anyag alakatlan formában tapad formáját változatlanul megtartó alaphoz, miközben a bevonó-anyag halmazállapota változhat)
- - Kötés létesítés (alakos, vagy alakatlan anyagdarabokat oldhatóan, vagy oldhatatlanul kapcsolunk össze) – Anyagtulajdonságok megváltoztatása (az anyag tulajdonságait célirányosan megváltoztatjuk anélkül, hogy alakja megváltozna)

A fémek képlékeny alakításának legelterjedtebb technológiai alkalmazásai ismertek:

Megmunkálhatóságon egy anyag adott megmunkálási technológiára való alkalmasságát értjük. A megmunkálhatóságot jellemezhetjük fizikai paraméterekkel (pl. olvadáspont), anyagvizsgálati mérőszámokkal (pl. keménység), vagy úgynevezett technológiai próbákkal.

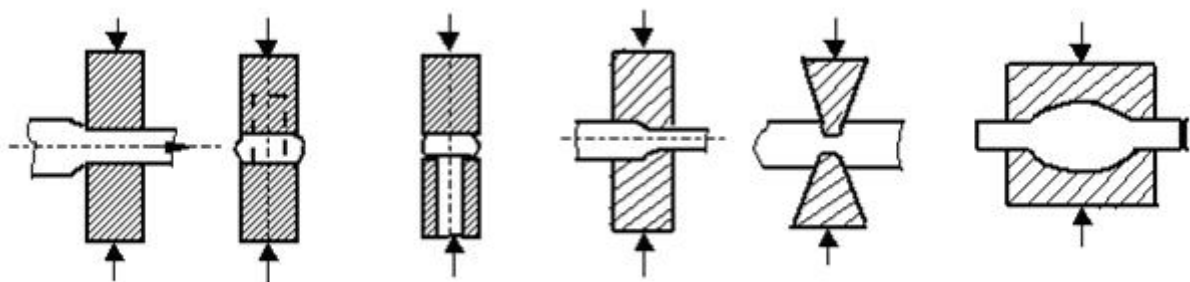
Hengerlés: két vagy több vízszintes (vagy függőleges) henger között átvezetett anyag vastagság csökkentési eljárása



20. ábra. A hengerlés elve

Az öntött tuskóból előgyártmányokat (lapos buga, durvalemez, platinát stb.) és egyes késztermékeket meleghengerléssel állítanak elő. A hideghengerlést finomlemezgyártás befejező műveleténél használják. A síkhengerlést lemezek, rudak, szalagok gyártásánál alkalmazzák. Idomhengerlést profilos, alakos hengerekkel végeznek, kör, háromszögű, hatszögű rudak, sínek, szögacélok vagy I, U, T, Z tartók gyártásánál. Csőgyártásra kúpos, hordós, vagy tárcsás ferdehengerlési eljárásokat alkalmaznak.

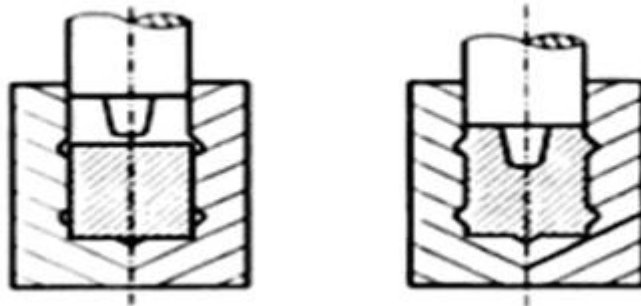
Kovácsolás: általában az újrakristallizációs hőmérséklet felett, ütéssel vagy nyomással végzett képlékeny melegalakításalakítás. A kovácsolt fém mechanikai tulajdonságai, hasonlóan a hengerelt anyagokhoz, a szilárdsági tulajdonságuk szálirányban rendszerint jobbak, mint keresztirányban. A szabadalakító kovácsolás lehet kézi, vagy gépi eljárás, utóbbi esetben mechanikus, gőz, vagy pneumatikus kovácsológépeket alkalmaznak.



21. ábra. Kovácsolási műveletek

1-nyújtás; 2-zömítés; 3-fejzömítés; 4-hegyezés; 5-darabolás; 6-duzzasztás;

A süllyesztékes vagy ódor kovácsolást nagy darabszám, darabméret és bonyolult munkadarab esetén alkalmazzák. Alakításkor a kovácsolási hőmérsékletre felhevített munkadarabot fokozatosan beleverik, zömítik a süllyesztékbe, amíg annak üregeit teljesen kitölti. A süllyeszték (matrica) lehet nyitott (sorjacsatornával vagy anélkül), vagy zárt sorjamentes).



22. ábra. Süllyesztékes kovácsolás elve

(Az extrudálás (folyatás) a fémek süllyesztékben való alakításának különleges esete, amikor a süllyeszték falában levő nyíláson át kinyomják az anyagot.

A húzás drótok és rudak előállítási eljárása, amikor az előhengerelt vagy elősajtolts nyersrudat vagy húzott folyamatosan kisebbedő keresztmetszetű húzószerszámon húzzák át.

ELŐGYÁRTÁSI TECHNOLÓGIÁK

Öntészet:



23. ábra. Öntés

Öntvény gyártás

Alapfogalmak:– az öntés során az olvadt fémet egy célszerűen kialakított üregbe, a formába öntik. A megdermedt öntvény alakját, méretét a forma határozza meg

- Forma: az alkatrész alakjának megfelelő üreg – az alkatrész negatívja
- Minta: az alkatrész méretét közelítő alak
- Mag: az öntvény üregeinek kialakítására szolgál.

Az öntészeti eljárások felosztása

Maradó minta

- Homokformába öntés
- Héjformázás
- Keramikus formázás

Elvesző minta

- Kiolvadó minta (precíziós öntés)
- Elpárolgó minta
- Öntés tartós formába

Önthetőség: – önthetőségen a megolvadt fém forma kitöltő képességét értjük. Tágabb értelemben a jó önthetőség feltételeként további kritériumokat is megfogalmazunk: alacsony öntési hőmérséklet, kis dermedési hőköz, kis zsugorodás. Öntés után is kedvező tulajdonságok. A dermedés során szabályozható szövetszerkezet. Zsugorodás öntés közben Oka: a fajtérfogat változás hűlés közben A fajtérfogat csökkenés miatt lunkerek, fogyási üregek keletkezhetnek.

Forgácsolhatóság

A forgácsolhatóságot jellemző tényezők:

- Szerszám kopás, éltartam
- A munkadarab felületi minősége
- A forgács alakja és terjedelme
- A forgácsoló erő
- A forgácsolási hőmérséklet
- Az anyagjellemzők és a forgácsolhatóság kapcsolata
- A nagy szilárdság, keménység a forgácsolhatóságot rontja
- Nagy fajlagos nyúlás, kontrakció a forgácsolhatóságot javítja, ha a szilárdság nem túl alacsony
- Az alakítási keményedésre való hajlam a forgácsolhatóságot rontja

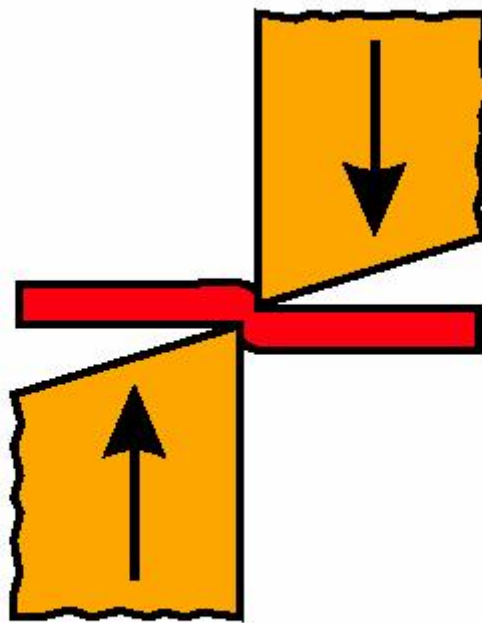
Kedvezően forgácsolható acélok:

- Automataacélok: kén, foszfor, ólom és tellur ötvözéssel javítják a forgácsolhatóságot
- JF (jól forgácsolható)acélok: a dezoxidáció során a forgácsolhatóságot javító zárványok keletkeznek (képlékeny szilikátok, mangánszulfid, stb.), amelyek kenő hatást fejtenek ki

ANYAGSZÉTVÁLASZTÓ ELJÁRÁSOK

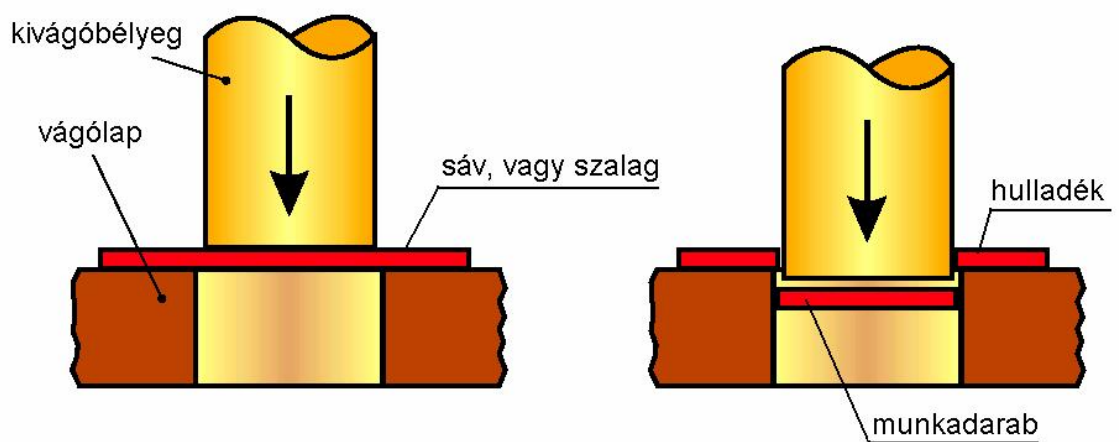
Lemezalakító eljárások

Darabolás nyitott kontúr mentén :



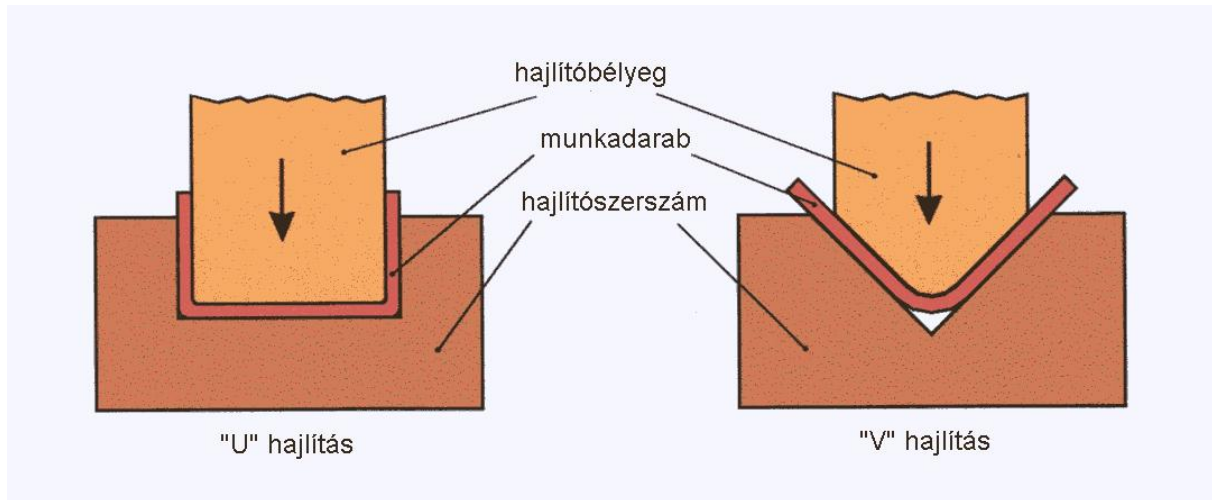
24. ábra. Darabolás

Kivágás zárt vonal mentén



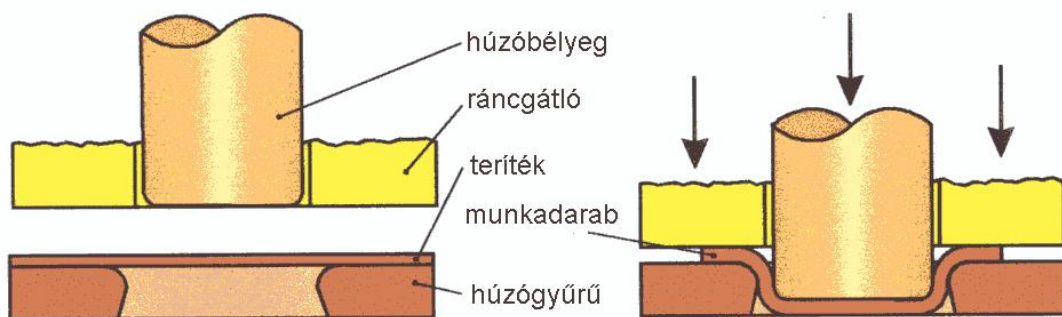
25. ábra. Kivágás

Hajlítás



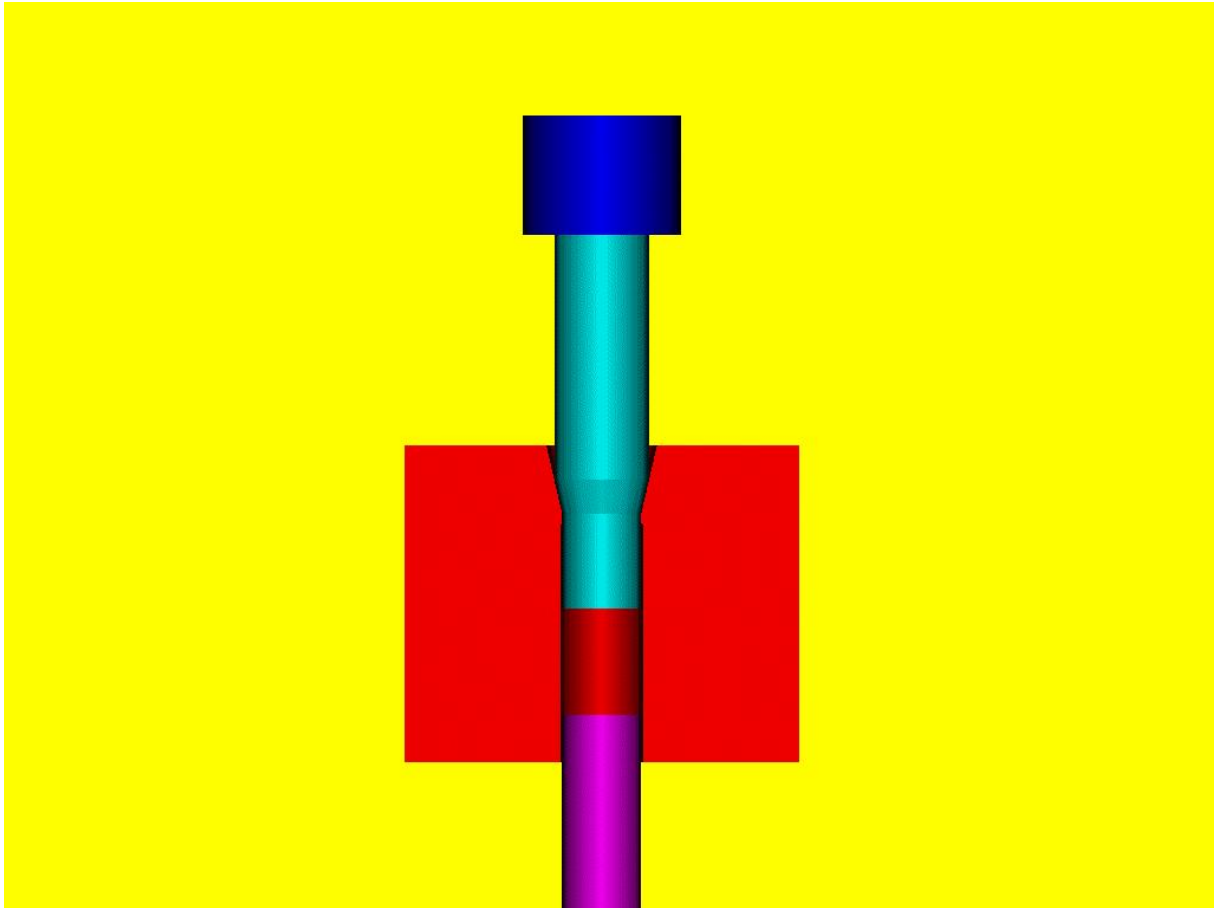
26. ábra. Hajlítás

Mélyhúzás



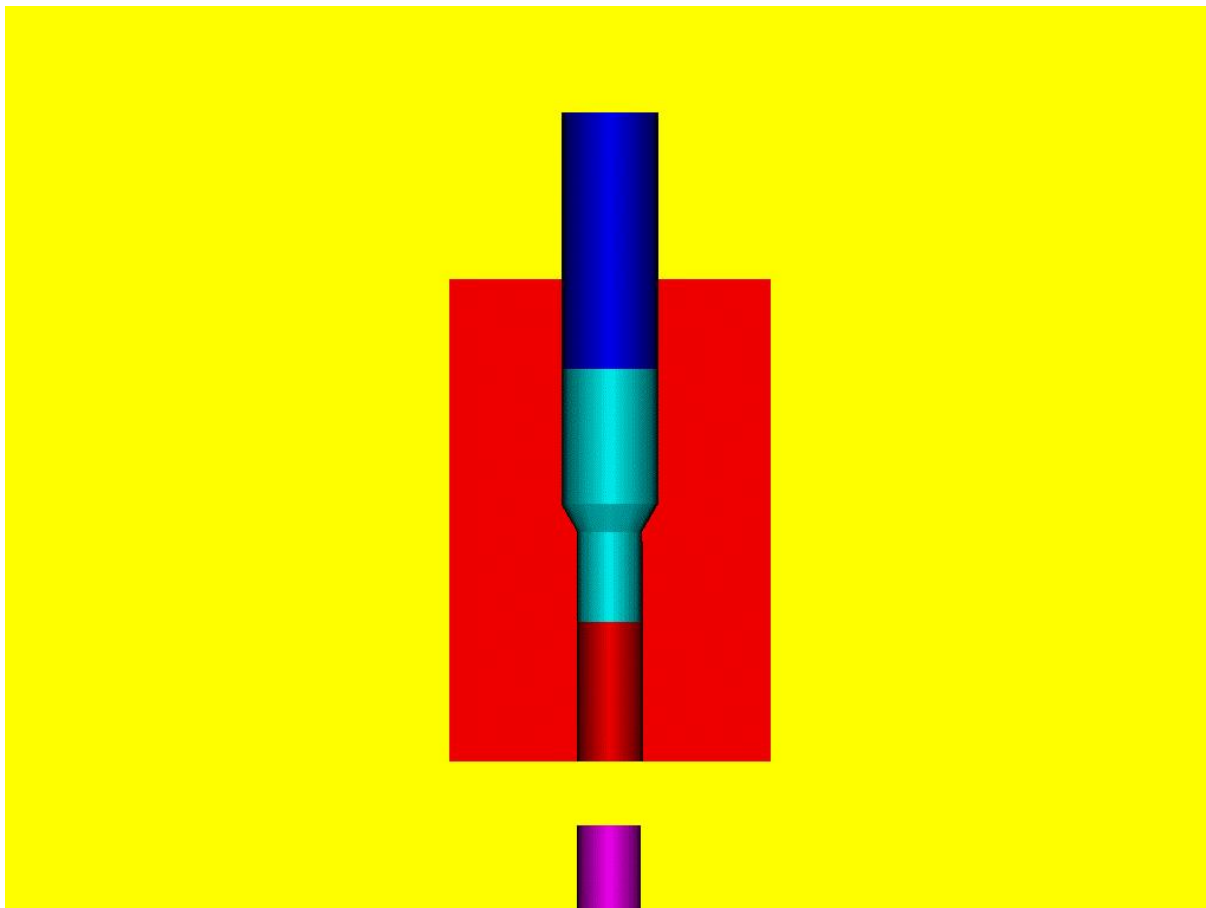
27. ábra. Mélyhúzás elve

Hidegfolytatás



28. ábra. Hidegfolytatás elve- redukálás

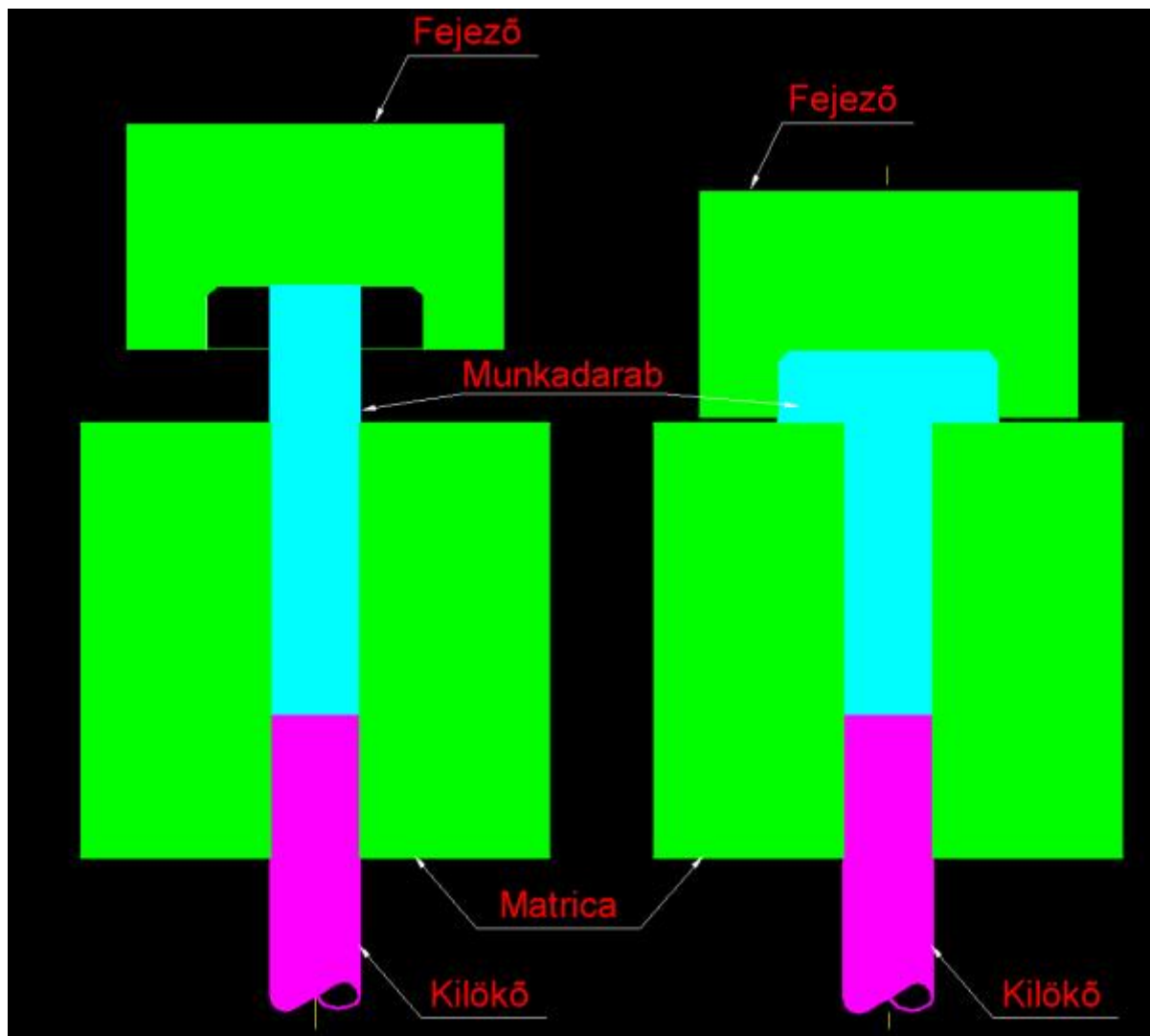
Redukálás



29. ábra. Hidegfolyatás elve – folytatás

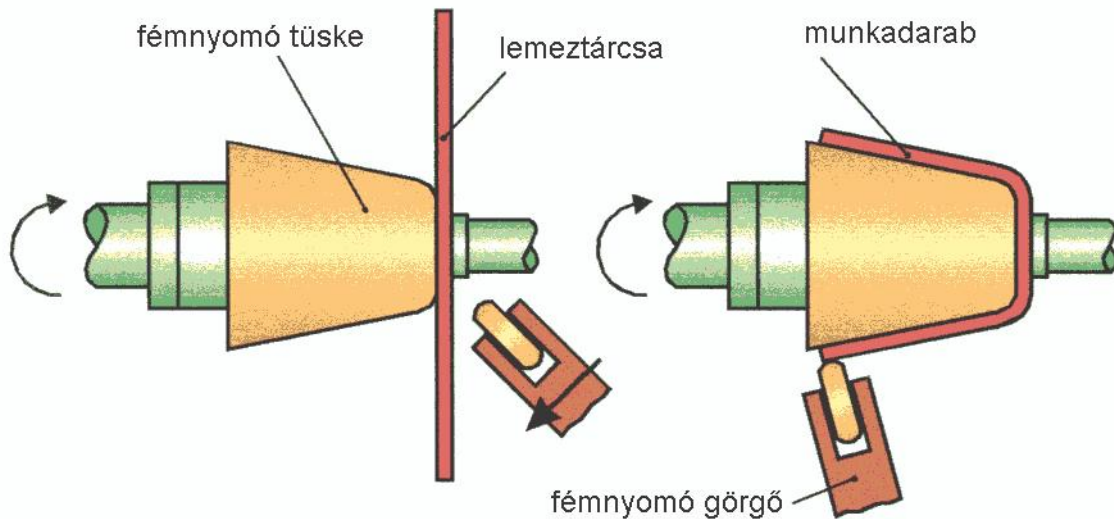
Folytatás

Zömítés



30. ábra. Hidegfolyatás-zömítés

Fémnyomás forgó szerszámmal



31. ábra. Fémnyomás elve

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

A tanuló figyelmesen olvassa végig e füzet tartalmát, majd az önellenőrzés feladatait a füzet megfelelő részére való visszalapozással. Ha úgy érzi, feldolgozta a tananyagot és meg tudja válaszolni a tananyaggal kapcsolatos kérdéseket, illetve meg tud oldani a tananyaggal kapcsolatban feladatokat, ellenőrizze tudását, oldja meg az Önellenőrző feladatokat. Elengedhetetlen azonban tanárának szóbeli magyarázata is.

Oldja meg az ÖNELLENŐRZÉSI FELADATOKAT!

Az önellenőrzési feladatlap kitöltése után a MEGOLDÁSOK lapon ellenőrizze, hogy jól válaszolt-e a kérdésekre!

Amelyik válasza hibás, azt a témakört újra tanulmányozza a SZAKMAI INFORMÁCIÓ lapon!

Ha a teljesítménye hibátlan, áttérhet a következő tananyagelem feldolgozására.

Először is érdemes megválaszolni az alábbi kérdéseket:

- Átlátható–érthető a téma?
- Be tudom-e határolni, hogy pontosan milyen ismeretekkel kell rendelkezнем?
- Mire használhatók a tanultak?

Az alábbiakban a fenti kérdésekre adandó válaszadásban segítünk:

Miről is tanultunk?

A tananyag vázlata megadja a szükséges ismeretek összegzését:

Végezetül még egy jó tanács! Az anyagot úgy tudjuk a legjobban elsajátítani, ha megértjük.

Az anyag logikájának, összefüggéseinek és alapvető ismereteinek elsajátításával már képesek vagyunk a munkahelyzet és a továbbiakban leírt mintafeladatok megoldására.

Oldja meg az alábbi feladatokat!

Nevezze meg a szakmai gyakorlata során használt kerámiákat!

Az iskolában, a tanműhelyben és az üzemben található kompozitból készült alkatrészek bemutatása.

Sorolja fel a környezetében előforduló hegesztési eljárásokat!

Ismertesse a hegesztendő munkadarab előkészítéséhez kapcsolódó forgácsoló eljárásokat!

Keressen gyakorlati példákat a tanműhelyben vagy az üzemben a lánghegesztéssel előállított alkatrészek alkalmazására! Sorolja fel a talált példákat.

Beszélje meg a feladatok megoldását szaktanárával, szakoktatójával!

Válasszon a szakmához kapcsolódó forgácsolószerszámokat! Ismertesse azok anyagát és az alkalmazott kötési módokat!

A tanműhelyben vagy az üzemben a forgácsoló szakmában milyen lágyforrasztással készített eszközt használunk és mire használjuk?

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

1.feladat Soroljon fel porkohászati technológiával előállított termékeket!

2. feladat Milyen keramikus anyagokat ismer, hol és milyen tulajdonságai alapján alkalmazzák!

3.feladat Ismertesse a kerámiák jellemzőit, gyakorlatban történő felhasználását!

4.feladat Ismertesse a gyakorlatban alkalmazott kompozitok fajtáit, felhasználási területeit!

5.feladat Jellemezze a kötési módokat! Részletesen ismertesse a hegesztett kötések gyakorlati jelentőségét!

6. feladat . Mutassa be az elektromos ívhegesztést , gyakorlatát és alkalmazási területét!

7. feladat Ismertesse a lágy- és keményforrasztási eljárásokat! Ismertesse a két eljárás gyakorlati alkalmazásának területeit!

MEGOLDÁSOK

1.feladat

Porkohászati eljárások során olyan ötvözetek és termékek készíthetők el, melyek hagyományos módszerekkel nem állíthatók elő. Legismertebb termékek a keményfémek, amelyek lágy, fémes kötőanyagba beágyazott, nagy olvadáspontú kemény fémvegyületek. A fő alkalmazási területük: forgácsoló szerszámok készítése, képlékenyalakító szerszámok és kopásnak kitett alkatrészek.

2. feladat

- Kémiai összetétel alapján: szilikát kerámia, oxidkerámiák, oxid mentes kerámiák - Szövetalkotó részek nagysága szerint: durva és finom kerámia - Sűrűség és szín szerint: fazekas áru, fajansz, kőedény, porcelán - Alkalmazási terület szerint: díszítő kerámia, edény kerámia, építészeti kerámia, tűzálló anyagok, kemo-, gépi-, reaktor-, elektro-, mágnes-, Optikai-, Bio kerámiák. Hagományos szigetelőanyagok. - Porcelán olyan kerámiatermék, mely rossz hő- és elektromos vezető, saválló, nagyon kemény, karcálló de ütésre érzékeny, szakító és hajlítószilárdsága csekély.

3. feladat

A **kerámia** a görög kiégetett szóból ered. A kerámiákat az különbözteti meg a fémektől, hogy hiányzik a villamos vezetést és a képlékeny alakíthatóságot lehetővé tevő elektronfelhő. Nagy a villamos ellenállásuk, e tulajdonságuk azonban - a fémekkel ellentétben - a hőmérséklet emelkedésével csökken. A kerámiák nagyon ridegek, de jól ellenállnak a korróziónak, jól bírják a kopást és a magas hőmérsékletet. Kristályos anyagszerkezetük van, ami az atomok szabályos térbeli elrendeződését jelenti. A kerámiákat két nagy csoportba sorolhatjuk: egyatomos kerámiák; vegyület kerámiák. Az egyatomos kerámiák: szinállapotban alkalmazható anyagok, mint például a grafit és a gyémánt, vagy az egykristály alakban előállított szilícium és germánium. A kerámiák óriási többsége valamely vegyületből áll, amit nagyobb méretű fématomok és egy, vagy több kis rendszámú nemfémes elem (O, C, N, B, H) kombinációja alkot. Ezek oxidok, karbidok, nitridek, karbo-nitridek, boridok, hidrátok, szilicidek, szulfidok stb. lehetnek. A kerámiák főbb mechanikai és fizikai tulajdonságai: kis sűrűség; nagy rugalmassági határ; ridegség; nagy olvadáspont; nagy nyomószilárdság; törékenységi; nagy keménység; nagy kémiai stabilitás; mikrorepedések; nagy kopásállóság; nagy melegsilárdság; nagy korrózióállóság; nagy villamos ellenállás; nehéz gyárthatóság; jó polarizálhatóság; nagy dielektromos állandó; magas ár. Kerámiák gyakorlatban történő alkalmazása: forgácsoló szerszámok: BN, Al_2O_3 , $Al_2O_3.ZrO_2$, $Al_2O_3.TiC$, $Al_2O_3.SiC$, csapágyanyagok: Al_2O_3 , SiC, AlN, BN; biokerámiák, hőcserélők, elektrokerámiák, diesel-motor, turbinák, űrtechnika, kerámia páncélzat, villamos szigetelők, félvezetők: Ge, Si, kondenzátorok, hőszigetelők: ZrO_2 ; mágnesek: FeO, Fe_2O_3 , $ZnMnFeO$, CrFeO szupravezetők: $BaTiO_3$, $YBa_2Cu_3O_7$, $LaBaCuO$; nukleáris anyagok: UO_2 , PuO_2 ; érzékelők: ZrO_2 , ZnO, TiO_2 ; optikai anyagok: Al_2O_3 -Cr laser, BaNaNbO

4.feladat

A kompozit egy olyan anyag, amely két vagy több összetevőből áll, ezen összetevők eltérő kémiai, és fizikai tulajdonságokkal rendelkeznek, és az anyagok társításának eredményeképpen a keletkezett anyag ellenálló, merevebb és szilárd lesz. A kompozit anyagok története mélyen visszanyúlik az emberiség történelmébe. Ötezer éves észak-európai sírokból már előkerültek szalmával erősített, égetett agyagedények. Számos példa bizonyítja a kompozit anyagok korai felhasználását és ellenálló képességét! Az összefont ágakkal megerősített földtöltés jobban bírta az árvíz támadását, és az ennek az elvnek megfelelően épített földvárak is ellenállóbbnak bizonyultak. Mindnyájan ismerjük a vályogot, mely agyag és szalmatörök keveréke, belőle teherbíró és tartós falazat készíthető. Az acélszállal erősített beton, a vasbeton pedig századunk alighanem legfontosabb építészeti anyaga, s napjainkban a szálerősítésű műanyagokat – kompozit(um)okat – is nehezen nélkülöznénk. Felhasználásuk: Műanyagok, üveg- és más szálak, valamint egyéb adalékanyagok bonyolult rendszere alkalmas olyan kompozitok kialakítására, amelyekből a jármű és építőipar, az elektromos és elektronikai ipar, továbbá egyéb területek, pl. a gyógyászat és a szélenergia hasznosítása, a sport és szabadidő számára alkatrészek, illetve végtermékek gyárthatók. Napjainkban erőteljesen nő kompozitokból gyártott, fémek helyettesítésére is alkalmas, nagy fizikai terhelésnek kitett alkatrésze alkalmazása főképp a repülőgép- és az autóiparban. A kompozitok hasznosításának folyamatában a műanyagok gyártói mellett a legfőbb szereplők a szálak, az adalékanyagok, továbbá a feldolgozógépek előállítói.

5.feladat

A hegesztés, mint oldhatatlan kötés, több száz éve ismeretes, igazi fejlődése azonban csak a múlt század végén kezdődött. Hegesztéskor a fémek alkatrészek összekötésére belső erőket, a fémek atomjait és molekuláit összetartó erőket használnak fel. Ezt a kötésmódot kohéziós kötésnek is nevezik. A hegesztés során a munkadarabokat hővel, nyomással vagy mindkettővel egyesítjük oly módon, hogy a munkadarabok között nem oldható, az anyagok természetének megfelelő fém (kohéziós) kapcsolat jön létre. Hegesztéssel két vagy több munkadarab egyesíthető (kötőhegesztés) vagy adott tulajdonságú felületet lehet kialakítani (felrakóhegesztés). Külső hőhatással létrehozható hegesztési műveletek: átmeneti ellenállásban keletkező hő segítségével (pl:ellenállás hegesztés), ív plazmájában felhalmozódott energia segítségével elektronok kinetikai energiájából, az esetleges vegyi reakcióhő segítségével. A ponthegesztés: megtisztított felületű alkatrészeket elektródák közé helyezik, a mozgó elektródát rászorítva, a hegesztőáramot ráadva, az áramkör legnagyobb ellenállású helye – a munkadarabok elektródák közötti felülete - megolvad és az áram kikapcsolása után megszilárdul a hegesztési pontot hoz létre. Jól használható egymásra lapolt lemezek, egymáson keresztezett huzaldarabok pontszerű vagy pontonkénti összekötésére. A vonalhegesztés: a folytonos hegesztési vonalat úgy hozzák létre, hogy az elektródák helyett két forgó görgőt alkalmaznak.

6. feladat

Az elektromos ívhegesztés során a hőforrást az keletkezett villamos ív képezi. Ívhegesztésnél a fémelektroda és a hegesztendő munkadarab között ívet húzunk. Ez magas hőfejlődéssel jár és megolvasztja a hegesztési varrat széleit és az elektródát is. A munkadarab és az elektróda olvadáka hegesztési varrattá egyesül. A hegesztőpálca feladata, hogy a hegesztendő munkadarabok közötti üreget kitöltse, a kiégő ötvözőelemeket pótolja. A lehűléssel az anyag megdermed, megszilárdul és a munkadarabok közötti kötés létrejön. Az ömledéket és közvetlen környezetét meg kell óvni a levegő oxigénjének és nitrogénjének felvételétől. Ezt a pálca bevonata, mint salakképző segítheti elő vagy a hegesztést valamilyen fedőpor vagy védőgáz alatt végzik. Az ívhegesztés egyen- vagy váltakozó árammal végezhető. Egyenárammal végzett hegesztéskor a polarításra figyelni kell. Az elektromos ívhegesztés ma már a gépgyártás technológia elengedhetetlen eljárása. A hegesztőtranszformátorok széleskörű elterjedése következtében a barkácsolásban is fontos szerepet tölt be.

7. feladat

Forrasztással a hegesztéshez hasonlóan oldhatatlan kötést lehet készíteni. A forrasztott kötést az alapanyagok megolvadása nélkül lehet létrehozni. A forrasztás mindig egy, az alapanyagtól különböző, kisebb olvadáspontú anyaggal történik. Igen jól forrasztható valamilyen fémrel egy alapanyag akkor, ha a forrasztóanyag és az alapfém a forrasztás hőmérsékletén oldják egymást. Például a réz az ezüstöt oldja, így a réz ezüsttel jól forrasztható. Ezzel szemben sem az ezüst a vasat, sem a vas az ezüstöt nem oldja, a vas az ezüsttel mégis jól forrasztható. A forrasztás nagy előnye a hegesztéssel szemben, hogy az alapanyag megolvasztása nélkül végezhető el, így készremunkált alkatrészeket lényeges alakváltozás nélkül köthetünk össze. Forrasztáskor két oxidmentes fémrel egy náluk alacsonyabb olvadáspontú, megömlesztett fémötvözet vagy fém segítségével, a két fém olvadáspontja alatti hőmérsékleten kötnek össze. A forrasztóanyag az összekötendő felületeket szilárdan összeköti. Az alkalmazott hőmérséklet szerint megkülönböztetünk keményforrasztást (450 fokonál magasabb) és lágyforrasztást, mely 450 fokonál alacsonyabb hőmérsékleten történik. A forrasztandó anyagok felülete a szükséges hőmérsékleten nagyon hamar oxidálódik. A kialakult oxidhártya gátolja a fémek érintkezés létrejöttét, ezért vagy mechanikai úton vagy folyósító anyagok segítségével megtisztítják a felületet. Alkalmazott eljárások:

Pákaforrasztás Mártó forrasztás : a beültetett elemekkel a nyomtatott lapot az olvadt forrasztó felületére helyezik és mindaddig ott tartják amíg a forrasztás létre nem jön. Hullámforrasztás: egy szivattyúval mozgatva a fürdő felületén egy hullámot hoznak létre, mely felett húzzák el a nyomtatott lapokat. Itt a lapok csak vonalszerűen érintkeznek a meleg forrasztóanyaggal. A forrasztás céljaira sokféle fém használható, alapvető követelmény azonban, hogy a forrasztóanyag az alapanyagnál kisebb olvadáspontú legyen. Mivel a vas a technikailag legjobban elterjedt fém, a forrasztóanyagokat a vas szempontjából szokás csoportosítani. A kis olvadáspontú fémeket és ezek ötvözeit lágyforrasztóknak, a nagy olvadáspontúkat és ezek ötvözeit keményforrasztóknak nevezzük. A lágyforrasztók közé tartozik az ón (olvadáspontja 231,9 °C) a bizmut (271,3 °C), a kadmium (320,9 °C), az ólom (327,4 °C) és a cink (419,4 °C), valamint ezek ötvözei. A keményforrasztók az ezüst (960 °C), az arany (1063 °C) és a réz (1083 °C), valamint ötvözeik. Az alumínium és a magnézium nagyon gyorsan oxidálódik, ezért forrasztóanyagként való alkalmazásuk csak kivételes esetben indokolt.

IRODALOMJEGYZÉK

FELHASZNÁLT IRODALOM

Dr. Márton Tibor : Forgács nélküli alakítások Műszaki Könyvkiadó, 1999

Dr. Bagyinszki Gyula – Dr. Kovács Mihály: Gépipari alapanyagok és félkész gyártmányok ANYAGISMERET, Tankönyvmester Kiadó, Budapest, 2001

Dr. Márton Tibor – Plósz Antal – Vincze István Anyag-és gyártásismeret a fémipari szakképesítések számára, Képzőművészeti Kiadó, 2007

Frischherz–Dax–Gundelfinger–Haffner–Itchner–Kotsch–Staniczek: Fémtechnológiai 1.

Alapismeretek B+V lap-és Könyvkiadó Kft, Budapest, 1993

Frischherz–Dax–Gundelfinger–Haffner–Itchner–Kotsch–Staniczek: Fémtechnológiai2.

Szakismeretek B+V lap-és Könyvkiadó Kft, Budapest,1993

Miroslav Hluchýs kollektívája: Anyagismeret Műszaki Könyvkiadó, Budapest,1984A cívelem tartalma és formátuma nem módosítható.

Több fejezetből álló munkafüzet esetén is csak egyszer, a munkafüzet legvégén kerüljön feltüntetésre az irodalomjegyzék, az alábbiakban látható bontásban.

AJÁNLOTT IRODALOM

Fenyvessy Tibor– Fuchs Rudolf– Plósz Antal Műszaki táblázatok, Budapest, 2007

Frischherz – Dax– Gundelfinger– Haffner– Itchner– Kotsch– Staniczek: Fémtechnológiai táblázatok, B+V lap-és Könyvkiadó Kft

A(z) 0225-06 modul 004-es szakmai tankönyvi tartalomeleme
felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

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

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:
22 óra

MUNKANYAG

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

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

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

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

Felelős kiadó:
Nagy László főigazgató