

## 10. TEHNOLOŠKI POSTUPCI

### Proizvodnja (engl. Manufacturing)

Riječ "manufacturing" ima latinski korijen:  
**Manu – ruka (rukom)**  
**Facere – izrađivati (proizvoditi)**

"Proizvodnja je proces pretvorbe ideje i potrebe tržišta ili kupca u artefakt.

(Uključuje niz djelatnosti, od istraživanja tržišta, financiranja, projektiranja, proizvodnje u užem smislu, održavanja, testiranja, ljudske potencijale, marketing, itd., tj. sve djelatnosti u životnom vijeku proizvoda.)

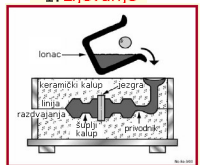
Proizvodnja u užem smislu

Proizvodnja je pretvaranje sirovog materijala (priprema) u koristan proizvod.



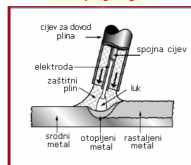
### Proces

#### 1. Lijevanje



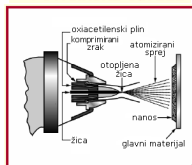
Pješčani odljev

#### 2. Spajanje



Spajanje zavarivanjem

#### 3. Površinska obrada

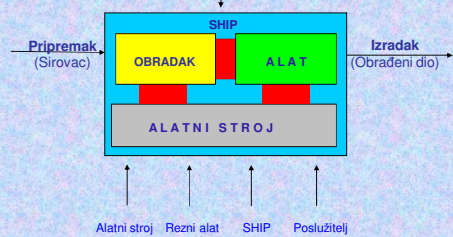


Toplinsko presvlačenje



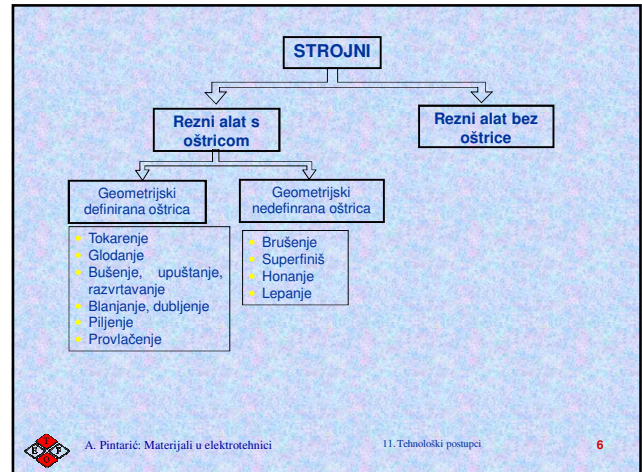
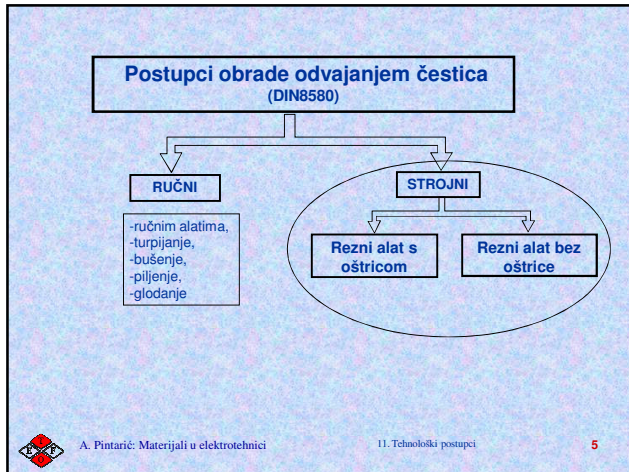
## OBRADA ODVAJANJEM ČESTICA

Nacrti, CAD model, tolerancije, kvaliteta površine, program

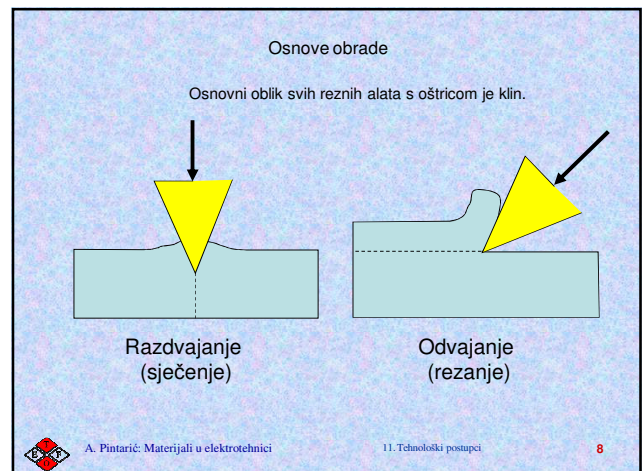


SHIP – sredstva (tekućine) za hlađenje, ispiranje i podmazivanje

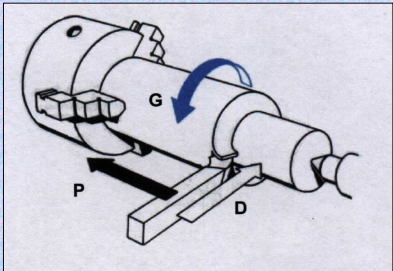




- Alat bez oštrice – Nekonvencionalni postupci ooč**
- Kemijski postupci
    - Kemijska obrada
    - Termokemijska obrada
  - Elektrokemijski postupci
    - Elektrokemijska obrada
    - Elektrokemijsko brušenje
  - Mehanički postupci
    - Ultrazvučna obrada
    - Obrada vodenim mlazom
  - Toplinski postupci
    - Elektroerozijska obrada – EDM
    - Obrada elektronskim mlazom
    - Obrada laserom
- A. Pintarić: Materijali u elektrotehnici 11. Tehnološki postupci 7



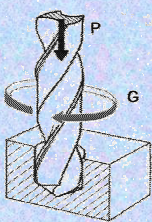
### Gibanja kod tokarenja



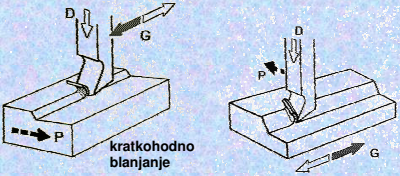
G- glavno kretanje  
P- posmak  
D- dodatno gibanje

A. Pintarić: Materijali u elektrotehnici      11. Tehnološki postupci      9

#### Gibanja kod bušenja

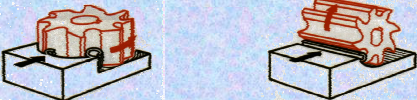


#### Gibanja kod blanjanja

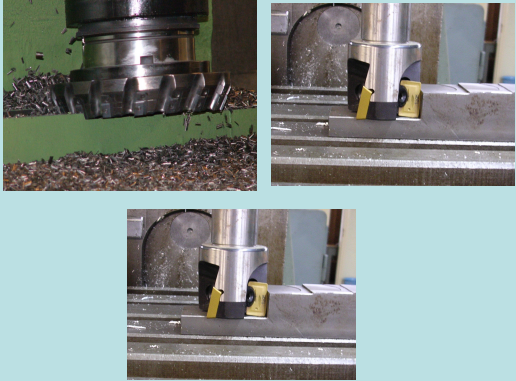


kratkohodno blanjanje      dugohodno blanjanje

#### Gibanja kod glodanja

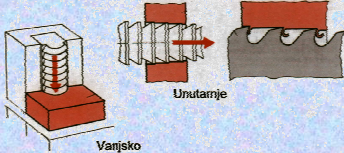


A. Pintarić: Materijali u elektrotehnici      11. Tehnološki postupci      10



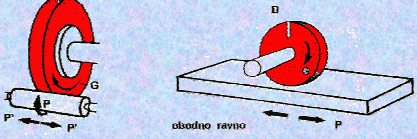
A. Pintarić: Materijali u elektrotehnici      11. Tehnološki postupci      11

### Gibanja kod provlačenja



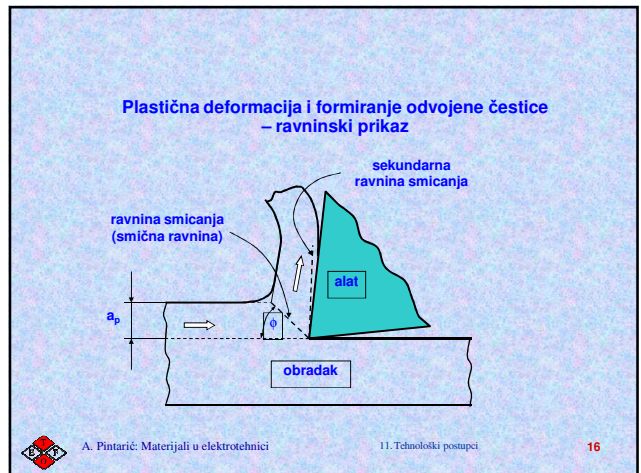
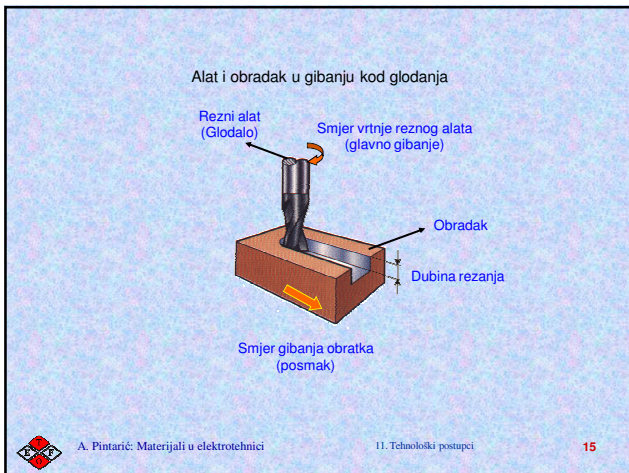
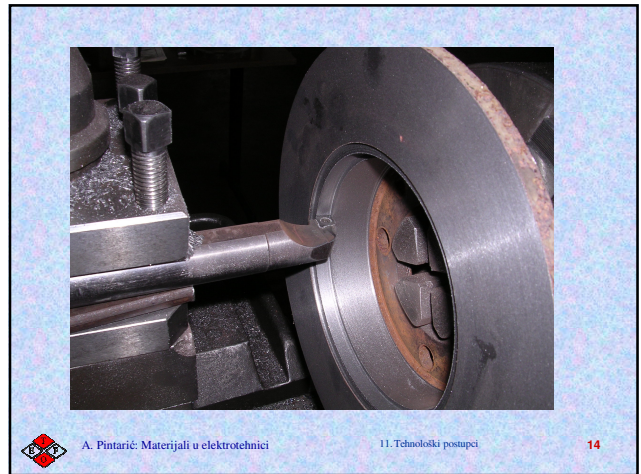
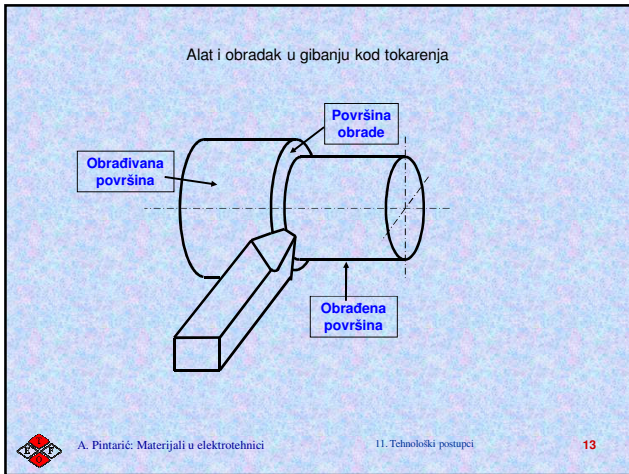
Unutarje      Vanjsko

### Gibanja kod brušenja



okodno ravno

A. Pintarić: Materijali u elektrotehnici      11. Tehnološki postupci      12

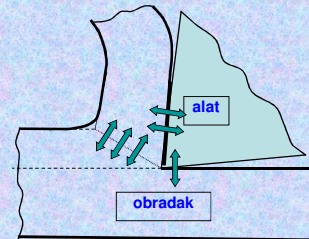


### Metode lomljenja odvojene čestice



### Toplinske pojave kod procesa obrade odvajanjem

Uz pretpostavku da nema gubitaka  $Q = F \cdot v \cdot t$



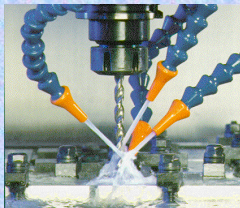
Glavni izvori topline:

- $Q_d$ , deformacija i
- $Q_{tr}$ , trenje na prednjoj i trenje na stražnjoj površini alata



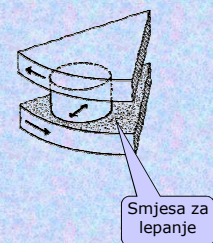
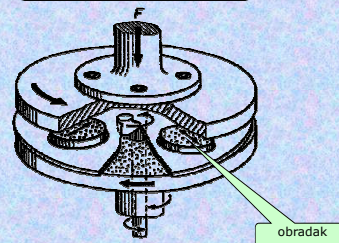
### Vrste SHIP-a sredstva (tekućine) za hlađenje, ispiranje i podmazivanje

- Tekućine koje imaju primarno svojstvo hlađenja, a sekundarno (samo djelomično) svojstvo podmazivanja. U ovu skupinu pripadaju vodeni rastvori (vodene emulzije).
- Tekućine koje imaju primarno svojstvo podmazivanja, a sekundarno (samo djelomično) svojstvo hlađenja. U ovu skupinu pripadaju mineralna, biljna i životinjska ulja, petrolej i sl.



LEPANJE je završni superfini postupak obrade odvajanjem čestica koji se izvodi smjesom za lepanje.

### Prisilno lepanje



### HONANJE

postupak završne obrade za unutarnje cilindrične površine.

Alat glava za honanje

obradak

### SUPERFINIŠ

- postupak završne obrade za vanjske rotacione cilindrične površine
- superfiniš daje najvišu kvalitetu obrađenoj površini i povećava nošenje površine, jer tim se postupkom skidaju samo vrhovi neravnina na prethodno obrađenoj površini.

Izglede površine obratka nakon brušenja i nakon superfiniša prikazani su u obliku oscilograma.

11. Tehnološki postupci 21

A. Pintarić: Materijali u elektrotehnici

### Nekonvencionalni postupci obrade

#### ECM - ELEKTROKEMIJSKA OBRADA

Faraday-ev zakon – Ako su dva materijala priključena na istosmjernu struju i uronjena u elektrolit, dolazi do kemijskog rastvaranja metala + anode (obradak) i taloženja na - katodu (alat-elektroda). Bitna je jakost struje, vrijeme, udaljenost elektroda, elektrolit... ( napon struje 5–30 V, jakost struje do 40000 A, gustoća struje 10–500 A/cm<sup>2</sup>, razmak elektroda 50-400µm, DC generator s kontinuiranim i impulsnim tokom struje (trajanje impulsa 10–400 ms ) => bolji rezultati)

izvor istosmjerne struje

+ anoda obradak

- katoda alat elektroda

elektrolit

11. Tehnološki postupci 22

A. Pintarić: Materijali u elektrotehnici

### EDM – ELEKTROEROZIJSKA OBRADA

DC - generator

obradak (+ anoda)

11. Tehnološki postupci 23

A. Pintarić: Materijali u elektrotehnici

- Osnova je električna erozija, električno pražnjenje, električno iskreње između elektroda - katode (alat-elektroda) i + anode (obradak), priključenih na istosmjernu struju i uronjenih u dielektričnu tekućinu.
- Na mjestu gdje je razmak između elektroda najmanji dolazi do preskakanja iskre, što uzrokuje zagrijavanje, taljenje, isparavanje materijala, odnosno stvaranje malih kratera na obratku. Temperature su 6000 – 12000 °C.
- Bitna je jakost struje, vrijeme, udaljenost elektroda, dielektrik, razmak elektroda 5 - 400µm, danas DC generator s impulsnim tokom struje (dugi impulsi => gruba obrada, kratki impulsi 1 ms => fina obrada )

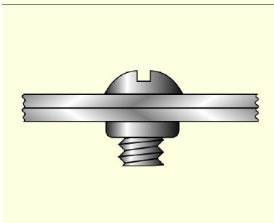
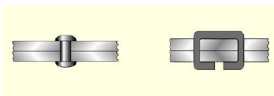
### TEHNOLOGIJE SPAJANJEM

| Vrste spajanja materijala  | Prednosti   | Nedostatci  |
|--|---|---|
| Mehaničko spajanje<br>zakovicama, šavom i klinom   | • jeftino<br>• jednostavno za nadomjestiti<br>• ne mjenja strukturu spojenih dijelova | • korozija zbog šupljina (različiti materijali)   |
| Čvrsto stanje<br>hladno zavarivanje<br>difuziono zavarivanje<br>frikcijsko zavarivanje         | • jaka veza između različitih metala<br>• relativno jednostavno                       | • promjena u strukturi blizu spoja<br>• primjenjivo samo kod jednostavnih oblika<br>• samo za lakokovne materijale<br>• neprimjenjivo za sve kombinacije materijala |
| Tekuće stanje<br>elektrotopno zavarivanje<br>elektrolučno zavarivanje<br>toplinsko zavarivanje | • jeftino<br>• jednostavno<br>• jak spoj (ako je korektno izvedeno)                   | • korozija<br>• promjena strukture pri vezi (područje tretirano toplinom)   |
| Čvrsto/Tekuće<br>lemljenje, ljepljenje   | • jednostavno<br>• jeftino<br>• može formirati vezu s malom promjenom u strukturi     | • mogu imati nisku mehaničku čvrstoću   |

11. Tehnološki postupci 24

A. Pintarić: Materijali u elektrotehnici

## Mehaničko spajanje zakovicama i klemama



- **Komentari:** 3 zanimljiva svojstva:
  - ne zahtijeva dovođenje temperature
  - može spajati različite vrste materijala
  - može spajati materijale različitih debljina
 Važan problem je korozija.
- **Upotreba:** sve od auto-moto industrije, izrada zrakoplova i letjelica, komponente do papira i kože.
- **Ekonomičnost:** brzo, jeftino i ekonomično.



A. Pintarić: Materijali u elektrotehnici

11. Tehnološki postupci

25

## ZAVARIVANJE

PODJELA:

1. ZAVARIVANJE PRITISKOM
2. ZAVARIVANJE TALJENJEM

### Zavarivanje pritiskom

zavarivanje materijala u čvrstu ili omekšanu stanju na mjestu spoja, pomoću pritiska ili udara

- 1.1. PLINSKO ZAVARIVANJE
- 1.2. KOVAČKO ZAVARIVANJE
- 1.3. ALUMINOTERMIJSKO ZAVARIVANJE
- 1.4. ELEKTROTPORNO ZAVARIVANJE
- 1.5. ZAVARIVANJE TRENJEM
- 1.6. INDUKCIJSKO ZAVARIVANJE
- 1.7. ZAVARIVANJE EKSPLOZIVOM
- 1.8. ULTRAZVUČNO ZAVARIVANJE



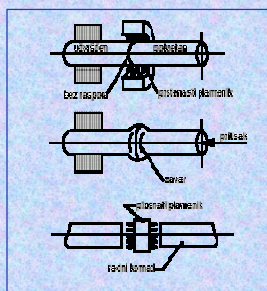
A. Pintarić: Materijali u elektrotehnici

11. Tehnološki postupci

26

### Plinsko zavarivanje

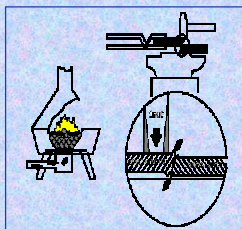
- Koristi se za čeono spajanje punih profila
- Zagrijavanje plamenicima i spajanje pritiskanjem



A. Pintarić: Materijali u elektrotehnici

### Kovačko zavarivanje

- Najstariji postupak
- Uglični čelici i kovko željezo
- Zagrijavanje u vatri do temperature približno 1400°C
- Zatim se vadi iz vatre, postavlja na nakovanj radi postizanja odgovarajućeg preklapa
- Najprije slabim, pa onda snažnim udarcima spajamo u cjelinu

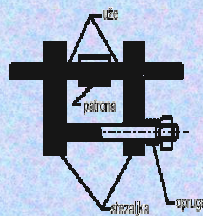


11. Tehnološki postupci

27

### Aluminotermijsko zavarivanje

- Zagrijavanje izgaranjem TERMITA (opći naziv za egzotermnu reakciju između smjese metalnih oksida i aluminija)
- U svim egzotermnim reakcijama Al se koristi kao reducirajuće sredstvo.
- Temperatura je oko 3000°C + pritisak
- Npr. za zavarivanje šinja ( kalup+prah+izgaranje)



A. Pintarić: Materijali u elektrotehnici

### Elektrotoporno zavarivanje

- Električna struja prolaskom kroz metal nailazi na otpor, te zbog toga dolazi do zagrijavanja metala
- Dijelovi radnih komada zagrijavaju se kratkotrajnim prolaskom električne struje velike jakosti
- Zavarivanje se vrši pritiskom

#### VRSTE:

TOČKASTO  
BRADAVIČASTO  
ŠAVNO  
SUČEONO  
SABIJANJEM  
SUČEONO  
ISKRENJEM

11. Tehnološki postupci

28

### Točkasto

- Zavareni se spoj pojavljuje u pojedinim točkama preklapljenih površina radnih komada i to između elektroda stroja.
- Koristi se za izradu razne limene ambalaže, limenih radiatora.

Pressure applied, Current on, Current off, pressure on, Pressure released, Welding progress, Lap joint.

### Šavno

- Za nepropusne šavove
- Elektrode su koluti koji se okreću i vuku osnovni materijal
- Budući da elektrode pritišću radne komade, oblikovat će se zavareni spoj

Vis, (d)

A. Pintarić: Materijali u elektrotehnici
11. Tehnološki postupci **29**

### SUČEONO ELEKTROTOPORNO ZAVARIVANJE (ISKRENJEM)

- čelne površine neznatno razmaknute pa dolazi do ISKRENJA
- Stvaraju se mali lukovi koji se kreću po čitavoj površini i zagrijavaju je
- Nije potrebna priprema površine
- Za spajanje cijevi u kotlogradnji

Distance, (c), (d), (e)

### ZAVARIVANJE EKSPLOZIJOM

- Samo za ravne površine
- Temelji se na djelovanju kratkotrajnog i vrlo snažnog pritiska na dijelove koji se zavaruju
- Pritisak se ostvaruje eksplozijom
- Radni komadi se postavljaju jedan iznad drugoga pod kutom od 2°-7°
- Na gornji radni komad se postavi eksploziv, a na mjesto početka spajanja detonator

Distance, Explosive, Detonator, Angle between workpieces, Sheet plate

A. Pintarić: Materijali u elektrotehnici
11. Tehnološki postupci **30**

### Zavarivanjem trenjem

- Dijelovi radnih komada se na mjestu zavarivanja zagrijavaju toplinom koja se postiže trenjem jedne rotirajuće površine o drugu
- Samo zagrijavanje se izvodi pritiskom

ROTIRANJE, PRITISAK, Lijepa spojnica

A. Pintarić: Materijali u elektrotehnici
11. Tehnološki postupci **31**

### 2. ZAVARIVANJE TALJENJEM

zavarivanje materijala u rastaljenom stanju na mjestu spoja, uz dodavanje dodatnog materijala ili bez njega, ali bez primjene pritiska ili udara

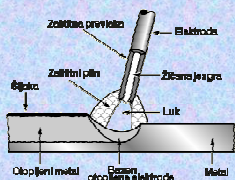
#### PODJELA:

- 2.1. ELEKTROLUČNO ZAVARIVANJE
- 2.2. ZAVARIVANJE PLAZMOM
- 2.3. ZAVARIVANJE ELEKTRONSKIM MLAZOM
- 2.4. LASERSKO ZAVARIVANJE
- 2.5. PLINSKO ZAVARIVANJE

A. Pintarić: Materijali u elektrotehnici
11. Tehnološki postupci **32**



## Ručno elektrolučno zavarivanje (REL)



- Električni luk se uspostavlja kratkim spojem – kresanjem između elektrode i radnog komada
- kod proizvodnih zavarivanja, navarivanja i reparaturnog zavarivanja većine metalnih materijala.
- primjenjuje se za izvođenje kraćih zavara, obično debljine ne iznad 15 mm kod sučeonih zavarenih spojeva, te kraćih kutnih spojeva manje debljine zavara



## Elektrolučno pod zaštitnim praškom (EP)

- za zavarivanje i navarivanje gdje se traži velika količina deponiranog materijala (zavara) ili kod velikoserijske proizvodnje (npr. kružni zavareni spojevi na propan/butan bocama za domaćinstvo)
- izvodi se u horizontalnom položaju
- Značajna je primjena ovog postupka kod zavarivanja debelostjenih posuda pod tlakom, te debelostjenih limova (npr. postolja lokomotiva, sekcije mostova)

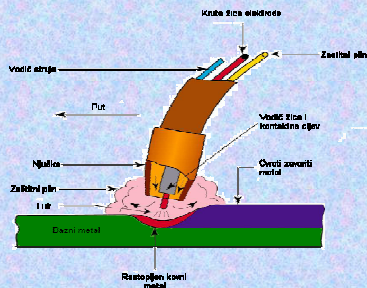
## Elektrolučno zavarivanje taljivom žicom u zaštiti aktivnog plina (MAG)

- kod proizvodnih zavarivanja, navarivanja i reparaturnog zavarivanja većine metalnih materijala.
- Primjenjuje se za zavarivanje limova i cijevi debljine od 1 mm obično do debljine 20 mm
- Izvorno poluautomatski postupak, ali se vrlo često koristi kao automatski i robotizirani postupak zavarivanja.
- Značajan je udio robota za MAG zavarivanje u automobilskoj industriji.



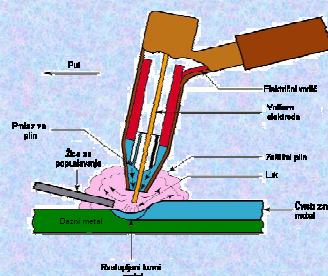
## Elektrolučno zavarivanje taljivom žicom u zaštiti inertnog plina (MIG)

- kod proizvodnih zavarivanja, navarivanja i reparaturnog zavarivanja aluminijskih legura i drugih nerđajućih materijala i legura.
- za zavarivanje limova i cijevi debljine od 1 mm obično do debljine 20 mm
- poluautomatski postupak, ali se vrlo često koristi kao automatski i robotizirani postupak zavarivanja.



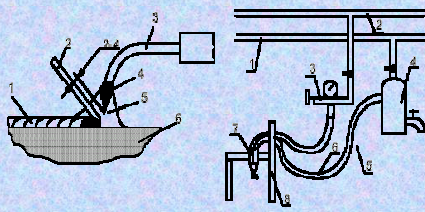
## Elektrolučno zavarivanje netaljivom elektrodom u zaštiti inertnog plina (TIG)

- kod proizvodnih zavarivanja, navarivanja i reparaturnog zavarivanja aluminijskih legura i drugih nerđajućih materijala i legura.
- Za zavarivanje limova i cijevi debljine do debljine 6 mm.
- izvorno ručni postupak
- Stupanj iskorištenja energije za taljenje 0,20–0,65.
- mogućnost zavarivanja u svim položajima zavarivanja,



### Plinsko zavarivanje

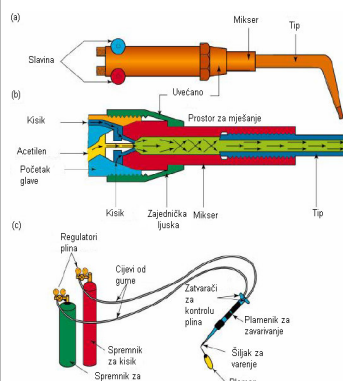
- Manja koncentracija topline → duže traje spajanje → veće strukture promjene
- Teže se automatizira, niska cijena opreme, laki prijenos opreme
- U prvom redu se koristi za tanje dijelove
- Koristi se plamenik u kojem sagorijevaju plinovi
- Sapnica → usmjeravanje plamena
- Ventil → regulacija plamena
- Toplina se dovodi plamenom
- Kao dodatni materijal koriste se žice (ne koristiti ih kao elektrode)
- **OPREZ!** Acetilen sa zrakom stvara eksplozivnu smjesu



A. Pintarić: Materijali u elektrotehnici 11. Tehnološki postupci **37**

### Plamen korišten u oksidno-acetilenskom zavarivanju

(a) glavni pogled  
 (b) poprečni presjek sredstava korištenih u oksidno-acetilenskom zavarivanju. Prvi se otvara acetilen; plin se pali sa iskrom upaljača, potom se otvara kisik i plamen je formiran.  
 (c) Glavna oprema korištena u zavarivanju kisikom. U svrhu sigurnosti pokazivač na acetilenu mora biti zakrenut ulijevo, a za kisik zakrenut udesno. Regulatori za kisik su obično obojeni u zeleno, a regulatori za acetilen u crveno.



A. Pintarić: Materijali u elektrotehnici 11. Tehnološki postupci **38**

Klasifikacija postupaka zavarivanja prema vrsti energije za zavarivanje

|   | Kovacka vatra   |  |
|---|---|--|
|   | Eksploziv   | Eksplozivom  |
| KEMIJSKA  | Govorivo u čvrstom stanju   | Eksploziv  |
|   | Govorivo u plinovitom stanju  | Plin   |
| ELEKTRIČNA  | Elektrinski luk   | REL, EPP, TIG, MAG, gravitacijski, kontakti, EHV, Elektrolitna, Cromatic, Elektrolitno zavarivanje svjetloski, Zavarivanje MP... |
|   |   | Zavarivanje pod troskom  |
|   | Elektrinski opor (donesiva toplina)   | Rastaljenog materijala   |
|   |   | Čvrstog materijala   |
| Elektronskim mlazom (snopom) u vakuumu ili difuzivnom vakuumu | Elektronske: točkasto, fano (kolimno), brzo točkasto, tipu, iskrenje                |  |
|   | Viskofrekventno: indukcijsko, kontaktno   |  |
| MEHANIČKA   | Svjedbene zrake   | Zavarivanje laserom (drutin, plinovita)  |
|   | Mehanički ud kao posljedica djelovanja sile na određenu površinu, trenje, vibracije | Unutrašnje trenje  |
| OSTALE  | Površinsko trenje   | Kovacko, hladno, difuzijsko  |
|   | Mehaničke vibracije   | Zavarivanje ultrazvukom (točkasto, fano ili kolimno)   |
|   | Solarna   | Sunčeva svjetlost  |
| Elektronagnetsko zračenje                                     | Zračenje energije valnim dužinom vidljiva u inercionom plinu                        | Zavarivanje trenjem  |
|   | Zračenje  | Zavarivanje ultrazvukom (točkasto, fano ili kolimno)   |
|   |   | Postupci u razvoju   |

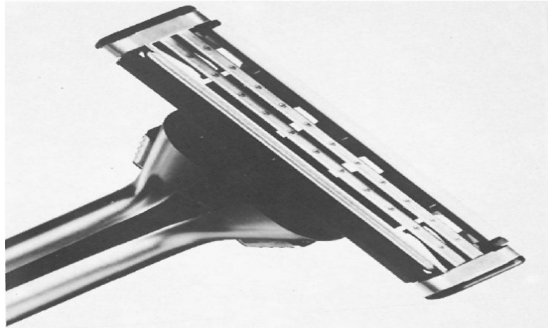
A. Pintarić: Materijali u elektrotehnici 11. Tehnološki postupci **39**

Relativni pokazatelji cijene i stupnja mehaniziranosti postupaka zavarivanja

| Postupak zavarivanja   | Oznaka postupka | Indeks cijene uređaja | Stupanj mehanizacije | Dodatni materijala (DM)   |
|--|-----------------|-----------------------|----------------------|---|
| Ručno elektrolitno   | REL             | 1                     | R                    | elektroda   |
| Elektrolitno taljivom elektrodom u zaštiti aktivnog plina                | MAG             | 1,5 - 5               | PA, A                | zaštitni plin (Ar ili He) + žica (DM)                                     |
| Elektrolitno pod zaštitnim praškom                                       | EP              | 10                    | PA, A                | zaštitni prašak + žica  |
| Elektrolitno pod troskom   | EPT             | > 20                  | A                    | troška + žica   |
| Elektrolitno netaljivom elektrodom u zaštiti inertnog plina              | TIG             | > 2                   | A                    | zaštitni plin (Ar ili He) sa ili bez žice (DM)                            |
| Elektrolitno netaljivom elektrodom u (impulzno) u zaštiti inertnog plina | TIG             | 6 - 10                | A                    | zaštitni plin (Ar ili He) sa ili bez žice (DM)                            |
| Elektrolitno taljivom elektrodom u zaštiti inertnog plina                | MIG             | 1,5 - 5               | PA, A                | zaštitni plin (Ar ili He) + žica (DM)                                     |
| čakasto  | EOT             | 1,5 - 15              | R, A                 | Bez DM  |
| Elektrolitno savno   | EOS             | 0,5 - 10              | R, A                 | Bez DM  |
| Elektrolitno sućono  | EOS             | 0,5 - 10              | PA, A                | Bez DM  |
| Elektrolitno bradnjačasto  | EOB             | 1,5 - 15              | PA, A                | Bez DM  |
| Elektrolitno iskrenjem   | EOI             | 4 - 50                | PA, A                | Bez DM  |
| Elektrolitno tupo  | EOT             | 4 - 50                | PA, A                | Bez DM  |
| Plinsko zavarivanje  | PZ              | > 0,2                 | R, A                 | Govorivi plin i kisik bez ili sa žicom (DM)                               |
| Ahromotermijsko  | ATZ             | > 0,2                 | R, A                 | Termni (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) |
| Mikroplazma  | MPZ             | > 2                   | R, A                 | Plazmenni plin obično bez žice (DM)                                       |
| Elektronskim mlazom (snopom)   | EMZ             | 10 - 50               | A                    | Bez DM  |
| Difuzijsko   | DZ              | > 10                  | A                    | Bez DM  |

A. Pintarić: Materijali u elektrotehnici 11. Tehnološki postupci **40**

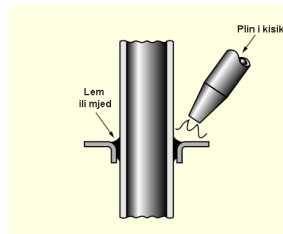
## Primjer laserskog zavarivanja



Lasersko zavarivanje nožića za brijanje.



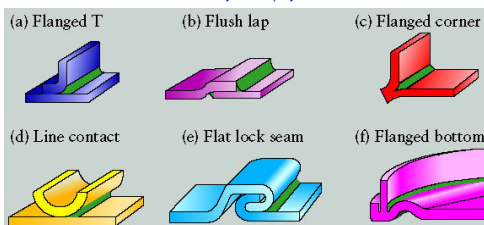
## Lemljenje



- **Komentari:** koristi se za spajanje komponenta koje ne podnose visoke temperature. Za spajanje nam služi legura s niskom točkom taljenja. Rastaljeni lem difuzijom se spaja s osnovnim materijalima i daje čvrst spoj.
- **Upotreba:** cjevovodi, hladnjaci, okviri bicikala...
- **Ekonomičnost:** niska cijena

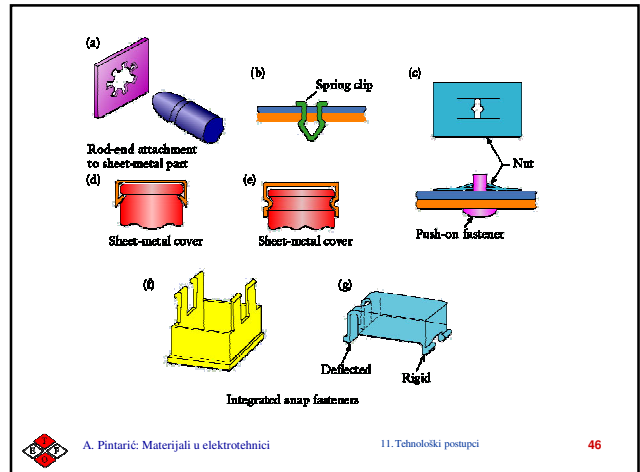
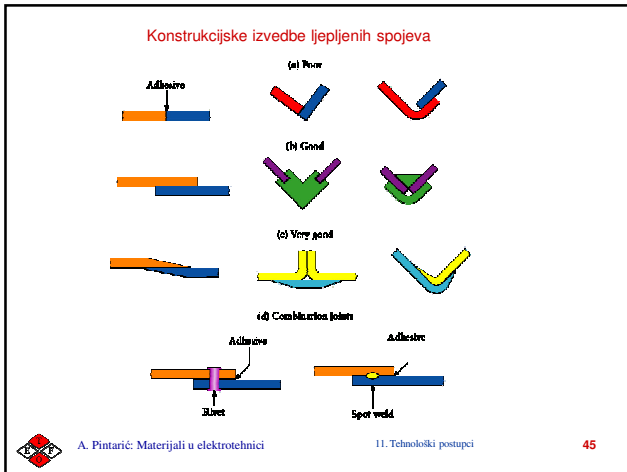


### Izvedbe lemjenih spojeva



### Izvedbe spajanja zakovicama





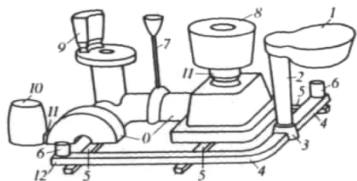
| Postupci površinske obrade | PREDNOSTI   | NEDOSTATCI   |
|----------------------------|---|--|
| Toplinski postupci         | <ul style="list-style-type: none"> <li>metali</li> <li>mjenja strukturu metala samo na površini</li> <li>jedan materijal</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>moramo obratiti pažnju na mehanička svojstva materijala</li> </ul>          |
| Bojanje                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>jednostavno</li> <li>jeftino</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>potrebna je čista neobrađena površina</li> <li>problemi korozije</li> </ul> |
| Poliranje i brušenje       | <ul style="list-style-type: none"> <li>jednostavna metoda za postizanje površinske tolerancije (otpornost)</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>teža primjena kod složenijih oblika</li> </ul>                              |
| Prevlačenje                | <ul style="list-style-type: none"> <li>otporna na koroziju, difuziju i temperaturne granice</li> <li>materijali s različitim svojstvima za temeljne i površinske spojeve</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>skupo</li> <li>dodir dvaju ili više materijala</li> </ul>                   |

A. Pintarić: Materijali u elektrotehnici 11. Tehnološki postupci 48

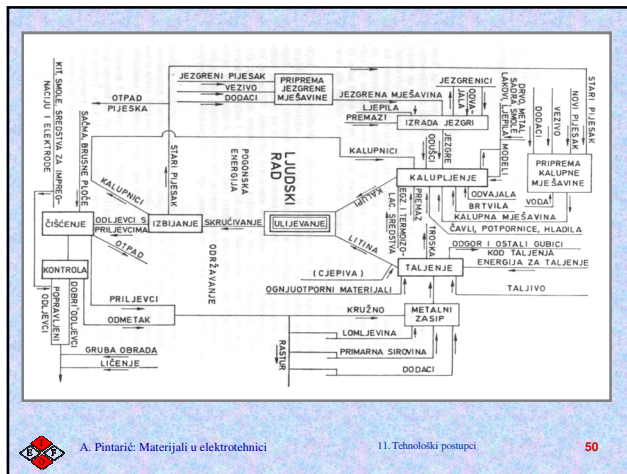
### Lijevanje pod pritiskom (tlačno)

- Komentari:** često upotrebljavano za lijevanje Al, Zn, Mg (niska tališta). Tekući metal je pod visokim tlakom utisnut u kalup dok se ne stvrdne. Stvrdnuti odljev se tada izvlači.
- Upotreba:** pogodno za lijevanje metala, kućišta za elektroničke komponente, kućišta za alat ...
- Ekonomičnost:** skupa proizvodnja pa je isplativo tek u velikim serijama

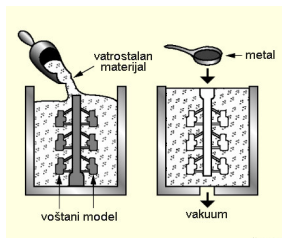
A. Pintarić: Materijali u elektrotehnici 11. Tehnološki postupci 48



- 0 – odljevak ; 1- čaška; 2 – spust; 3- razdjelnik;
- 4 – razvodnik; 5 – ušće; 6 – troskolovka; 7- odušak; 8 –pojilo; 9 – odljevak, otvoreno pojilo;
- 10 – slijepo pojilo; 11 – spojnik; 12 – sljepak;



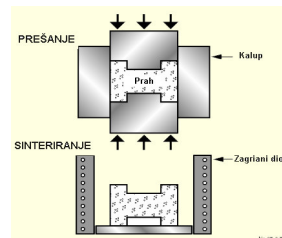
## Lijevanje ulaganjem



- **Komentar:** rastaljeni metal uljeva se u kalup napravljen od voska i keramičke obloge. Vosak isparava ostavljajući odljevak od metala. Ovaj način dobar je za proizvodnju složenijih oblika. Upotrebljava se za metale tališta od 2200°C.
- **Upotreba:** nakit, skulpture, visoko temperaturne plinske turbine, dijelovi motora u auto-moto industriji.
- **Ekonomičnost:** cijena alata i ulaganja je niska, stoga je dobro za proizvodnju u malim i velikim serijama.



## Metode oblikovanja prahom: prešanje i sinteriranje



- **Komentari:** metalni ili keramički prah je stlačen u kalup te poprima oblik kalupne šupljine. Dovodjenjem topline dolazi do srašćivanja zrnaca praha procesom difuzije.
- **Upotreba:** keramički djelovi (filteri, svječiće, posuđe), vatrostalni djelovi (rezački alat) i metalni djelovi (glave cilindara)
- **Ekonomičnost:** prah je skup ali proizvod može biti napravljen s vrlo malom tolerancijom.



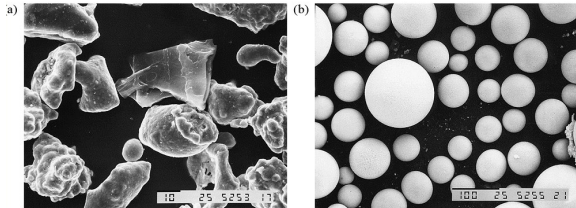
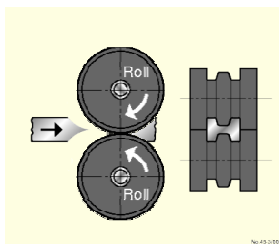


Figure 17.4 (a) Scanning-electron-microscopy photograph of iron-powder particles made by atomization. (b) Nickel-based superalloy (Udimet 700) powder particles made by the rotating electrode process; see Fig. 17.5b. Source: Courtesy of P. G. Nash, Illinois Institute of Technology, Chicago.



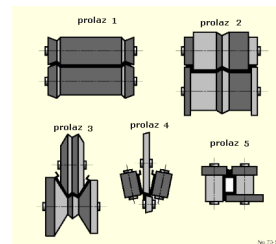
## Obrade deformacijom: valjanje i kovanje



- **Komentari:** Metal se deformira između dva velika valjka (kao kalup). Odabirom valjaka dobivamo željene oblike. Ovim načinom proizvodnje dobivamo različite oblike (od ploče do I profila).
- **Upotreba:** I-profil, kutni profili se upotrebljavaju tamo gdje je potrebna mehanički jako otporna komponenta; djelovi aviona, pruga...
- **Ekonomičnost:** visoka cijena proizvodnje pa se upotrebljava za velike serije



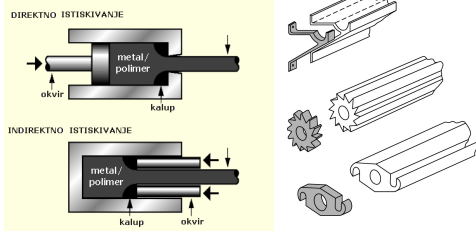
## Oblikovanje ploča deformacijom



- **Komentari:** metalna ploča se deformira serijom velikih valjaka do finalnog oblika.
- **Upotreba:** auto-moto industrija, kante (limene), okviri za prozore...
- **Ekonomičnost:** relativno visoka cijena proizvodnje pa je samim time proizvodnja ograničena na velike serije.



## Oblikovanje istiskivanjem ili ekstruzijom



**Komentari:** ugrijani metal/polimer pod pritiskom se istiskuje iz cilindra, a oblik se formira otvorom na matrici. Postupak je ograničen na metal/polimere.

**Upotreba:** cijevi, osovine, štapovi, kanalice...

**Ekonomičnost:** za metale valjanje je mnogo ekonomičnije, prikladno za polimere



A. Pintarić: Materijali u elektrotehnici

11. Tehnološki postupci

57

## Oblikovanje brizganjem (Impact Extrusion)

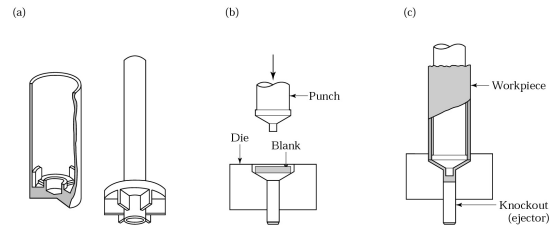


Figure 15.15 (a) Two examples of products made by impact extrusion. These parts may also be made by casting, by forging, or by machining; the choice of process depends on the dimensions and the materials involved and on the properties desired. Economic considerations are also important in final process selection. (b) and (c) Impact extrusion of a collapsible tube by the *Hooker process*.



A. Pintarić: Materijali u elektrotehnici

11. Tehnološki postupci

58

## Provlačenje žice

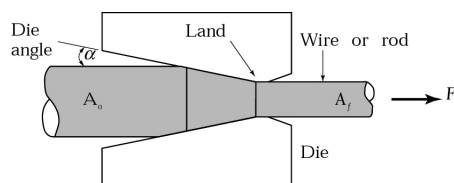


Figure 15.18 Process variables in wire drawing. The die angle, the reduction in cross-sectional area per pass, the speed of drawing, the temperature, and the lubrication all affect the drawing force,  $F$ .



A. Pintarić: Materijali u elektrotehnici

11. Tehnološki postupci

59

## Hladno provlačenje

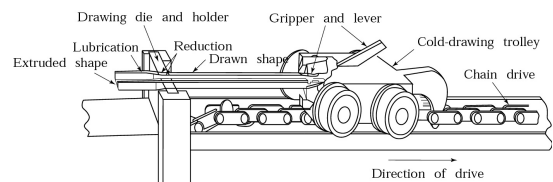


Figure 15.23 Cold drawing of an extruded channel on a draw bench, to reduce its cross-section. Individual lengths of straight rod or of cross-sections are drawn by this method. *Source:* Courtesy of The Babcock and Wilcox Company, Tubular Products Division.



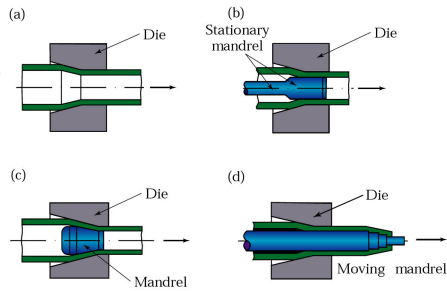
A. Pintarić: Materijali u elektrotehnici

11. Tehnološki postupci

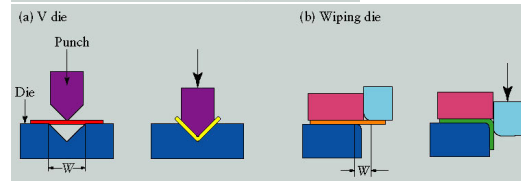
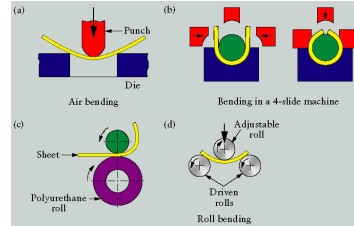
60

## Provlačenje cijevi

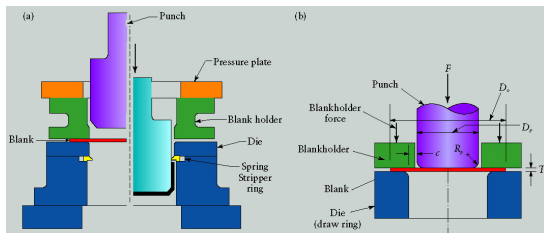
Figure 15.19 Examples of tube-drawing operations, with and without an internal mandrel. Note that a variety of diameters and wall thicknesses can be produced from the same initial tube stock (which has been made by other processes).



## Savijanje



## Duboko vučenje



(a) Schematic illustration of the deep-drawing process. This procedure is the first step in the basic process by which aluminum beverage cans are produced today. The stripper ring facilitates the removal of the formed cup from the punch. (b) Variables in deep drawing of a cylindrical cup. Only the punch force in this illustration is a dependent variable; all others are independent variables, including the blankholder force.

