



NASTAVNI MATERIJAL ZA OBRAZOVANJE BRAVARA

Izdavač

Inicijativa za reformu obrazovanja u Jugoistočnoj Evropi

Dečanska 8a, 11000 Beograd, Srbija

www.erisee.org, office@erisee.org

Urednik

Ridvan Zeqiri

Autori

Dr Milica Gerasimović

Evgjeni Sinanaj

Mr Ridvan Zeqiri

Ahmet Pelko

Nebojša Vuković

MSc. Ing. Jeton Gashi, IWS

Redaktori

Tina Šarić, ERI SEE Sekretarijat

Ivana Živadinović, ERI SEE Sekretarijat

Validacija za Bosnu i Hercegovinu

Dušan Sarajlić

Biljana Popović

Josip Perković

Alija Hujdur

Nenad Gračanin

Prevod i lektura:

Idioma

Deligradska 14, Beograd, Srbija,

idioma.rs, office@idioma.rs

Za izdavača

Tina Šarić

Izdanje

Beograd, Jun, 2024

ISBN-978-86-82886-08-2

Sadržaj

Uvod	5
1. Opća načela bravarskih radova	6
1.1. Strojstvo	6
1.2. Strojarski materijali	7
1.2.1. Svojstva materijala	7
1.2.2. Gvožđe i legure gvožđa	9
1.2.3. Čelik	10
1.2.4. Obojeni metali	10
1.2.5. Ostali materijali (nemetali, kompozit i keramika)	11
1.3. Mjerenje i kontroliranje	13
1.3.1. Mjerenje i kontroliranje dužinskih mjera	14
1.3.2. Mjerenje i kontroliranje kutova	18
1.4. Tehnička dokumentacija	20
1.4.1. Standardi za tehničku dokumentaciju	20
1.4.2. Tehničko crtanje	21
1.4.3. Tehnička i radna dokumentacija	23
1.5. Zaštita životne okoline i sigurnost na radu	25
1.5.1. Sredstva za osobnu zaštitu na radu	25
1.5.2. Protupožarni aparati i njihova upotreba	28
2. Obrada materijala	30
2.1. Ručna obrada materijala	30
2.1.1. Ocrtavanje i obilježavanje	31
2.1.2. Obrada odsijecanjem materijala	32
2.1.3. Ručna obrada skidanjem strugotine – turpijanje	34
2.1.4. Obrada materijala savijanjem	37
2.1.5. Izrada navoja	41
2.2. Obrada bušenjem i brušenjem	43
2.2.1. Obrada bušenjem	43
2.2.2. Obrada brušenjem	45
2.3. Osnovno održavanje bravarskih alata i opreme	48
3. Spajanje materijala / elemenata	49
3.1.1. Navojni spojevi	50
3.1.2. Spojevi uzdužnim i poprečnim klinovima	51
3.1.3. Spojevi uz pomoć poprečnih klinova	51

3.1.4 Žlijebni spoj	52
3.2. Nerastavljivi spojevi	53
3.2.1. Zakovični spojevi	53
3.2.2. Zakovice – oblici i dimenzije	54
3.2.3 Materijal za zakovice	55
3.2.4 Oblici zakovičnih spojeva	57
3.2.5 Proces zavarivanja	58
3.2.6 Elektrode za HED zavarivanje	64
3.2.7 Tvrdi i meko lemljenje	65
3.3.8. Kontrola zavarivanja	66
4. Montaža i demontaža bravarskih proizvoda (elemenata, sklopova i metalnih konstrukcija).....	67
4.1. Plan i postupak montaže i demontaže bravarskih proizvoda (elemenata, sklopova i metalnih konstrukcija).....	68
4.1.1. Faze izrade metalne konstrukcije	68
4.1.2. Faze izrade, montaža i demontaža prozora i vrata	73
4.1.3. Faze izrade, montaža i demontaža ograde od čeličnih cijevi	82
4.1.4. Faze izrade, montaža i demontaža stepeništa od cijevi i/ili čeličnih profila	83
4.1.5. Faze izrade, montaža i demontaža nadstrešnice	86
4.3. Priprema i zaštita površina izrađenih proizvoda	88
4.2.1. Zaštita punih metalnih vrata i prozora od čeličnih profila	89
4.2.2. Zaštita ograde od čeličnih cijevi ili pocinčanih cijevi	89
4.2.4. Zaštita metalnih stepenica i nadstrešnica	90
5. Termin.....	91
6. Popis literature:	92

Uvod

Nastavni materijal za učenje bravara kreirala je stručna radna grupa u okviru projekta „Unapređenje kvaliteta obrazovanja i obuka u SEE – EQET SEE“. Osnova za pripremu Nastavnog materijala za učenje su ishodi učenja na kojima se zasniva kvalifikacija Bravar. Nastavni materijal obuhvaća sve ishode učenja koji su grupirani prema procesima i tehnologiji u bravarstvu. Svrha Nastavnog materijala za učenje je pružiti osnovne materijale za učenje učenicima i nastavnicima za kvalifikaciju bravar. Osim učenika i nastavnika, korisnici ovog materijala bit će i roditelji, poslodavci, mentori i drugi zainteresirani subjekti. Nastavni materijal za učenje u priručniku podijeljen je u četiri dijela:

- Opća načela bravarskih radova
- Obrada materijala
- Spajanje materijala/elementa
- Montaža i demontaža bravarskih proizvoda(elementa i sklopova)

Svaki dio Nastavnog materijala za učenje predstavljen je kroz cjeline koje osiguravaju praćenje bravarskih procesa i tehnologije. Svaka od jedinica je sublimirana pružiti osnove specifičnog dijela procesa. Za svaku cjelinu ponuđen je zadatak kroz koji će se stručno-teorijska znanja povezati sa stjecanjem praktičnih vještina. Učenici se zadacima potiču da prikupljaju informacije i podatke koje će potom analizirati i prezentirati. Zadatak potiče interesiranje učenika za cjelinu. Za nastavnike zadatak omogućava razumijevanje prethodnih znanja i interesiranja učenika za cjelinu.

Očekujemo kako će Nastavni materijal za učenje naći široku primjenu u svim ekonomijama/zemljama i biti polazna osnova za razvoj većeg broja nastavnih materijala u kvalifikaciji i primjeni inovativnog i holističkog pristupa u stjecanju potrebnih kompetencija u kvalifikaciji.

Svi termini koji se koriste u ovom materijalu (bravar, nastavnik, mentor, instruktor, roditelj, učenik, ravnatelj itd.) podrazumijevaju i ženski i muški rod.

Od autora

1. Opća načela bravarskih radova

1.1. Strojstvo

Ključne riječi: projektiranje; proizvodnja; fizika; mehanika; termodinamika

Strojstvo i obrada metala je područje rada koje obuhvaća projektiranje, proizvodnju i eksploataciju energetskih, radnih i alatnih strojeva, putničkih, šinskih vozila, plovila i zrakoplova, uređaja za energetiku i procesnu tehniku, održavanje motora i motornih vozila. Teorijska načela strojstva zasnivaju se na primjeni matematike, mehanike, termodinamike, mehanike fluida, strojarskih materijala, tehničke fizike i računarstva.

Strojstvo kao naučna grana počinje se sustavno izučavati početkom 19. stoljeća. Međutim, prvi oblici strojstva potječu iz daleke prošlost i vezuju se za razvoj obrade metala, izradu prvih složenijih mehanizama i jednostavnijih kopnenih prijevoznih sredstava. Suvremeno strojstvo obuhvaća veliki broj različitih oblasti, a neke od njih su: proizvodnja, termotehnika, termoenergetika, zrakoplovstvo, motori i motorna vozila, brodogradnja.

Tipični operativni poslovi specifični za strojstvo su primjena suvremenih računarnih programa u procesu konstruiranja i projektiranja, programiranje strojeva, održavanje proizvodnih, energetskih sustava i postrojenja, servisiranje motora i motornih vozila, rad na CNC strojevima, ručna i obrada materijala strojem. Generičke vještine, sposobnosti i stavovi potrebni u radu u oblasti strojstva su kreativnost, inovativnost, odgovoran odnos prema radu i osjećaj za točnost i sistematičnost.

Jedna od bazičnih i značajnih kvalifikacija u strojstvu odnosi se na bravarske radove koji obuhvaćaju izradu dijelova, spajanje i montiranje metalnih konstrukcija, sklopova, cijevnih instalacija i postrojenja. (Slika 1).



Slika 1. Radno mjesto bravara

Izvor: Autori

Tijekom bravarskih radova koriste se ručni alati, mjerni i kontrolni instrumenti, strojevi i uređaji, a posao se obavlja u proizvodnom pogonu, hali, proizvodnoj ili servisnoj radionici, energetskim objektima, na gradilištu i na terenu.

Preporučena pitanja i zadaci za domaći rad:

- Uradite onlajn istraživanje i prikupite informacije o značenju strojarstva, poslovima, zanimanjima i kvalifikacijama u strojarstvu.
- Napravite analizu prikupljenih informacija i podataka, a zatim izradite plakat o strojarstvu. Plakat predstavite pred ostalim učenicima.

1.2. Strojarski materijali

Ključne riječi: *fizička svojstva, mehanička svojstva, kemijska svojstva, gvožđe, legure gvožđa, čelik, obojeni metali, nemetali, kompoziti, keramika*

1.2.1. Svojstva materijala

U svim granama industrije, dakle i u strojarstvu, koriste se tehnički materijali. Među njima, najviše se koriste metali i njihove legure (alijaže). Mašinski elementi, bilo gdje da se koriste, moraju biti odgovarajući za određene uvjete rada, stoga i materijali od kojih se prave, trebaju imati odgovarajuća svojstva.

Glavna svojstva materijala dijele se na:

- ✓ fizička,
- ✓ mehanička,
- ✓ tehnološka i
- ✓ kemijska.

Fizička svojstva

Fizička svojstva materijala su: gustina, topljivost, kristalizacija, isparljivost, kondenzacija, specifična toplota, termička provodljivost, toplotno širenje, električna provodljivost, magnetizam, boja itd.

Gustina je masa **m** materijala po jedinici zapremine **V**, odnosno odnos između mase materijala **m** koja se izražava u kilogramima i njegove zapremine **V** koja se izražava u **m³**

$$\rho = \frac{m}{V},$$

m [kg] – masa materijala,

V [m³] – zapremina materijala.

Topljivost je sposobnost materijala da se topi na određenoj temperaturi. Temperatura topljenja je temperatura pri kojoj se događa topljenje materijala, odnosno, točka prelaska iz čvrstog u tečno stanje. Različiti materijali imaju različite točke topljenja.

Električna provodljivost je sposobnost materijala da provodi električnu struju. Materijali dobre električne provodljivosti kao što su npr. bakar i aluminij, koriste se često kao provodnici u različitim električnim uređajima.

Termička provodljivost je sposobnost materijala da provodi toplotu tijekom procesa zagrijavanja ili hlađenja.

Koeficijent provodljivosti toplote (λ). Je potrebna snaga Q koja podiže temperaturu jednog dužnog metra materijala za jedan kelvin (1K):

$$\lambda = \frac{Q}{L \times T} \left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$$

gdje je: Q [W] termička snaga provodnika,

L [m] – dužina provodnika i

T [K] – temperatura provodnika.

Magnetizam je sposobnost namagnetisanja materijala (metala i njihovih legura). Dobre magnetske sposobnosti ima gvožđe, nikel i kobalt, a njihove legure se zovu feromagnetske.

Kristalizacija je sposobnost materijala da prelazi iz tečnog agregatnog stanja u čvrsto.

Temperatura kristalizacije je temperatura na kojoj istopljeni materijal prelazi iz tečnog agregatnog stanja u čvrsto, odnosno temperatura na kojoj materijal prelazi iz tečnog u čvrsto stanje. Izražava se u kelvinima (K) ili stupnjevima Celzijusovim (°C).

Isparljivost je sposobnost materijala da ispari, odnosno da pređe iz tečnog agregatnog stanja u plinovito (u paru).

Izražava se u kelvinima (K) ili stupnjevima Celzijusovim (°C).

Kondenzacija je proces prelaska materijala iz plinovitog stanja u tečno. Temperatura kondenzacije je temperatura na kojoj se dešava prelazak pare iz plinovitog stanja u tečno. Izražava se u kelvinima (K) ili stupnjevima Celzijusovim (°C).

Toplotno širenje svi materijali, posebno metali i njihove legure, promjenom temperature trpe promjene svojih početnih dimenzija. Stopa širenja ili skupljanja početnih dimenzija materijala usijed promjene temperature za 1 K, naziva se koeficijent linearnog širenja.

Mehanička svojstva

Svi strojski elementi i njihovi spojevi tijekom korištenja dolaze pod utjecaj različitih sila. Polazeći od ove činjenice i u cilju određivanja vrste materijala i dimenzije elementa u sklopu, neophodno je znati mehanička svojstva materijala i njihovih spojeva, kao što su:

Tvrdoća je sposobnost materijala da se odupre prodiranju drugog čvrstog tijela u njegovu površinu. To je važno svojstvo koje treba dobro razlikovati od stabilnosti.

Postoje različite metode za mjerenje tvrdoće u zavisnosti od sile koja djeluje na površinu materijala, one se dijele na: metode sa statičkim djelovanjem i metode s dinamičkim djelovanjem. Široku upotrebu imaju statičke metode (Brinell, Vickers i Rokvel).

Elastičnost je sposobnost materijala da povrati početni oblik i dimenzije nakon prekida djelovanja vanjskih sila koje su izazvale promjenu oblika, odnosno deformaciju.

Plastičnost je sposobnost materijala da promjeni oblik i dimenzije, odnosno da se deformira bez uništenja pod djelovanjem vanjskih sila, kao i da očuva deformaciju i nakon prekida djelovanja ovih sila.

Čvrstoća je sposobnost materijala da se odupre djelovanju vanjskih sila bez uništenja. Izražava se u N/mm^2 ili u MP-a, dakle čvrstoća (postojanost) je otpor koji materijal pruža vanjskoj sili kako se ne bi deformirao.

Čvrstoća u zavisno od vanjskih sila, može se odnositi na: rastezanje, pritiskanje, izvijanje, smicanje, uvijanje i savijanje.

Žilavost je sposobnost materijala da se odupre udarnim silama. Najviše se koristi Šarpi metoda. Izražava se jedinicom rada J (džul) koja predstavlja utrošeni rad za prijelom epruvete sa standardnim zarezom.

Tehnološka svojstva materijala odnose se na sposobnosti materijala da se efikasno obrađuju i koriste u procesu proizvodnje i izrade različitih proizvoda. Tehnološka svojstva su ključna za izbor materijala u industriji, jer utječu na kvalitetu, brzinu i ekonomičnost proizvodnih procesa. Neka od glavnih tehnoloških svojstava materijala su:

- ✓ **Obradivost** označava kako se materijal ponaša prilikom mehaničke obrade (sječenje, bušenje, brušenje, tokarenje itd.).
- ✓ **Zavarljivost:** Sposobnost materijala da se spoji s drugim materijalima putem zavarivanja bez gubitka mehaničkih svojstava.
- ✓ **Plastičnost:** Sposobnost materijala da promjeni oblik pod vanjskih sila, a da pri tome ne dođe do loma.
- ✓ **Slivenost:** Sposobnost materijala da popuni kalup u tečnom stanju i formira željeni oblik nakon hlađenja i očvršćavanja.
- ✓ **Tvrdoća:** Otpornost materijala na površinsko habanje, prodiranje ili ogrebotine.
- ✓ **Kovnost:** Sposobnost materijala da se oblikuje u tanke listove ili druge oblike bez pucanja, kao što je slučaj s metalima poput aluminija ili bakra.
- ✓ **Kovnost:** Sposobnost materijala da se deformira (oblikuje) s pomoću mehaničkih sila, kao što su udarci čekića ili pritisak, bez pucanja.
- ✓ **Pogodnost za toplinsku obradu:** Sposobnost materijala da promjeni svoja svojstva (čvrstoća, tvrdoća) pod utjecajem toplote, što se koristi u procesima kao što su kaljenje, žarenje i poboljšanje strukture materijala.

1.2.2. Gvožđe i legure gvožđa

Gvožđe se dobiva topljenjem rude gvožđa u visokim pećima. Čelik predstavlja proizvod prečišćen od rude gvožđa. Rude gvožđa se koriste za proizvodnju gvožđa i sreću se u nazivima u nastavku:

- ✓ Magnetit (oksid gvožđa sa 75 % gvožđa);
- ✓ Hematit (oksid gvožđa sa 70 % gvožđa);
- ✓ Siderit (gvožđe karbonat, sadržava od 45 % ~ 50 % gvožđa) i
- ✓ Pirit (gvožđe sulfat, s manje od 40 % gvožđa) i ostale.

Vrste tehničkog gvožđa

Prema sastavu i upotrebi, tehničko gvožđe se dijeli na:

- ✓ Sirovo gvožđe
- ✓ Liveno gvožđe i
- ✓ Čelik

Iz visokih peći se obično dobivaju dvije vrste sirovog gvožđa:

- ✓ Bijelo sirovo gvožđe i
- ✓ Sivo sirovo gvožđe

1.2.3. Čelik

Čelik je legura željeza i ugljika(C) koji sadržava manje od 2,03 % ugljika

Postoji više načina za podjelu i sistematizaciju čelika. Čelik se uglavnom dijeli prema:

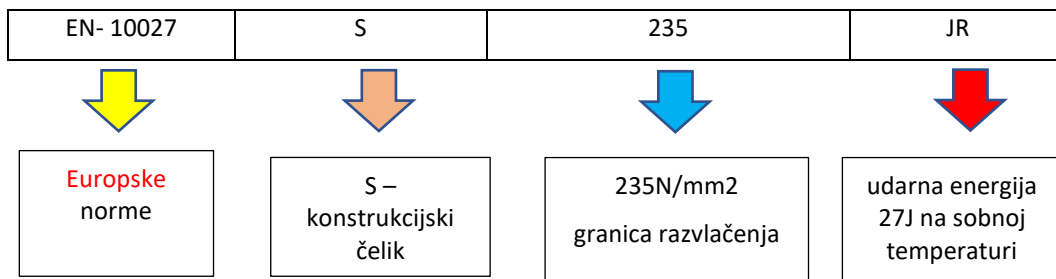
- ✓ načinu proizvodnje,
- ✓ načinu prerade,
- ✓ kvalitetu,
- ✓ strukturi,
- ✓ kemijskom sastavu i
- ✓ upotrebi.

Obični čelici su oni kod kojih se ne garantira kemijski sastav i ne određuje se sastav nečistoća od sumpora i fosfora (obično je procent sumpora i fosfora viši od 0,1 %).

Kvalitetni čelici sadrže manje od 0,09 % sumpora i fosfora zajedno, odnosno manje od 0,045 % fosfora i sumpora zasebno. Kod nekih posebnih vrsta čelika, osim mehaničkih svojstava, garantira se i kemijski sastav.

Čelik visokog kvaliteta je onaj čelik kojem je zagaraniran kemijski sastav i sadržava manje od 0,07 % sumpora i fosfora ukupno, odnosno manje od 0,035 % sumpora i fosfora zasebno.

Na slici u nastavku data je oznaka za čelik prema europskim normama EN S235JR



Slika 1.2 Primjer oznake čelika prema standardu EN 10027

1.2.4. Obojeni metali

U grupu obojenih metala spadaju svi metali osim gvožđa i njegovih legura.

Bakar (Cu)

Bakar je metal crvenkaste boje s gustinom od $8,94 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$. Temperatura topljenja mu je $1083 \text{ }^\circ\text{C}$. Lako se obrađuje plastičnom deformacijom. Izuzetan je provodnik elektriciteta i toplote.

Aluminij (Al)

Aluminij je laki metal srebrno-bijele boje. Gustina aluminija je $2.7 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, dok mu je temperatura topljenja $660 \text{ }^\circ\text{C}$.

Čisti tehnički aluminij ima široku primjenu u avio-industriji, proizvodnji električnih provodnika, proizvodnji tankih folija koje se koriste za pakiranje proizvoda u prehrambenoj industriji, kemijskoj industriji, u proizvodnji kućnog posuđa, u građevinarstvu itd. Aluminij se koristi kao legirajući i dezoksidativni element u čeličnoj industriji.

Cink (Zn)

Poslije aluminija i bakra, cink je element koji se najviše proizvodi. Cink spada u grupu teških obojenih metala i njegova gustina je $7.13 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$. Boja mu je pepeljasto bijela. Temperatura topljenja mu je 419°C .

Nikl (Ni)

Nikl je metal srebrno-bijele boje karakterističnog metalik odsjaja. Gustina nikla je od 8.7×10^3 do $8.84 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$. Temperatura topljenja nikla zavisi od stupnja njegove čistoće i u rasponu je od 1450 do 1455°C .

Upotreba nikla: Zahvaljujući svojim pozitivnim svojstvima, nikl ima široku upotrebu u strojarскоj i čeličnoj industriji. Nikl se koristi i za oblaganje metala u cilju zaštite od korozije. U kemijskoj industriji nikl se koristi u radu različitih aparatura i kao katalizator nekih kemijskih procesa. Široku upotrebu ima i u proizvodnji različitih kirurških instrumenata kao i u proizvodnji kućnog posuđa. Osim toga, nikl se naveliko koristi i kao legirajući element u legurama bakra, aluminija, zlata i srebra.

1.2.5. Ostali materijali (nemetali, kompozit i keramika)

Ojačavanje materijala pomoću vlakana srećemo i u prirodi, kako u biljnom tako i u životinjskom svijetu. Stabla nekih biljaka i kosti nekih životinja ojačane su vlaknima koja im daju anizotropiju i višestruko jačaju njihovu otpornost na vanjska opterećenja. I primitivni narodu su bili svjesni ojačavanja i uvezivanja postojećih materijala vlaknima. Na primer, zidovi koji su premazivani blatom su uvezivani i ojačavani s pomoću slame. Razvoj avijacije i aeronautike u posljednjim desetljećima ubrzala je proučavanje materijala koji osim velike stabilnosti imaju nisku gustinu. Plastične mase svojim svojstvima često ne mogu zadovoljiti suvremene tehničke zahtjeve. Iz tog razloga se u cilju poboljšanja fizičkih i mehaničkih svojstava plastičnim masama dodaju različiti dopunski materijali u formi vlakana: glina, silicijev dioksid, aktivna čađa, kalcijev karbonat itd. Takvi materijali, dobiveni miješanjem plastičnih masa (kao osnovnog materijala) i vlaknastih punila zovu se kompozitni materijali, odnosno kompoziti.

Keramički materijali su slabi električni provodnici, često prozirni, ne trpe plastičnu deformaciju, često imaju visoku kemijsku stabilnost i tope se na visokim temperaturama.

U tu grupu spadaju:

- Oksidna keramika
- Neoksidna keramika

Polimerski materijali su slabi električni provodnici, krte na niskim temperaturama, ali se na visokim temperaturama mogu plastično deformirati, kemijski su stabilni na zraku i sobnoj temperaturi, imaju nisku gustinu i tope se, odnosno krune na relativno niskim temperaturama.

U tu grupu spadaju:

- termoplast,
- duroplasti,
- guma.

Kompozitni materijali se često mogu smatrati zasebnom grupom materijala koji se dobivaju kombinacijom barem dva materijala različitih svojstava. Tako se dobivaju materijali novih svojstava, koja premašuju svojstva njihovih pojedinačnih dijelova. Kompozitni materijali su npr. materijali ojačani nitima koje su tanke, ali izuzetno postoje, krte u određenoj mjeri, ali i duktilne. Ili čelični beton kod kojeg je u konstrukcijama čelik prima naprezanja uslijed istezanja,

dok beton prima naprezanja uslijed pritiska, kao i materijali čija se površina oblaže zaštitnim premazima i cilju zaštite od korozije.

Preporučena pitanja i zadaci za domaći rad:

Uradite komparativnu analizu karakteristika različitih strojarskih materijala kao što su čelik, aluminij, plastika i kompoziti. Učenici trebaju istražiti osnovna svojstva kao što su čvrstoća, plastičnost, izdržljivost, cijena i primjena svakog materijala.

Analizirajte prikupljene podatke i predstavite ih drugim učenicima!

1.3. Mjerenje i kontroliranje

„Nauka počinje tamo gdje počinju mjerenja“ (Mendeljejev)

Ključne riječi: *mjerenje; kontroliranje; komparatori; mjerila s nonijusom; mikrometri; kutomjeri; ugaonici*

Mjerenje i kontroliranje imaju jednu od važnih uloga u provođenju postupka strojarske obrade i dobivanja izratka odgovarajućeg kvaliteta i točnosti. To su postupci koji se izvode prilikom izbora priprema, tijekom izvođenja odgovarajućih operacija i zahvata i po završetku strojarske obrade. Osnovni zadatak mjerenja i kontroliranja je utvrditi leži li izradak u granicama dopuštenih odstupanja, odnosno odgovara li izradak zahtjevima postavljenim na radioničkom crtežu.

Mjerenje predstavlja postupak uspoređivanja neke nepoznate veličine s poznatom pri čemu se utvrđuje koliko je mjerena veličina veća ili manja od usvojene mjere te veličine. Rezultat mjerenja se izražava brojem i odgovarajućom mjernom jedinicom. **Kontroliranje** je postupak kojim se uspoređuje jedna veličina s drugom veličinom iste vrste, kako bi se utvrdilo postoji li odstupanje mjerne veličine od utvrđene vrijednosti. Rezultat kontrole je konstatacija da je kontrolirana veličina „dobra“, „loša“ ili „doradna“.

Suvremena strojarska obrada zahtjeva primjenu različitih metoda mjerenja i kontroliranja kao što su na primjer metode usporednog, direktnog, indirektnog i kompleksnog mjerenja. Ispravnost izrađenog dijela direktno zavisi od točnosti mjerenja. Greške koje utječu na točnost mjerenja predstavljaju razliku između prave vrijednosti mjerene veličine i pokazivanja mjerila. Na veličinu greške mjerenja utječu: pravilno izabrana metoda mjerenja; greške mjerila i mjernog pribora nastale uslijed habanja, duže upotrebe, utjecaja temperature, vlage, nečistoće; osobne pogreške nastale uslijed nedovoljne uvježbanosti, umora, slabe koncentracije, kvalitete vida i sl.

Mjerila su tehnička sredstva koja se koriste prilikom izvršenja mjerenja. Najčešća podjela mjerila je na: jednostruka i višestruka mjerila.

Jednostruka mjerila su mjerila bez skale (podjele) i omogućavaju mjerenje samo jedne veličine. Od jednostrukih mjerila najčešće se koriste: granična mjerila (etalon pločice, račve i čepovi), kutnici, šabloni, mjerila za zazole, mjerila za zaobljenja itd.

Višestruka mjerila su mjerila sa skalom i koriste se za mjerenje više mjernih veličina u području najmanje i najveće mjere predviđene na mjerilu. U ovoj grupi se nalaze razmjernici, mjerila s nonijusom, mikrometerska mjerila, komparatori, kutomjeri.

Prilikom rada s mjerilima potrebno je posebno voditi računa o njihovom čuvanju i održavanju. Poslije svake upotrebe mjerila se čiste i odlažu na predviđeno mjesto. Periodično se provjerava ispravnost i točnost mjerila, a neispravna mjerila se proslijeđuju na popravku kod specijaliziranih serviseri.

1.3.1. Mjerenje i kontroliranje dužinskih mjera

Granična mjerila spadaju u grupu jednostrukih mjerila kod kojih su oblik, mjere i točnost odabrani tako da osiguraju brzu i neposrednu kontrolu metodom uspoređivanja. Izrađuju se najčešće u dva osnovna oblika: kontrolne račve za kontrolu vanjskog prečnika (osovine) i kontrolni čepovi za kontrolu prečnika otvora (rupe).

Kontrolne račve mogu biti izrađene kao jednostrane (slika 1.2.1.1.) i dvostrane (slika 1.2.1.2.). S pomoću otvora račvi kontrolira se vanjski prečnik osovine. Mjerne površine račve postavljaju se preko osovine. Ako strana „ide“ prelazi preko mjerne površine osovine, a strana „ne ide“ ne prelazi, osovina je urađena na „dobru mjeru“. Ako obje strane kontrolne račve prelaze preko mjerne površine osovine, mjera je „loša“ i prečnik osovine je manji od donje granične mjere. U slučaju da ni jedna strana kontrolne račve ne prelazi preko mjerne površine osovine, prečnik osovine je veći od gornje granične mjere i mjera je „doradna“.



Slika 1.2.1.1. Jednostrana kontrolna račva



Slika 1.2.1.2. Dvostrana kontrolna račva

Za kontrolu prečnika cilindričnih otvora i rupa koriste se kontrolni čepovi. Mogu biti izrađeni kao jednostrani i dvostrani (slika 1.2.1.3.). Dvostrani kontrolni čepovi imaju kao i kontrolne račve stranu „ide“ i stranu „ne ide“, dok se jednostrani kontrolni čepovi koriste u paru, pri čemu jedan čep ima stranu „ide“, a drugi „ne ide“. Mjera prečnika otvora (rupe) je „dobra“, ako strana „ide“ prolazi kroz otvor (rupu), a strana „ne ide“ ne prolazi. Ako obje strane kontrolnog čepa prolaze kroz otvor (rupu), mjera je „loša“ i prečnik otvora (rupe) je veći od gornje granične mjere. U slučaju da ni jedna strana kontrolnog čepa ne prolazi kroz otvor (rupu), mjera je „doradna“ i prečnik otvora (rupe) je manji od donje granične mjere.



Slika 1.2.1.3. Dvostrani kontrolni čep

Granična mjerila za kontrolu navoja mogu biti kontrolnici za kontrolu navoja u navrtki – kontrolni navojni čepovi i kontrolnici za kontrolu navoja na vijku u vidu kontrolnih navojnih prstenova i u vidu račve.

Granična mjerila za kontrolu vanjskih i unutarnjih konusa su kontrolnici u vidu konusnog kontrolnog čepa i kontrolnici u vidu prstena. Linija urezana na koničnom čepu određuje dubinu do koje on treba dospjeti ako je rupa obrađena u predviđenoj toleranciji. Postoje i čepovi s dvije linije, odnosno jednim usjekom na kraju, koje označavaju toleranciju u čijim granicama može se kretati koničnost rupe.

Komparatori su instrumenti kojima se utvrđuje odstupanje od stvarne mjere. Koriste se i za centriranje obradaka, alata, pri kontroliranju uspravnosti i paralelnosti, pri kontroliranju radijalnog odstupanja, pri kontroliranju točnosti strojeva, alatki, za kontroliranje prečnika cilindara. U zavisnosti od konstrukcije prijenosnih elemenata i principa rada, oni se mogu svrstati u mehaničke, optičke, električne, hidraulične i pneumatske. Najstariji i najviše primjenjivani su mehanički komparatori. Kod ovih komparatora prijenos kretanja s mjernog pipka na skalu vrši se mehanički. Prijenosni mehanizam ovog komparatora može biti s polugom, zupčanicima i drugim prijenosnicima kao što je zupčasta letva, puž, zupčasti segment.



Slika 1.2.1.4. Mehanički komparator

Na slici 1.2.1.4. prikazan je mehanički komparator sa svojim osnovnim dijelovima: dugme za odizanje pipka; milimetarska skala; skala za očitavanje stotih dijelova milimetara; kazaljka za stote dijelove milimetra; kućište komparatora; poluga; mjerni pipak.

Mjerila s nonijusom su najrasprostranjenija mjerila u tehnologiji strojarske obrade. Koriste se za mjerenje vanjskih i unutrašnjih veza, visine i dubine, kao i za ocrtavanje. Glavni predstavnik mjerila s nonijusom je univerzalno pomično mjerilo.



Slika 1.2.1.5. Univerzalno pomično mjerilo

Osnovni dijelovi univerzalnog pomičnog mjerila (slika 1.2.1.5.) su: lenijar; nonijus; mjerni kraci za vanjska mjerenja; mjerni kraci za unutrašnja mjerenja; šipka za mjerenje dubine; kočnica. Glavni element pomičnog mjerila je pokretni dio – nonijus s milimetarskom skalom. Skala nonijusa može imati 10, 20 ili 50 podjeljaka, od čega zavisi i točnost očitavanja pomičnog

mjerila. U skladu s brojem podjeljaka razlikujemo pomična mjerila s točnošću očitavanja od 0,1; 0,05 i 0,02 mm.

Mikrometri su mjerila koja su znatno preciznija od pomičnih mjerila s nonijusom, ali su i mnogo osjetljivija. Ovim mjerilima može se postići točnost od 0,01 mm, pa do 0,001 mm. Postoje tri tipa mikrometara: za vanjska mjerenja, za unutarnja mjerenja i za mjerenja dubina. Međusobno se razlikuju po obliku, ali princip rada i mehanizam koji osigurava točnost očitavanja su identični kod sva tri tipa.

Mikrometri za vanjska mjerenja prema opsegu mjerenja mogu biti za mjerenje dužine: 0 – 25 mm, 25 – 50 mm, 50 – 75 mm i tako sve do 500 mm, s razlikom po 25 mm. Od 500 do 1000 mm mikrometri su izrađeni u granicama od 50 mm. Za mjerenje većih dužina koriste se mikrometri koji imaju promjenljive nastavke. Na slici 1.2.1.6. je prikazan mikrometar za vanjska mjerenja čiji je opseg 0 – 25 mm. Oznaka opsega mjerenja prikazana je na tijelu mikrometra.



Slika 1.2.1.6. Mikrometar za spoljašnja merenja

Prilikom mjerenja predmet mjerenja se postavlja između nepokretne i pokretne mjerne površine pokretnog vretena. Pomjeranje pokretnog vretena ostvaruje se okretanjem doboša, koji je navrtkom vezan za vreteno mikrometarskog vijka. Završno pritezanje se obavlja s pomoću mehanizma. Kočnicom se onemogućava pomicanje pokretnog vretena. Očitavanje izmjerene dužine vrši se s pomoću skale za očitavanje milimetara i polovina milimetara i skale za očitavanje stotih dijelova milimetara.

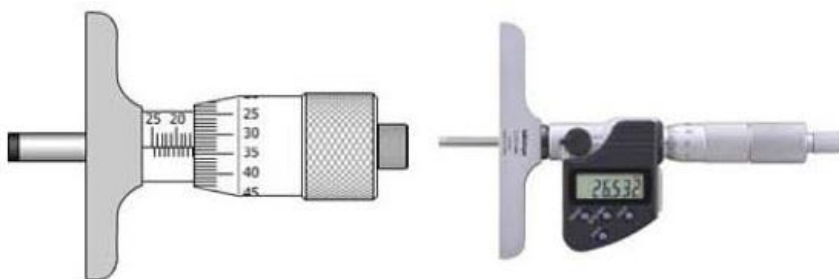
Mikrometar za unutarnja mjerenja se upotrebljava za mjerenje prečnika rupa i drugih unutarnjih kota uz uvjet da su one veće od 50 mm. Mikrometar iz ove grupe, najjednostavnije konstrukcije, je prikazan na slici 1.2.1.7.



Slika 1.2.1.7. Mikrometar za unutarnje mjerenje

Na oba kraja ovog mikrometra nalaze se mjerne površine kojima se oslanjaju na površinu mjerenja na obratku. Okretanjem doboša, mjerne površine se dovode u odgovarajući položaj. Način rada ovakvog mikrometra je sasvim sličan mikrometarskom mehanizmu za vanjska mjerenja.

Mikrometarski dubinomjer (slika 1.2.1.8) se upotrebljava za mjerenje dubina rupa, žljebova, visina ispusta, stepenastih osovina itd. Kod ovih mjerila mjerno vreteno i mjerni doboš su iste konstrukcije kao i kod mikrometara za vanjska mjerenja. Oslonac se prilikom mjerenja postavlja na gornju površinu obratka. Mjerno vreteno je promjenljivo, što omogućava mjerenje raznih dubina na obratku.



Slika 1.2.1.8. Mikrometarski dubinomjer

Opseg mjerenja ovih mjerila je 25 mm, a točnost jedan stoti dio milimetra (0,01 mm). Kako bi se povećao opseg mjerenja ovi mikrometri su snabdjeveni zamjenljivim mjernim vretenima s kojima se mogu ostvariti mjerenja dubina do 150 mm, pa i više.

Mjerne trake su jednostavna mjerila za mjerenje dužine (slika 1.2.1.9). Najčešće su izrađene od metala ili platna u različitim opsezima (od 1m do preko 100 m) i s različitom podjelom na skali. Koriste se za brza mjerenja sa stupnjem točnosti od 1 mm.



Slika 1.2.1.9 Mjerna traka

Mjerna ravkala su dosta slični mjernim trakama, s tim što su nešto deblji i širi (slika 1.2.1.10). Izrađuju se u dužinama od 300, 400 i 500 mm.



Slika 1.2.1.10 Mjerna ravnala

1.3.2. Mjerenje i kontroliranje kutova

Za mjerenje kutova se koriste kutomjeri. Jedinica mjere kuta je **radijan (rad)**. Za mjerenje kuta u ravni češće se upotrebljava **stupanj ($^{\circ}$)** koji predstavlja 360. dio kruga. Jedan stupanj se dijeli na 60 minuta ($60'$), a svaki minut u sebi sadržava 60 sekundi ($60''$).

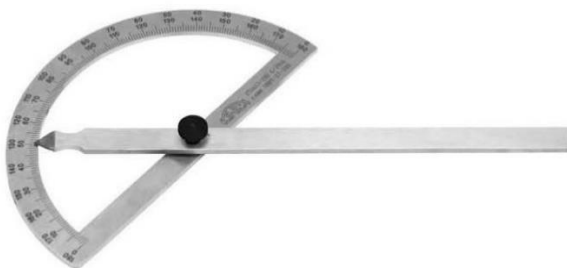
Kutnici se koriste za kontroliranje samo jednog kuta određene veličine. Kutnici se izrađuju u različitim veličinama 30° , 45° , 60° , 120° , ali se najviše upotrebljava kutnik od 90° .

Libele su mjerni instrumenti s pomoću kojih se kontrolira je li mjerna ravan horizontalna, vertikalna ili je pod kutom (slika 1.2.2.1). U tijelu libele ugrađena je cjevčica ispunjena tečnošću i inernim plinom ili zrakom u obliku mjehura. Mjerna ravan je horizontalna ako je plinski mjehur u položaju između dvije granične crte. Svi ostali položaji mjehura ukazuju da mjerna ravan nije u horizontalnom položaju.



Slika 1.2.2.1 Libela

Mehanički kutomjer prikazan na slici 1.2.2.2 služi za mjerenje kutova u opsegu od 0° do 180° . Kutomjer se sastoji od skale, pokretnog kraka, kazaljke, nosača skale i zavrtnja.



Slika 1.2.2.2 Mehanički kutomjer

Površina dijela koji se mjeri postavlja se između pokretnog kraka i nosača skale. Pomoću zavrtnja se zakoči pokretni krak i očita kut koji se mjeri.

Preporučena pitanja i zadaci za domaći rad:

- Napravite podjelu prikazanih mjerila dužine i kutova na jednostruka i višestruka mjerila. Podjelu prikažite tabelarno i predstavite ostalim učenicima u razredu.

1.4. Tehnička dokumentacija

Ključne riječi: *tehnička i radna dokumentacija, tehničko crtanje, norme i standardi, dimenzioniranje*

Tehnička dokumentacija se odnosi na skup pisanih materijala koji opisuju tehničke aspekte nekog proizvoda, sustava ili procesa. Ova vrsta dokumentacije igra ključnu ulogu u inženjerskim i tehničkim oblastima, omogućavajući ljudima razumijevanje, implementiranje, održavanje ili poboljšavanje određenih proizvoda ili sustava.

1.4.1. Standardi za tehničku dokumentaciju

Tehnička dokumentacija u području strojarstva igra ključnu ulogu u svim fazama razvoja, proizvodnje i održavanja strojeva. Dokumentacija predstavlja međusobno logički povezan skup informacija o konstrukciji, funkcionalnosti, materijalima, sigurnosnim standardima i ostalim relevantnim specifikacijama, koje mogu biti prikazane u tekstovnom ili slikovnom obliku. Bez odgovarajuće tehničke dokumentacije, procesi proizvodnje postaju neorganizirani i podložni greškama koje mogu rezultirati lošom kvalitetom proizvoda ili čak sigurnosnim rizicima.

Norme i standardi

Kako bi se realizirala neka zamišljena ideja, potrebno je imati tehnički crtež koji će biti izrađen po jednakim, unaprijed definiranim standardima i normama. Prije svega crtež treba biti jednostavan, jasan, pregledan i precizan. Što se tiče norma, to su propisi kojim se utvrđuju određena obilježja ili veličine nekog proizvoda, jedinice, nazivi ili postupci.

Primjenom normi i standarda dolazi do:

- Pojednostavljenja i pojeftinjenja proizvodnje,
- Olakšava se kooperacija pa i integriranje poduzeća kao i sporazumijevanje između proizvođača i kupaca,
- Poseban doprinos standardizacije ogleda se u racionalnoj raznovrsnosti, spojivosti i zamjenjivosti proizvoda, sigurnosti i zaštiti, a pri razmjeni dobara i usluga uklanjaju se prepreke u trgovini i tehnološkoj suradnji,
- Omogućava bolje ekonomske učinke,
- Olakšanje radnih uvjeta,
- Olakšanje i ubrzanje tijeka konstrukcijskog procesa,
- Omogućavanje smanjenja potrošnje energije,
- Smanjuju skladišne zalihe sirovina, poluproizvoda, gotovih proizvoda, rezervnih dijelova itd.
- Olakšana izmjenjivost strojarskih dijelova i sklopova uvođenjem:
 - Unifikacije koja osigurava funkcijsku i dimenzijsku zamjenjivost sužavanjem asortimana u odnosu na spoljašnje i unutarne karakteristike proizvoda,
 - Šifriranja koja osiguravaju potpunu identifikaciju svakog pojma (predmeta) i istovremeno omogućavaju grupiranje pojmova po istim ili istim karakteristikama,
 - Tipizacije koja smanjuje broj tipova jednog proizvoda određene vrste na broj koji zadovoljava potrebe određenog vremena,
- Zaštitu životne okoline.

Linije

Radi postizanje što veće jasnoće i preglednosti, u tehničkom crtanju svaka linija ima svoju oznaku,

naziv, točno propisan oblik, širinu i primjenu.

1.4.2. Tehničko crtanje

Sredstvo izražavanja tj. internacionalni jezik s pomoću kojeg međusobno komuniciraju svi strojarški radnici (inženjeri i tehničari i radnici) na svijetu. U strojarstvu tehničko crtanje predstavlja posebnu disciplinu. S pomoću crteža ili sklopa crteža se definiraju upute potrebne za izradu bravarskih postrojenja, i njihovih dijelova. Tehnički crteži uključuju različite:

- Simbole i oznake koji se koriste za označavanje različitih karakteristika na crtežu, kao što su navoji, površinska obrada, zavarivanje, brušenje, bušenje i slično.
- Nacrte, presjeke, detaljne dimenzije koje definiraju veličinu i oblik dijelova ili proizvoda. Tehnički crteži obično sadržavaju dimenzije koje su potrebne za proizvodnju i montažu, uključujući linearnu dimenziju, radijalne dimenzije, kutne dimenzije i druge relevantne mjere.
- Tolerancije u strojarstvu odnose se na dopuštene varijacije u dimenzijama, oblicima, položajima ili karakteristikama dijelova ili sklopova koji se proizvode. One su neophodne kako bi se osiguralo da dijelovi i sklopovi budu funkcionalni i kompatibilni međusobno te da zadovolje specifične zahtjeve funkcionalnosti i dizajna.

Tehnički crteži mogu uključivati informacije o materijalu ili materijalima koji se koriste za izradu dijelova ili proizvoda. Ove oznake mogu uključivati materijalne standarde, vrstu materijala i druge relevantne informacije.

Tehnički crteži mogu sadržavati dodatne bilješke i napomene koje pružaju dodatne informacije ili upute za proizvodnju, montažu ili održavanje proizvoda.

Vrste tehničkih crteža u strojarstvu

U strojarstvu se koristi niz različitih vrsta tehničkih crteža koji su svrstani ili su dobili naziv prema vrsti namjene (dvodimenzionalni ili trodimenzionalni crtež) i načinu izrade (crtež u olovci, crtež u tušu), prema sadržaju (plan rasporeda, dijagram, shema, glavni ili dispozicijski crtež, sklopni crtež, skica) i namjeni (radionički crtež, montažni crtež, mjerna skica). U strojarstvu, a tako i u drugim područjima (građevina, arhitektura, oblikovanje – design i styling), gotovo i ne postoji primjer za koji nije potreban prikaz crtežom.

Prema sadržaju postoje uglavnom dvije vrste tehničkih crteža: sastavni ili montažni crtež i detaljni ili radionički crtež. Sastavni crtež može biti: dispozicija ili glavna montaža čitavog objekta, grupe (odnosno sastav složene jedinice unutar objekta), sklop ili montaža (sastav jednog dijela grupe),

podsklop ili podmontaža (sastav jednog dijela sklopa), konstrukcijska jedinica (tehnoški sklop ili skup nekoliko detalja koji se sastavljaju zasebno i kao cjelina montiraju s ostalim dijelovima – najčešće su to zavareni dijelovi unutar podsklopova).

Prema namjeni postoji više vrsta tehničkih crteža, no najvažniji su sljedeće:

- **Projektni crtež** prikazuje objekt u grubim potezima iz kojih je vidljiv njegov značaj. Ovaj crtež je izrađen na temelju iskustvenih podataka i proračuna, a ne razrađuje detalje i služi kao podloga za daljnju razradu.

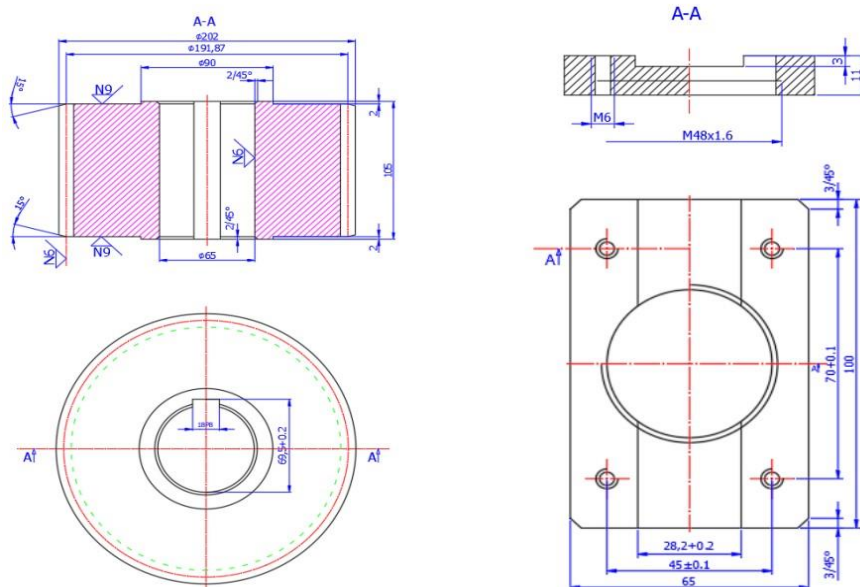
- **Sastavni ili montažni** crtež prikazuje kako se pojedine cjeline (dijelovi ili sklopovi) sastavljaju i kako međusobno funkcioniraju.
- **Radionički, detaljni ili izvođački crtež** prikazuje strojarski dio (nerastavljiv) sa svim potrebnim podacima za njegovu izradu.
- **Mjerna skica** prikazuje glavne priključne mjere za jedan stroj ili više strojeva istog tipa.
- **Idejno rješenje** prikazuje objekt u glavnim crtama. Na njemu se prikazuje samo ono što je bitno, a služi samo kao prilog za ponudu ili konkurs (licitiranje, tender). Ovi su crteži likovno dotjerani sa željom da utječu na odluku investitora.
- **Reklamni crtež** prikazuje pojednostavljeno određeni proizvod (stroja, uređaj, postrojenje itd.) na prospektima ili sličnoj dokumentaciji.
- **Ostali crteži** su: crtež temelja, montažni crtež, crtež za odobrenje, situacijski crtež, plan kolosijeka, plan instalacije, narudžbeni crtež, crtež isporuke, patentni crtež, skica, shema i slično

Vrlo česta vrsta tehničkog crteža je **skica**. Kao što se iz naziva može zaključiti, radi se o crtežu koji se crta najčešće olovkom i uglavnom bez korištenja pribora i pomagala za crtanje. Ovakve crteže uglavnom izrađuju inženjeri konstruktori kao upute i podloge crtačima detaljistima, koji ih po potrebi crtaju na računaru. Ovakve crteži sve češće crtaju majstori u planiranju izrade bravarskih proizvoda. Prostoručni crtež crta se poštujući niz posebno utvrđenih pravila koja garantiraju jednostavnost crteža.

Dimenzioniranje

Kotiranje (dimenzioniranje) treba izvesti tako da pri izradi strojarskog elementa se isključi bilo kakva zabuna, nesporazum ili greška. Kako bi se ovo izbjeglo treba uvažavati sljedeća pravila:

- Kotiranje treba biti pregledno tj. kote razmještene po svim projekcijama, ali tako da je svaka kota samo jednom označena i to u onoj projekciji u kojoj je strojarski dio najjasnije prikazao mjere navedene na crtežu, a odnose se na potpuno dovršen predmet. Kote, po mogućnosti, treba nanositi samo između vidljivih ivica.
- Dimenzije se nanose u milimetrima.
- Kotiranje treba biti potpuno tj. trebaju biti unijete sve kote potrebne za proizvodnju, za ugradnju, za sve faze rada i kontrolu.
- Kotiranje treba biti potpuno, imajući u vidu tehnološki postupak tj. način i mogućnost izrade.
- Izbjegavati kotiranje detalja.
- Standardni dijelovi (vijci, ležaji, itd.) ako se crtaju u sklopnom crtežu, ne kotiraju se. Njihove glavne mjere daju se u sastavnici uz broj standarda.
- Na montažnim crtežima daju se samo kote potrebne za sklapanje, postavljanje i priključivanje tj. ključne komponente tehničkog crtanja. Dimenzije se označavaju strelicama, a numeričke vrijednosti napisane su pored njih. Tolerancije se, također mogu dodati kako bi se odredila dopuštena odstupanja.



Slika 1.3.2.1. Primjeri pravilnog kotiranja

1.4.3. Tehnička i radna dokumentacija

Tehnička i radna dokumentacija čine ključni dio procesa projektiranja, proizvodnje i održavanja u raznim industrijama. Ova vrsta dokumentacije pruža detaljne informacije, smjernice i upute kako bi se osigurala jasnost, preciznost i učinkovitost u svim fazama projekta.

Ključni aspekti tehničke i radne dokumentacije su:

Tehnički crteži prikazuju precizne informacije o obliku, dimenzijama, tolerancijama i drugim karakteristikama dijelova ili proizvoda. Služe kao komunikacijsko sredstvo između dizajnera, inženjera i proizvodnih timova.

Tehnološki postupci detaljno opisuju korake i procese proizvodnje, uključujući materijale, alate, strojeve i parametre. Pružaju smjernice za postizanje željenih rezultata na učinkovit i siguran način.

Operacijski list (slika 1.3.3.1) je dokument koji definira redoslijed svih operacija i zahvata s obzirom na zahtjeve na crtežu, potrebne stezne, rezne i mjerne alate za pojedinu operaciju izrade, pripremno-završno, pomoćno i glavno vrijeme obrade.

Katalozi sadržavaju informacije o proizvodima, dijelovima ili uslugama koje firma nudi. Mogu uključivati tehničke specifikacije, slike, cijene i druge relevantne detalje.

Radni nalog (slika 1.3.3.2.) je osnovni dokument vezan za konkretne, precizno određene aktivnosti, konkretnog izvršitelja, opis poslova i obim troškova proizvodnje. Troškovi naloga proizilaze iz predviđenog zadatka, a prikazanog u vidu elementa izrade ili usluga.

Planovi za rad sadržavaju strategije i smjernice za provođenje određenog projekta, procesa ili zadatka. Mogu uključivati raspored rada, alokaciju resursa, financijske procjene i druge važne informacije.

Struktura tehničkih uputa definira organizaciju i sadržaj tehničkih uputa za proizvode ili sustave. Uključuje informacije o pripremi prostora, sigurnosti, alatima i materijalima, označavanju pozicija, instalacijama, upotrebi, održavanju i uputama za korisnike.

OPERACIJSKI LIST		Oznaka dijela:		Sklop:		Proizvodnja:		Poduzeće:	
Red. br. Operacija	Naziv operacije	Stezni i pomoćni alat		Rezni alat		Mjerni alat		Vrijeme u satima po komadu	
		Naziv	Oznaka	Naziv	Oznaka	Naziv	Oznaka	Priprema	Obrada
						List broj:		Listova:	

Slika 1.3.3.1 – Primjer Operacijskog list

Montažni crteži prikazuju korake i postupke za montažu proizvoda ili konstrukcije. Sadržavaju detalje o rasporedu dijelova, alatima potrebnim za montažu i druge relevantne informacije. Ova dokumentacija igra ključnu ulogu u osiguravanju kvaliteta, učinkovitosti i sigurnosti u svim aspektima tehničkih i proizvodnih procesa.

Izveštaji o ispitivanju dokumentiraju rezultate testiranja proizvoda ili sustava. Pružaju informacije o usklađenosti s normama i specifikacijama. Ova dokumentacija igra ključnu ulogu u osiguravanju kvalitete, preciznosti i sigurnosti u različitim industrijskim sektorima. Različite vrste dokumenata koriste se ovisno o vrsti industrije, procesima i proizvodima ili uslugama koji se proizvode.

IME FABRIKE:		RADNI NALOG		Broj:		List:			
Pogon: NARUČ ITELJ:				Listova:				Vrijeme u satima po komadu	
					Oznaka	Naziv	Oznaka	Priprema	Obrada
Mjesto :	Ulica i broj:								
Naziv proizvo da:									
Naziv stroja:	Tip stroja:	Broj stroja:							
Izvršite lj:	Rok:	Planirano vrijeme (h):	Planiran i zastoj (h):						
Kom:	NAZIV DOKU MENTA CIJE	Broj dokumen ta	Iznos sati	Vrijed nost materi jala					
			strojna	ručna					
						List broj:		Listova:	

Slika 1.3.3.2 – Primjer Radnog naloga

Preporučena pitanja i zadaci za domaći rad:

Uradite onlajn istraživanje i prikupite informacije o vrstama linija, njihovoj primjeni i dimenzioniranju.

Napravite analizu prikupljenih informacija i podataka, a zatim izradite plakat primjenom linija i dimenzioniranja. Plakat predstavite pred ostalim učenicima.

1.5. Zaštita životne okoline i sigurnost na radu

Ključne riječi: *Osobne zaštitne mjere na radu, protupožarni aparati*

Zaštitne mjere i sigurnosne prakse su značajne za zaštitu zdravlja i sigurnost radnika u sektoru bravarstva. Važno je da se kompanije usklade sa zakonodavstvom i pravilima zemlje u pogledu sigurnosti na radu. Garantiranje sigurnosti je od suštinskog značaja, jer pomaže u sprječavanju incidenata i povreda na radnom mjestu vodeći boljoj produktivnosti. U cilju garantiranja sigurnosti na radu potrebno je pružiti sigurno radno okruženje i osigurati potrebnu zaštitnu opremu.

1.5.1 Sredstva za osobnu zaštitu na radu

Sigurnost na radu je opći skup neophodnih mjera za sprječavanje povreda na radu, profesionalnih oboljenja i gubitka odnosno smanjenja sposobnosti radnika za izvršenje određenih radnih zadataka.

Zaštita nogu – zaštitne cipele

Zaštita nogu vrši se korištenjem zaštitnih cipela koje trebaju garantirati dobru zaštitu od električnih udara, različitih probijanja, vlage i kemikalija. Poželjno je da imaju amortizaciju (da budu meke) kao i da ne budu klizave.



Slika 1.4.1.1. Vrste zaštitnih cipela

Radna uniforma

Uniforma treba biti odgovarajuća za radno mjesto, izrađena od odgovarajućih materijala i u skladu s higijenom, otporna na temperature i različite radne uvjete, lagana i komotna, kao i da ne ometa kretanje. Tijekom rada na strojevima, radna uniforma treba biti pripijeniya u zoni ruku i omogućiti i uže krojeve, "uz tijelo".



Slika 1.4.1.2. Vrste radnih uniformi

Zaštita lica i očiju

Tijekom različitih radnih procesa, poput sječenja brusilicama ili bušenja, neophodno je koristiti nezatamnjene naočare, dok se za druge radne procese, poput pinskog sječenja i zavarivanja, koriste naočari različitih razina zatamnjenja. Zaštita za lice štiti od kemikalija, plinova, boja, zračenja itd.



Slika 1.4.1.3. Naočare i zaštita za lice

Sredstva za zaštitu sluha

Buka i vibracije dolaze kao rezultat rada različitih strojeva kao što su strojevi za sječenje metala, strugovi, freze, brusilice itd. Smanjenje buke ima veliki značaj i ostvaruje se upotrebom novijih strojeva koje proizvode manje buke i vibracija. Vanjska buka u radnom prostoru eliminira se izoliranjem radnog lokaliteta, dok se unutarnja eliminacija buke vrši upotrebom zaštitnih sredstava. Kao lična sredstva za zaštitu od buke koriste se štitnici za uši (tamponi) različitih oblika. Odabir vrste zaštite sluha vrši se u odnosu na razinu buke. Upotreba tampona je dozvoljena od 85 – 100 dB (A) za visoke frekvencije, od 85-95 dB (A) za niske frekvencije, gdje tamponi umanjuju razinu buke za 20-25 dB (A). Upotreba štitnika za uši savjetuje se od 90dB (A) pa naviše. Štitnici za uši trebaju garantirati minimalni dozvoljeni prag sluha u cilju komunikacije.



Slika 1.4.1.4. Vrste i oblici štitnika za uši

Zaštita ruku

Tijekom određenih radnih procesa obavezna je upotreba zaštitnih rukavica. Rukavice tijekom rada s metalima štite ruke od opekotina, zračenja kao i kontakta s električnom strujom.

Rukavice za zavarivanje trebaju ispuniti zahtjeve prema određenim standardima za svaki proces zavarivanja. Rukavice se mogu koristiti i tijekom uobičajenih poslova u kojima njihova upotreba ne predstavlja opasnost. Dakle, rukavice se ne upotrebljavaju uvijek tijekom određenih poslova. Na primjer, tijekom rada sa strojevima za sječenje metala (bušilice, sječači, strugovi, freze, glodalice itd.) zabranjena je upotreba rukavica.



Slika 1.4.1.5. Vrste rukavica za zavarivanje

Zaštita glave

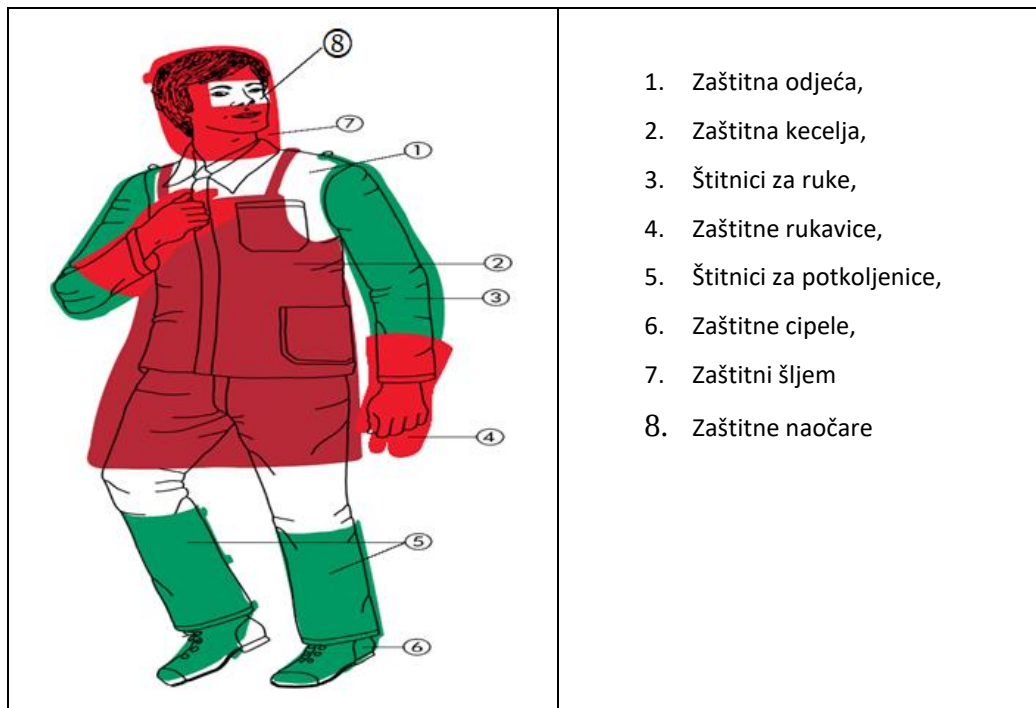
Sva lica koja se nalaze na gradilištu moraju nositi zaštitni šljem. Vrsta šljema zavisi od opasnosti koje prijete na radnom mjestu, kao što su: pad različitih predmeta odozgo, opasnost od udara, električnog udara, opekotina, zračenja, kao i opasnosti od kemikalija.



Slika 1.4.1.6. Vrste zaštitnih šljemova

T

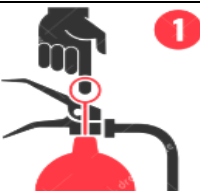
ablica: Odgovarajuća odjeća za varioca



1.5.2. Protupožarni aparati i njihova upotreba

Za bravare, poznavanje rada protupožarnih aparata i njihova upotreba u radnom okruženju je od velikog značaja za sigurnost i sprječavanje različitih opasnosti. Postavljanje protupožarnih aparata vrši se na strateškim mjestima, imajući u vidu moguću opasnost od požara u radnom okruženju bravara. Protupožarni aparati moraju se nalaziti na lako dostupnih mjestima, označeni jasnim oznakama, uključujući i korisničke upute za upotrebu. Protupožarni aparati su boce pune plina koji nije zapaljiv. Oni sadržavaju pjenu/prah ili CO₂ gas. U slučaju izbijanja požara, zaposleni moraju biti detaljno upućeni u upotrebu protupožarnih aparata i koristiti ih odgovorno i učinkovito u cilju sprječavanja širenja požara.

Tablica: Upotreba protupožarnih aparata

		
Redoslijed radnji	Opis radnji	Izgled radnji
1.	Povucite osigurač	
2.	Uperite mlaznicu prema vatri	
3.	Pritisnite polugu da povećate pritisak	
4.	Pomjerajte mlaznicu aparata po površini vatre neprekidno dok se ne istroši	

Preporučena pitanja i zadaci za domaći rad:

Zamislite scenarij gdje radnik treba odabrati određenu vrstu lične zaštitne opreme (LZO) za određenu radnu situaciju. Na primjer, radnik je izložen kemikalijama i mora izabrati određenu vrstu rukavica, masku za lice itd. Zatim objasnite zašto je izabrani LZO najprikladniji za situaciju.

2. Obrada materijala

Ključne riječi: *Ocrtavanje i obilježavanje, testerisanje, turpijanje, sječenje, savijanje, navoj, bušenje, bušilice, burgije, brušenje, brusilice, tocila*

Jedan od tipičnih operativnih poslova bravara je izrada dijelova metalnih konstrukcija. Tijekom ovog posla bravar obavlja pripremne operacije obrade ocrtavanje i obilježavanje i operacije strojarske obrade materijala kao što su sječenje, savijanje, bušenje, brušenje. Sječenje profila, cijevi, limova vrši se škarama, testerom, ali i plazmom i plinskim postupkom. Oblikovanje limova, šipki, cijevi i profila može biti u hladnom i toplom stanju ručno i strojem. Za bušenje materijala bravar koristi ručne, stolne i stubne bušilice. Obradu ivica i površina izrađenih dijelova metalnih konstrukcija bravar izvodi najčešće turpijanjem i brušenjem.

2.1. Ručna obrada materijala

Ručna obrada materijala obuhvaća različite procese u kojima se radnici koriste alatom i vještinama kako bi oblikovali, obrađivali ili manipulirali različite vrste materijala. Ovi procesi mogu se primjenjivati na metal, drvo, plastiku, tekstil, keramiku i druge materijale. Ručna obrada materijala zahtjeva vještine, preciznost i pažnju, a radnici se obično koriste svojim iskustvom i alatom kako bi postigli željene rezultate. Ovi procesi igraju ključnu ulogu u mnogim industrijama, uključujući proizvodnju, zanatstvo, umjetnost i mnoge druge oblasti.

Ručna stega

Ručna stega (slika 2.1.1.) je uređaj koji se koristi za pričvršćivanje ili fiksiranje predmeta tijekom različitih radnih operacija. Ove stega se koriste u raznim industrijama, radionicama, zanatskim radnjama i drugim prostorima gdje je potrebno stabilizirati radni komad. Ručne stega obično imaju mehanizam koji se može kontrolirati ručno, omogućavajući korisnicima prilagodbu stega prema potrebama njihovog projekta.



Slika 2.1.1. Ručna stega

2.1.1. O crtavanje i obilježavanje

O crtavanje predstavlja prenošenje mjera s crteža na radni predmet.

Obilježavanje predstavlja formiranje linija u vidu točaka ili samo točaka (obilježavanje mjesta rupe prije bušenja i sl.). Kako bi se izvršilo pravilno o crtavanje i obilježavanje, potrebno je znanje u čitanju crteža, vještina rukovanja mjernim instrumentima i priborom za o crtavanje. Pogreška u o crtavanju daje neupotrebljiv predmet. Kako bi se potpuno i pravilno izvršilo o crtavanje i obilježavanje, potrebno je obaviti pripremne radnje: *vizualni pregled materijala, čišćenje i odmašćivanje površina, obaranje oštarih ivica i bojenje.*

Oštre ivice se skidaju s pomoću turpije, a površine se čiste od rđe čeličnom četkom i suhom krpom.

O crtavanje i obilježavanje radnih predmeta prema crtežu se izvodi ručno uz upotrebu sljedećih alata i pribora: *igle za o crtavanje, ploče za o crtavanje i obilježavanje, držača s iglom, šestari, visinomjer, prizme, obilježivač ili točkaš.*

Tablica: Primjeri alata i pribora za o crtavanje i obilježavanje

Metar	
Ravnalo	
Kutomjer	
Igla za o crtavanje	
Šestar za o crtavanje	
Alat za obilježavanje (točkaši)	

Ploča za ocrtavanje služi da se na njoj postavi predmet za obilježavanje i držač s iglom. Izrađuje se od sivog livenog gvožđa. Gornja površina i površina sa strane trebaju biti ravne, dok donja površina ima jaka rebra koja sprječavaju deformaciju.

Šestari služe za prenošenje mjera s ravnala, za nanošenje jednakih podjeljaka, za ocrtavanje kružnica i kružnih lukova. Vrhovi krakova šestara su zašiljeni i zakaljeni. Razlikujemo: šestar za male prečnike, šestar za velike prečnike, obuhvatni šestar i šestar za unutarnje prečnike.

Točkašem obilježavamo mjesto gdje treba bušiti otvor ili s pomoću njega obilježavamo male točke po ocrtanim linijama. Prilikom obilježavanja, točkaš se stavi u kosi položaj, vrh se stavlja u odgovarajuću točku, točkaš se uspravi u vertikalni položaj i udarcem čekića se vrši obilježavanje.

2.1.2 Obrada odsijecanjem materijala

Pilanje (testerisanje) je postupak obrade rezanjem strugotine, koji se primjenjuje za odsijecanje, rasijecanje i usijecanje.

Obrada testerisanjem predstavlja jedan od najjednostavnijih načina obrade rezanjem. Proizvodni ciklusi bilo kojeg obratka u većini slučajeva počinje odsijecanjem.

Testerisanje (pilanje), je nekontinuirani postupak obrade višesječnim alatom. Ne postoji nikakva varijanta završne obrade. To je postupak čiji je cilj dijeljenje polufabrikata na pripreme. Tu nema kvaliteta obrađene površine, ali bez testerisanja metaloprerađiva se ne može ni zamisliti.

Testere za ručno testerisanje slika 2.1.2.1. se sastoje iz sljedećih dijelova: *leptiraste navrtke (1), podmetača (2), vođica (3), četvrtke sa zavrtnjem (4), osigurača (5), lista (6), nosača drške (7), drške (8) i rama (9).*

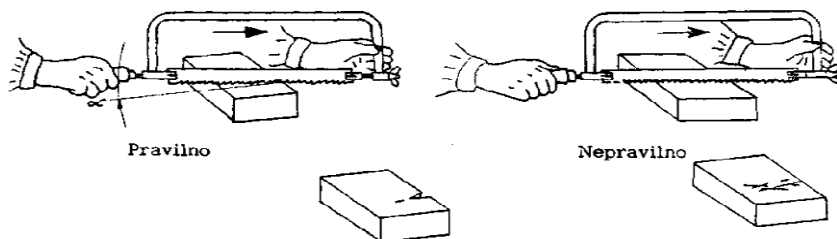


Slika 2.1.2.1. Ručna testera s ramom

List testere može biti nazubljen s jedne ili obje strane. Izrađeni su od legiranog čelika s 0,5 % do 2 % volframa ili od brzoreznog čelika. Ako je list pile izrađen od brzoreznog čelika, na jednom njegovom kraju postavlja se crveni premaz širine 35 mm.

Kod sječenja testerom (slika 2.1.2.2.) pritiskivanje testerom vrši se samo kod pokreta naprijed, dok prilikom pokretu nazad testeru treba voditi tako da zupci slobodno klize po površini materijala. Broj pokreta testerom kod sječenja tvrdih metala ne treba biti veći od 50 pokreta u minuti, a kod mekših materijala broj pokreta može biti i veći.

Testerom zasiječemo površinu na prednjoj ili zadnjoj ivici. Testera treba biti pod kutom, testeramo lagano i ravnomjerno. Naročito trebamo pripaziti da se ram testere ne klati lijevo-desno. Zarez možemo naturpijati tako da testera dobiva čvrsto vođenje, ivice reza su oštre, zupci se ne lome, omogućeno je sječenje po točno ocrtanoj liniji.



Slika 2.1.2.2. Način rezanja radnih predmeta

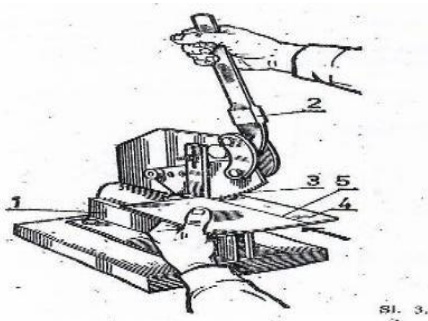
Škare za ručno sječenje lima mogu biti namijenjene za isijecanje i za sječenje lima. Princip rada škara za ručno sječenje lima se zasniva na radu sile ruku koja se prenosi preko ručica, kao kod dvokrake poluge. Škarama radnik silom ruku siječe materijal. Povećanjem kraka, tj. dužine ručica i sile mogu se sjeći materijali debljine do 8 mm. Sječenje je olakšano, ako su drške duže, a materijal im, u čeljustima bliže. Kut sječenja mora biti manji od 10° da se materijal ne bi izbacivao iz čeljusti.

Primjeri ručnih škara za sječenje lima dati su na (slika 2.1.2.3.).



Slika 2.1.2.3. Ručne škare za sječenje

Stone ručne škare s polugom (slika 2.1.2.4.) koriste se za sječenje limova debljine od 2 do 6 mm. Na donji nož (1) se postavi ocrtani materijal (5) i drži jednom rukom, dok se drugom rukom, djelovanjem sile preko ručica (2) i noža (3), siječe materijal. Otpadni materijal (4), pada na stranu.



Slika 2.1.2.4. Stone ručne škare

2.1.3 Ručna obrada skidanjem strugotine – turpijanje

Turpijanje je postupak obrade materijala skidanjem strugotine alatom koji se naziva turpija. Turpija (slika 2.1.3.1.) se sastoji se od: 1.tijela turpije, 2. peta turpije, 3. ugradni dio, 4. drška



Slika 2.1.3.1. Turpija

Za pravilno turpijanje potrebno je izvršiti pravilno stezanje materijala i pravilno držanje tijela i turpije. Dijelovi se stežu u sredini čeljusti radne stega, a nikako na kraju čeljusti, jer se stega tada jednostrano opterećuje, pa se brže kvari.

Treba stati kraj radnog stola i stopala postaviti u položaj kao što pokazuje (slika 2.1.3.2.). Stopalo lijeve noge treba malo odmaći od radnog stola, približno za onoliko koliko je njegova dužina. Tijelo se malo nagne naprijed, lijevo koljeno je nešto savijeno, a desno ispruženo. Pri turpijanju pokreti se vrše rukama, a ne tijelom. Desnu ruku treba povući što više unazad i šakom uhvatiti za dršku tako da palac leži paralelno s osom turpije. Lijevom rukom se uhvati vrh turpije, tako da je dlan s njene gornje, a prsti s donje strane. Pri turpijanju lijeva ruka održava turpiju u ravnoteži, a desna je pomiče naprijed.



Slika 2.1.3.2. Postupak turpijanja

Dugi dijelovi se prilikom turpijanja stežu na jednom kraju pa se obrađuju, a zatim se dio pomiče uzduž i nastavlja turpijanje. Dijelovi se ne turpijaju na slobodnom kraju, jer bi se zbog vibracija dobila neravna površina.

Kod čeonog turpijanja dijelove treba stegnuti nakratko, da ne bi došlo do pojave vibracija. Na početku se turpijanje oblikih površina vrši poprečno, dok se završno turpijanje vrši uzdužno.

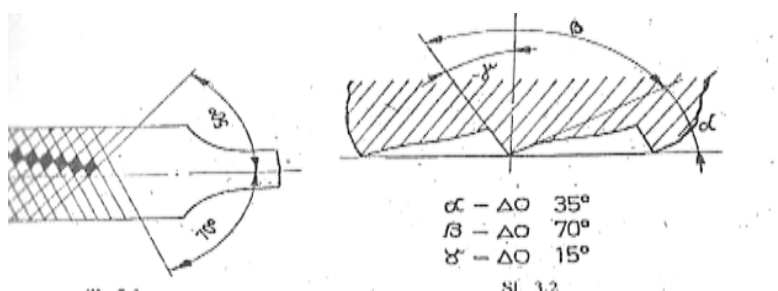
Za turpijanje dijelova kružnog poprečnog presjeka upotrebljava se ručna stega i drvena ili čelična prizma. Smjer okretanja dijela je suprotan smjeru turpijanja. Turpijanje dijelova bez prizme je nepravilno, jer se oštećuju čeljusti stega, a dio se neravnomjerno okreće.

Fino turpijanje površina se vrši u pravcu dužine dijela, a poslije ovog turpijanje površine se mogu glačati tako što se turpija postavlja poprečno na dužinu predmeta.

Turpije se izrađuju od *ugljeničnog ili legiranog alatnog čelika* prema konstrukciji, turpije su namijenjene za obradu metalnih i nemetalnih materijala (rašpe).

Za pravilno turpijanje najvažnije je pravilno držanje tijela i turpije.

Tijelo turpije je dio na kojem su izrađeni zupci, što predstavlja njenu nazivnu dužinu. Ugradni dio je bez nasjeka (zubaca), a služi za ugrađivanje ručne turpije u dršku. **Nasjek turpije** (slika 2.1.3.3.) je nazubljena površina, nasječena paralelnim, lučnim ili pravim zupcima. Nasjek može biti jednostruki i unakrsni. Jednostruki je izrađen nasjecanjem zubaca u jednom smjeru, a unakrsni ima dva jednostruka nasjeka, koji se nalaze jedan ispod drugog i izrađeni su u dva smjera pod kutom. Pri unakrsnom nasjeku, gornji je nasječen pod kutom od 70° , a donji pod kutom od 50° .



Slika 2. 1.3.3. Kutovi nasjeka turpije

Finoća nasjeka se izražava brojem zubaca gornjeg nasjeka na 1 cm dužine tijela turpije. Turpije s jednostrukim nasjekom se koriste za obradu aluminija, olova, cinka i drugih mekih materijala i njihovih legura, a turpije s unakrsnim nasjekom za obradu čelika, livenog gvožđa i drugih tvrdih metala i njihovih legura rašpa nasjek – za drvo, kožu, vještačke mase.

Turpije se mogu podijeliti prema: namjeni, vrsti obrade, finoći nasjeka, obliku poprečnog presjeka i prema načinu izrade.

Prema namjeni turpije mogu biti za:

- obradu metala i tvrdih materijala
- obradu drveta, kože, mekih metala

Prema vrsti obrade:

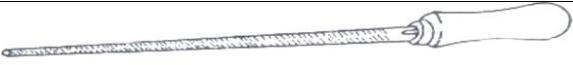
- turpije za grubo turpijanje
- turpije za fino (precizno) turpijanje

Prema **finoći** nasjeka turpije su podijeljene u šest klasa:

- vrlo gruba (0),
- gruba (1),
- polugruba (2),
- polufina (3),
- fina (4),
- vrlo fina (5)

Prema obliku poprečnog presjeka (tablica) mogu biti:

Tablica 2.2. Vrste turpija prema obliku poprečnog presjeka

Plosnata turpija		
Kvadratna turpija		
Trouglasta turpija		
Okrugla turpija		
Poluokrugla turpija		
Ovalna turpija		
Kupasta turpija		
Nožasta turpija		
Sabljasta turpija		
Srčasta turpija		

2.1.4 Obrada materijala savijanjem

Savijanje spada u grupu postupaka tehnologije plastičnog deformiranja (bez skidanja strugotine). Obrada savijanjem se može vršiti s materijalom u hladnom i toplom stanju. Polazni materijal (polufabrikat) je najčešće lim u vidu trake ili table, ali to može biti žica, profil i cijev. Savijanje se može vršiti ručno i strojem. Osnovni postupci savijanja su: savijanje pomoću alata na univerzalnim presama, profilno savijanje, kružno savijanje, savijanje cijevi i savijanje dijelova manjih dimenzija (od trake i žice) na specijalnim strojevima. Ručno savijanje se obavlja u slučaju kada nije potrebna veća sila koja izaziva deformiranje materijala.

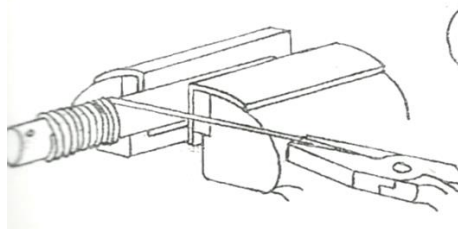
Oblikovanje savijanjem je davanje oblika materijalu, gdje se plastičnim deformiranjem, iznad granične elastičnosti, dobiva trajna promjena oblika. Pri tome je neophodno da moment savijanja dovoljno traje kako bi se mogao savladati otpor koji se javlja pri dobivanju trajne deformacije. Otpor savijanja, koji u tom slučaju nastaje, zavisi od vrste i dimenzija materijala.

Hladno savijanje primjenjuje se samo kod mekših materijala i materijala manje debljine, dok se deblji materijali savijaju u zagrijanom stanju. Zagrijavanjem materijala na mjestu savijanja smanjuje se unutarnje naprezanje i savijanje se može izvršiti pri znatno manjim momentima savijanja. Savijanje i ispravljanje materijala se može vršiti ručno i strojem.

Materijal u obliku **lima, žice i cijevi**, koji se upotrebljavaju u strojarstvu, predstavljaju poluproizvode koji se na odgovarajući način oblikuju u gotove proizvode. Oblikovanje lima, žice predstavlja trajnu promjenu oblika koja se ostvaruje ručno ili strojnim ispravljanjem, savijanjem, presovanjem i drugim postupcima. Pri savijanju lima i žice potrebno je odrediti dužinu koja će biti dovoljna da se dobije željeni oblik i veličina savijenog materijala.

Savijanje žice čiji je prečnik presjeka do 3 mm, vrši se ručno okruglim kliještima.

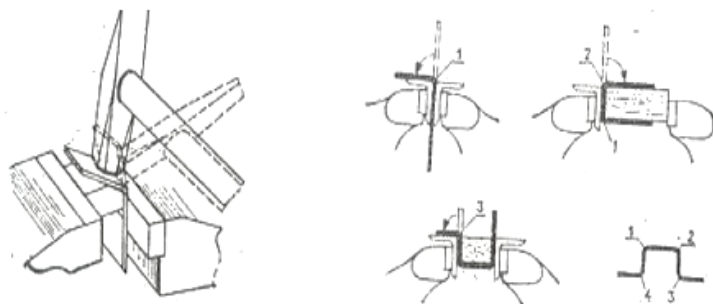
Metoda ispravljanje žice, zavisi od prečnika žice i zavisi je li glatka ili rebrasta žica. Ispravljanje žice se vrši za prečnike od $\varnothing 2$ do $\varnothing 16$ mm. Ispravljanje žice se može vršiti ručno (slika 2.1.4.1.) i na stroju. Ispravljanje žice na stroju se vrši tako što se žica provlači između valjaka, a zatim se reže na odgovarajuću dužinu.



Slika 2.1.4.1. Ručno ispravljanje žice

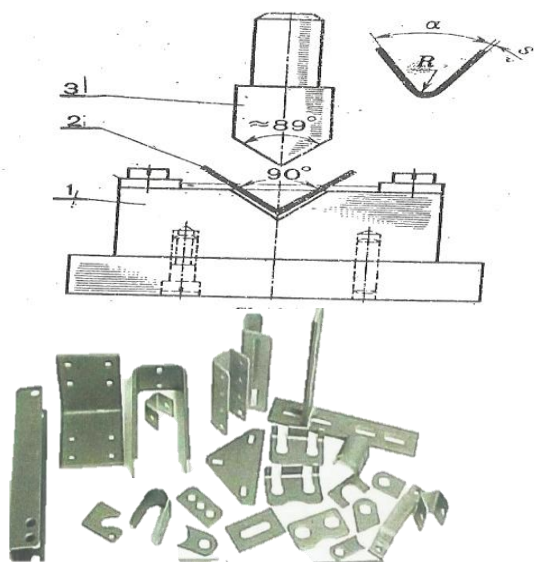
Savijanje lima je proces oblikovanja limenih ploča ili limenih traka savijanjem duž linija savijanja. To se može postići različitim metodama i alatima, ovisno o debljini lima, vrsti savijanja i željenom rezultatu. Savijanje može biti slobodno, kutno i kružno.

Slobodno kutno savijanje lima (slika 2.1.4.1.) se vrši tako što se na limu ocrta površina koja se obrađuje, a zatim postavi u bravarski škrip (stegu) i udarcima čekića se vrši savijanje. Pri tome je potrebno lim staviti u uloške kako bi se spriječilo oštećenje čeljusti stege. Kutno savijanje se može vršiti i s pomoću odgovarajućih šablona.



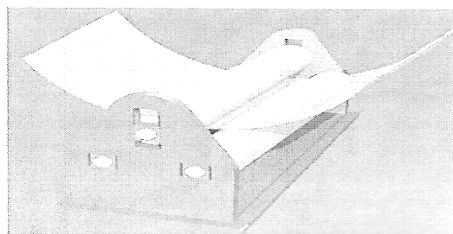
Slika 2.1.4.2. Ručno kutno savijanje lima

Kutno savijanje lima pomoću alata (slika 2.1.4.3.) vrši se tako što se u osnovnoj ploči izrađuje odgovarajući kutni žlijeb (1) u koji se postavi materijal (lim) (2) i izvrši se pritisak preko alata (3). U zavisnosti od oblika žlijeba i alata dobivaju se razni oblici savijenog lima dati na (slici 2.1.4.4.)



Slika 2.1.4.3. Ručno kutno savijanje lima pomoću alata Slika 2.1.4.4. Proizvodi izrađeni kutnim savijanjem lima

Kružno savijanje, prikazano na (slici 2.1.4.5.) je postupak kojim se savijaju limovi, trake, šipke, profili, cijevi u proizvode cilindričnog oblika kao što su: kazan bojlera, željezničke ili putne cisterne, obujmice i dr. Kružno savijanje je postupak koji se provodi u više faza kako bi se dobio cilindrični proizvod. Veliki komadi limova savijaju se na strojevima s pomoću valjaka. Pokretanjem valjaka može se podešavati radijus zaobljenosti. Dva valjka se podese na debljinu lima i služe kao valjci za dovođenje, dok se treći (pogonski) valjak spusti za određenu dubinu i dolazi do progiba lima (savijanje). Zatim se postupak ponovi do potrebnog radijusa savijanja. Razlikuje se dva vida: savijanje s malim i savijanje s velikim poluprečnikom krivine.



Slika 2.1.4.5. Kružno savijanje lima

U limarstvu se oštro savijanje vrši na posebnim strojevima za savijanje (prese).

Savijanje cijevi drugih oblika kružnog presjeka i šupljih profila, zahtijevaju primjenu posebnih alata i strojeva kako bi se spriječila ili u dovoljnoj mjeri kompenzirala pojava nekontroliranog deformiranja u savijenoj zoni.

Defekti se odnose na dobivanje spljoštenog profila, pojavu nabora u zoni unutarnjeg radijusa, lom u vanjskoj zoni itd. Uspješno savijena cijev podrazumijeva savijanje u jednoj ili više savijenih zona s očuvanim dimenzijama otvora i stanjenjem zida komada ispod kritičnog iznosa. Sklonost ka pojavi defekata je veća kod tankozidnih cijevi. Ako je debljina zida cijevi dovoljno velika nije potrebno poduzimati bilo kakve mjere, cijev se savija kao puni profil.

Najstariji način (i danas se koristi u pojedinačnoj proizvodnji) za sprječavanje defekata pri savijanju cijevi, se sastoji u punjenju šupljine cijevi deformabilnom materijom i zatvaranju krajeva. Materija treba biti takvih osobina da može bez većih problema pouzdano ostati u cijevi tijekom oblikovanja, kao i da se zatim lako izbaciti van. Pokazalo se da je pijesak najpogodniji, ali se koristi guma i slični sintetički materijali.

Cijevi se prije savijanja pune sitnim fino prosijanim pijeskom, kucanjem, npr. drškom čekića pijesak se zbije. Krajevi cijevi se zatvore drvenim čepovima, a pijesak mora biti suh, jer se inače prilikom zagrijavanja cijevi stvori vodena para, koja može izbaciti čepove. Savijanje se može vršiti i s pomoću alata s profiliranim koturovima.

Cijevi se mogu savijati na hladno i na toplo.

Hladno savijanje primjenjuje se samo kod mekših materijala i materijala manje debljine, dok se deblji materijali savijaju u zagrijanom stanju. Zagrijavanjem materijala na mjestu savijanja smanjuje se unutarnje naprezanje i savijanje se može izvršiti pri znatno manjim momentima savijanja. Savijanje se može vršiti ručno i strojem. Savijanje se može vršiti i s pomoću alata s profiliranim koturovima.

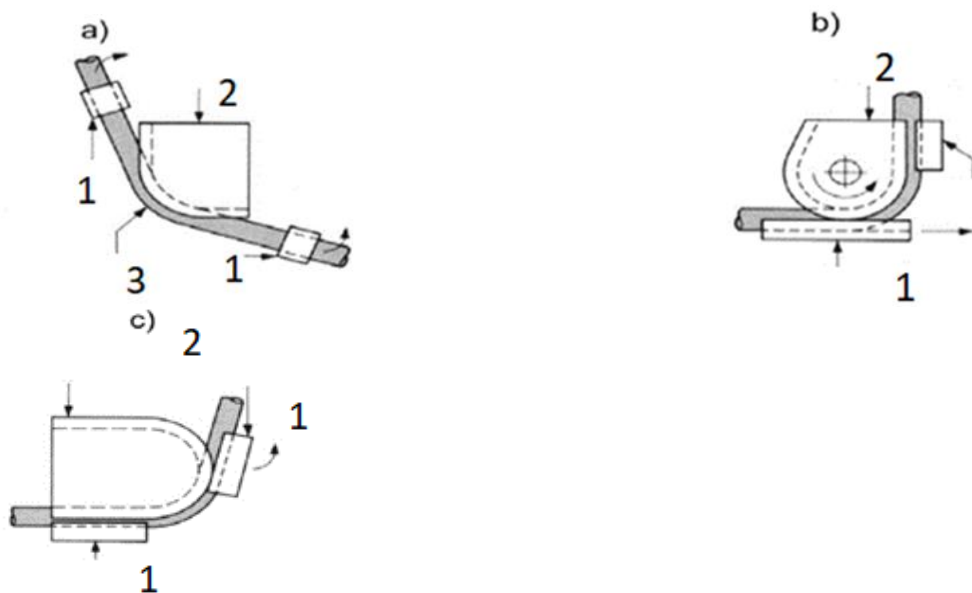
Prilikom većih serija cijevi se ispunjavaju fleksibilnim jezgrama ili šipkom sa zaobljenim krajem (radijus odgovara radijusu savijanja). Po završenom savijanju jezgro se izvlači.

Na (slici 2.1.4.6.) prikazana su tri najčešće korištena principa kod savijanja cijevi.

a) savijanje oko nepokretnog profiliranog bloka (alata) (2) pri čemu se preko držača (1) djeluje na oba kraja cijevi(3). Postupak se rjeđe primjenjuje.

b) rotacijsko savijanje cijevi koje ima najširu primjenu. Centralnu poziciju ima rotirajući profilirani blok (2) koji je vezan za pogonski sustav stroja (najčešće hidraulični) i koji ostvaruje aktivni moment savijanja. Donji držač cijevi je nepokretan, a gornji rotira zajedno s centralnim blokom. Oblikovanje je jako učinkovito, a proces je pogodan za računalno upravljanje.

c) sličan princip prethodnom, ali je centralni blok nepokretan. Savijanje izvodi gornji držač.



Slika2.1.4.6. Primjeri savijanja cijevi

Kod *rotacijskog savijanja* cijevi, cijev se uklješti između profila po kojem se savija i stezaljke (graničnika). Rotacija klizača alata i profila koji daje kut savijanja odvija se oko ose profila. Potisni držač služi za sprječavanje deformacija koje nastaju zbog radijalnog naprezanja tijekom savijanja i održava jednaki oblik cijevi u zavoju i visoku kvalitetu obrade. Kod cijevi koje ne mogu zadržati oblik ili kod tankostjenih cijevi, jer dolazi do prevelikih deformacija oblika presjeka koriste se trnovi za održavanje unutarnjeg presjeka prikazan i u tablici 2.3.

Tablica 2.3. Trnovi za održavanje unutarnjeg presjeka

Šipka	S kuglama	Slojevita	Od kablova

2.1.5 Izrada navoja

Vijci su strojarski elementi kod kojih je na stablu valjkastog oblika narezan navoj koji naliježe u odgovarajuće navoje urezane u otvor navrtke ili strojarski dio. Dva strojarska dijela koja su spregnuta posredstvom navoja čine navojni spoj. Navojnim spojevima se ostvaruju razdvojive veze. Navoj nastaje urezivanjem odgovarajućeg profila na zavojnu liniju. U zavisnosti od mjesta gdje se nalazi razlikujemo vanjski (navoj vijka) i unutarnji odnosno (navoj navrtke). Zavisno od smjera zavrtnja navoji mogu biti desni i lijevi.

Navoj se izrađuje ručno, rezanjem i strojem, na strugu, bušilici i glodalici.

Prema obliku poprečnog presjeka navoj može biti oštri (trouglasti) i tupi (pljosnati-trapezni, testerasti, obli). Kod trouglastih navoja veći je otpor trenja nego kod pljosnatih navoja s istim aksijalnim opterećenjem. Od trouglastih navoja najviše se upotrebljava metrički navoj (kut profila je 60°). Vitvortov navoj ima kut profila 55° .

Ručno rezanje navoja s ureznicima se vrši tako što se ureznici slika 2.1.5.1. (u garnituri od po tri komada, od kojih je svaki označen s jednom, dvije ili tri crte) učvršćuju u okretač, postavljajući se s vrhom u otvor i vrši okretanje desno-lijevo i tako skida strugotina. Pravilno urezivanje navoja potrebno je vršiti s tri prolaza, redoslijedom koji je naznačen na držaču ureznika. Posljednji ureznik (označen s 3 crte) daje konačan profil navoja. Strojnim ureznicima izrađuju se navoji jednim prolazom.

Ručno narezivanje navoja vrši se tako što se nareznik učvrsti u okretač, postavi na vrh stabla vijka i vrši se okretanje desno-lijevo. Princip izrade vanjskog navoja je isti kao i unutarnjeg, s tim što se izvodi jednom nareznicom. Ivce dijela treba oboriti turpijom pod kutom od 45° .

Prilikom urezivanja i narezivanja navoja potrebno je vršiti podmazivanje. Za pravilno urezivanje navoja potrebno je izbušiti otvor odgovarajućeg prečnika, a pri izradi vanjskog navoja, odnosno navoja vijka, prečnik stabla na kojem se narezuje odgovara nazivnom prečniku vijka. Poslije bušenja, a prije urezivanja navoja, potrebno je otvor zabušiti pod kutom od 120° kako bi ureznik mogao pravilno započeti urezivanje.



Slika 2.1.5.1. Primjer kompleta ureznica i nareznica

Navoji na cijevima se narezuju glavama za rezanje ili nareznicima (ručni i električni).

Preporučena pitanja i zadaci za domaći rad:

- Posjetiti radionice za ručnu obradu materijala i uradite istraživanje o temi postupaka ručne obrade dijeleći odjeljenje u više grupa.
- Napravite analizu prikupljenih informacija i podataka, a zatim izradite plakate na kojima će se prikazati postupci ručne obrade. Plakate predstavite ostalim učenicima.

2.2. Obrada bušenjem i brušenjem

Bušenje i brušenje su vrste strojarskih obrada. Zajednička karakteristika im je da spadaju u grupu obrada rezanjem s odvajanjem strugotine. Bušenje je postupak koji se najčešće koristi za izradu rupa i otvora, dok je brušenje postupak završne fine obrade radnih površina.

2.2.1. Obrada bušenjem

Bušenje je obrada materijala koja se često koristi u bravarskim radovima. Bušenje je postupak obrade rezanjem i koristi se za izradu i obradu rupa i otvora. Strojevi za bušenje su **bušilice**, a najčešće korišteni alat u ovoj obradi su **burgije**. Osnovne operacije obrade na bušilici su: zabušivanje, bušenje, proširivanje, upuštanje i razvrtanje. Pored ovih osnovnih operacija na bušilicama je moguće izvesti i druge operacije, kao što su npr. urezivanje i narezivanje navoja. Tijekom postupka obrade bušenjem oba kretanja, i glavno i pomoćno, izvodi alat, pri čemu je obradak nepomičan. Glavno kretanje je obrtno, a pomoćno kretanje pravolinijsko.

Da bi se na bušilicama izveo proces rezanja, neophodno je osigurati odgovarajuća kretanja alata. Sustav koji osigurava ova kretanja, naziva se kinematski sustav mašine alatke. S pomoću ovog sustava moguće je regulirati brzine glavnog i pomoćnog kretanja. Osnovni dijelovi kinematskog sustava su: elektromotori, spojnice i kočnice, prenosnici za glavno i pomoćno kretanje, mjenjači brzina i smjerova kretanja. Kod bušilica su najčešće zastupljeni mehanički prenosnici kao što su navojni prenosnici, kaišni (remeni) prenosnici i zupčasti prenosnici. Prema položaju glavnog vretena bušilice se dijele na horizontalne i vertikalne, a prema broju glavnih vretena na jednovretene i viševretene.

Najčešći tipovi bušilica koje se mogu sresti u bravarskim radionicama su **ručna bušilica**, **stolna i stubna bušilica**.

Korištenjem **ručnih bušilica** moguće je izvršiti obradu bušenjem na skoro svakom mjestu i u različitim položajima predmeta koji se buši. Kao pogon ručne bušilice najčešće koriste elektromotor struje napona 220 V ili bateriju/akumulator različitog napona od 12 V, odnosno 24 V. U prostorima gdje ne smije doći do varničenja, koja se pojavljuju kod električnih bušilica, praktičnije je koristiti pneumatske bušilice. Ove bušilice rade pomoću komprimiranog zraka iz kompresora. Pneumatske bušilice se primjenjuju u velikim industrijskim pogonima i na gradilištima gdje postoje uređaji za komprimiranog zraka. Akumulatorske bušilice su samostalne, ali njihovo ograničenje u radu predstavlja kapacitet baterije. Prilikom korištenja ručnih električnih bušilica (Slika 2.2.1.1.) potrebno je u blizini imati priključak na električnu energiju. Ručne električne bušilice se koriste za bušenje rupa i otvora prečnika do 15 mm.



Slika 2.2.1.1. Ručna električna bušilica

Izvor: https://png.pngtree.com/png-vector/20220516/ourmid/pngtree-hardware-tools-electric-drill-hand-held-electric-drill-wall-tools-png-image_4621581.png

Osovina elektromotora bušilice je zupčanicima vezana za radno vreteno. Kretanje burgije se osigurava pritiskom ručice. Broj obrtaja ručne električne bušilice kreće se od 150 do 3 500 ob/min. Prilikom rada s ručnim električnim bušilicama potrebno je voditi računa o ispravnosti instalacija i kablova, kao i podlozi na kojoj se izvodi bušenje.

Glavna karakteristika **stolnih bušilica** je da nemaju svoj stol, već se pričvršćuju na bravarski stol (slika 2.2.1.2.).



Slika 2.2.1.2 Stolna bušilica

Izvor: <https://www.bernardo.at/en/dmt-20.html>

Po pravilu stolne bušilice se koriste za manje predmete i manje otvore. Zbog malog prečnika stolne bušilice moraju raspolagati velikim brojevima obrtaja radi postizanja potrebne brzine rezanja. Prenosni mehanizam kod ovih bušilica sastavljen je, između ostalog, i od remena i remenica pomoću kojih se omogućava promjena broja obrtaja radnog vretena bušilice.

Stubna bušilica je stroj za bušenje rupa i otvora, upuštanje, razvrtanje, rezanje navoja. S pomoću ove bušilice je moguće bušiti rupe prečnika i do 36 mm. Stubna bušilica se sastoji od postolja na kojem je pričvršćen noseći stub. Na vrhu stuba je postavljena glava bušilice sa svim elementima potrebnim za ostvarivanje bušenja: elektromotor, kućište u koje je smješten stepenasti kaišni prenosnik, ručica s pomoću koje se ostvaruje pomoćno pravolinijsko kretanje i radno vreteno. Za stub je vezan radni sto koji može da se zaokreće oko svoje ose i stuba. Vertikalno pomjeranje stola vrši se s pomoću zupčaste letve i ručice. Elektromotor posredstvom stepenastog kaišnog prenosnika, osigurava glavno kretanje radnog vretena. Promjenom stupnja prenosa vrši se promjena broja obrtaja radnog vretena, a samim tim i brzina rezanja. Pomoćno pravolinijsko kretanje ostvaruje se ručno, uz pomoć zupčanika i zupčaste letve. Stubne bušilice imaju mogućnost velikog broja promjena obrtaja radnog vretena i posjeduju opremu potrebnu za hlađenje i podmazivanje tijekom rada.

U procesu izrade i obrade rupa i otvora na stubnoj bušilici koriste se sljedeći alati: spiralne ili zavojne burgije, zabušivači, upuštači i razvrtači.

Spiralne ili zavojne burgije (slika 2.2.1.3) imaju široku primjenu i najčešće se koriste za bušenje rupa i otvora u slučajevima kada se ne postavljaju strogi zahtjevi u pogledu točnosti dimenzije, oblika i kvalitete obrade. Sastoje se iz tijela na kojem se nalaze dva spiralna žlijeba za izbacivanje strugotine, vrha koji predstavlja rezni dio, vrata koji predstavlja prelaz između tijela i drške. Prema obliku drške razlikujemo: spiralne burgije s cilindričnom (slika 2.2.1.3) i spiralne burgije s konusnom drškom (slika 2.2.1.4).



Slika 2.2.1.3. Spiralna burgija s cilindričnom drškom konusnom drškom

Slika 2.2.1.4. Spiralna burgija s

Zabušivači su specijalne burgije koje služe za obilježavanje mjesta za bušenje i za izradu središnjih gnijezda za pridržavanje dijelova pri obradi struganjem i brušenjem.

Upuštači se koriste za proširivanje rupa do određene dubine, za obaranje ivica rupa ili otvora, za proširivanje prethodno izbušenih otvora ili proširivanje otvora dobivenih livenjem i sl. S pomoću upuštača se postiže veća točnost mjera i oblika, nego pomoću spiralnih burgija. Obično se izrađuju od ugljeničnog, legiranog ili brzoreznog alatnog čelika. U posljednje vrijeme sve više se koriste upuštači s reznim nožem od pločica od tvrdog metala.

Razvrtači su alati s pomoću kojih se dobivaju rupe i otvori velike točnosti i pravilnog oblika. Mogu biti izrađeni iz jednog ili više dijelova, s nepromjenljivim ili s promjenljivim prečnikom. Obično se izrađuju od alatnog i brzoreznog čelika. Drška razvrtača može biti cilindrična ili konusna. Razvrtanje je tehnološka operacija obrade koja spada u kategoriju završnih obrada.

2.2.2. Obrada brušenjem

Brušenje predstavlja postupak završne obrade kojim se postiže velika točnost i kvaliteta obrađene površine. Strojevi za obradu metala brušenjem se nazivaju **brusilice**, a kao alat pri brušenju se koriste **brusne ploče – tocila**. Postupak brušenja se najčešće koristi pri obradi zavarenih spojeva kao i poslije prethodnih obrada rezanjem i termičke obrade. Brušenjem se vrši i obrada reznih alata, kao i njihovo oštrenje u procesu rada. Glavno kretanje u postupku brušenja je obrtno kretanje alata– tocila.

Osnovne operacije obrade na brusilici su: vanjsko kružno brušenje, koje može biti uzdužno i poprečno; unutarnje kružno brušenje; brušenje ravnih površina, koje može biti čeonu i obimno; brušenje bez šiljaka.

Brušenje može biti ručno ili strojno. Glavna karakteristika **ručnog brušenja** je što jednoličnije prelaženje brusnim sredstvom po površini obratka kako bi se dobila ujednačena površina. Osnovni alati za ručno brušenje su brusna ploča i papirna ili platnena traka na kojoj su nalijepljena zrnca. Trake mogu biti u obliku brusnog papira u rolni, brusnog papira u listovima, okruglog brusnog papira, brusnog papira u lamelnim pločama i sl. U postupku ručnog brušenja često se koriste ručni alati s pogonom – električnim, akumulatorskim ili pneumatskim (slika 2.2.2.1).



Slika 2.2.2.1. Ručna pneumatska brusilica za brušenje okruglim brusnim papirom

U bravarskoj praksi se najčešće koriste ručna električna brusilica i radionička brusilica.

Ručna električna brusilica kao pogon koristi elektromotor struje napona 220 V. Osovina elektromotora je spojena na ekscentar radne ploče brusilice radi omogućavanja brzog vibriranje radne ploče na kojoj je učvršćen brusni papir. Ručna električna brusilica s trakom ima dva valjka preko kojih je zategnuta brusna traka. Jedan valjak je pogonski (spojen je s elektromotorom), dok drugi služi za pravilno napinjanje i zatezanje trake. Rotacijske ručne brusilice mogu imati električni ili pneumatski pogon. Brusni papir se učvršćuje vijkom ili se nalijepi na rotacijsku ploču. Rotacijska ploča osim kružnog glavnog kretanja može imati i pravolinijsko kretanje (vibriranje). Pored jednostavnih brusnih papira i traka, za brušenje na ručnim brusilicama mogu se koristiti i različite lamelne brusne ploče. To su tocila sastavljena od niza brusnih papira ili brusnih tkanina i primjenjuju se kod finijih brušenja.

Radionička brusilica služi za brušenje radnih površina u manjim radionicama (slika 2.2.2.2). Ova brusilica se sastoji od postolja s osovinom na kojoj se nalazi elektromotor. Na rotoru elektromotora postavljeno je produženo vreteno koje nosi 2 brusne ploče. Brusne ploče su zaštićene maskom, a ispred brusne ploče se nalaze oslonci za postavljanje predmeta koji se brusi. Oslonci se mogu primicati i odmicati na potrebnu udaljenost od brusne ploče. Brusna ploča se postavlja na vreteno preko zaštitnog olovnog prstena, učvršćuje se između dvije priрубnice s pomoću vijka i navrtke. Između priрубnica i brusne ploče nalaze se gumeni prstenovi.



Slika 2.2.2.2. Stona brusilica

Kao alat u procesu obrade brušenjem, koriste se **brusne ploče – tocila**. Ovi alati pripadaju grupi višesječnih alata. Prave se od abrazivnih zrna koja su međusobno povezana odgovarajućim vezivnim sredstvom. Najčešće korišteni **materijali za abrazivna (brusna) zrna**

su: normalni korund (Al_2O_3), specijalni korund, silicij-karbid i dijamant. Tocila izrađena od normalnog korunda koriste se za brušenje nekaljenih čelika. Specijalni korund koristi se za brušenje alatnih legiranih čelika, navoja i zupčanika i za oštrenje alata. Alatima izrađenim od silicij – karbida bruse se obratci od legura obojenih i tvrdih metala. Dijamantska tocila služe za brušenje visokolegiranih čelika i tvrdih legura.

Krupnoća zrna tocila je mjerilo veličine abrazivnih zrna i ona ima veliki utjecaj na kvalitetu obrađene površine. Krupnoća se određuje prema broju rupica na situ na površini od jednog kvadratnog inča. Zrno ima onu finoću kod koje još propada kroz rupice na situ. Prema krupnoći brusna zrna se dijele na: vrlo gruba (8 – 16), gruba (do 36), srednja (do 70), fina (do 120), vrlo fina (do 240) i praškasta (do 600).

Tvrdoća tocila se odnosi na čvrstoću vezivnog sredstva, odnosno na njegovu sposobnost da zadrži abrazivna zrna u brusnoj ploči. Prema tvrdoći tocila se dijele na: vrlo meka (E, F, G), meka (H, I, J, K), srednja (L, M, N, O), tvrda (P, R, S) i vrlo tvrda (T, U, W, Z).

Strukturom tocila definira se odnos zapremine brusnog i vezivnog materijala prema zapremini pora (šupljina u tocilu). Prema strukturi tocila se dijele na: zatvorena (1, 2, 3), srednja (4, 5, 6), otvorena (7, 8, 9) i visokoporozna (10, 11, 12).

Vezivni materijal ima veliki utjecaj na kvalitetu tocila, jer ima zadatak da brusna zrna međusobno poveže u jednu cjelinu. Najčešće su u upotrebi keramička veziva (V).

Način označavanja tocila je: D x T x H, gdje je D – vanjski prečnik tocila, T – širina tocila i N – prečnik otvora tocila.

Preporučena pitanja i zadaci za domaći rad:

- Uradite onlajn istraživanje i prikupite fotografije ručne električne i pneumatske brusilice i radioničke brusilice. Ako možete posjetite bravarsku radionicu i fotografirajte strojeve koje se koriste za obradu brušenjem. Od prikupljenog materijala izradite poster/plakat i predstavite ostalim učenicima.

2.3. Osnovno održavanje bravarskih alata i opreme

Ključne riječi: održavanje, strojevi, alati, oprema

Održavanje strojeva, alata i opreme, odnosno sredstava za rad, predstavlja važan dio bravarske djelatnosti. Stalna kontrola nad svim sredstvima za rad, vršenje manjih popravki i preventivnih radnji ima cilj funkcionalno osposobljavanje i čuvanje proizvodne opreme, alata, strojeva i uređaja.

Tijekom vremena i prilikom upotrebe dolazi do starenja materijala i sredstava za rad, smanjuje se tehnološka efikasnost, a dolazi i do evidentnog tehnološkog zastarijevanja. Sredstva se tijekom vremena troše i smanjuje im se radna sposobnost. Također, sredstva za rad su podložna kvarovima, lomovima i oštećenjima, pa se pojavljuju prekidi u radu. Navedeno uzrokuje pojavu troškova zbog zamjene i popravke dijelova, ali i troškova zbog zastoja u procesu bravarske proizvodnje.

Procesom održavanja omogućava se smanjivanje troškova rada i materijala u proizvodnji zbog zastoja u radu uslijed neplaniranih kvarova na strojevima, smanjuje se procenat škarta i lošeg kvaliteta proizvoda.

Tijekom rada bravar provodi aktivnosti održavanja u skladu s tehničkom dokumentacijom i uputama proizvođača strojeva, alata i opreme. Bravar provjerava ispravnost strojeva i alata prije upotrebe, prati rad strojeva i signalizira nepravilnosti u radu. Osposobljen je za periodično preventivno održavanje i otklanjanje manjih kvarova na strojevima. Važan preduvjet svakog održavanja je korištenje i upotreba strojeva i opreme u skladu s uputama, odnosno čišćenje i odlaganje strojeva, alata i pribora na propisan način, kao i primjena mjera sigurnosti i zdravlja na radu. U tom smislu svakodnevne aktivnosti bravara su: provjera brojnog stanja alata, pribora i mjerila; čišćenje alata, pribora i mjerila i njihovo odlaganje na odgovarajuće mjesto; čišćenje strojeva i skupljanje strugotine; čišćenje i podmazivanje kliznih staza na stroju; provjera i dopuna tehničkih fluida na stroju.

3. Spajanje materijala / elemenata

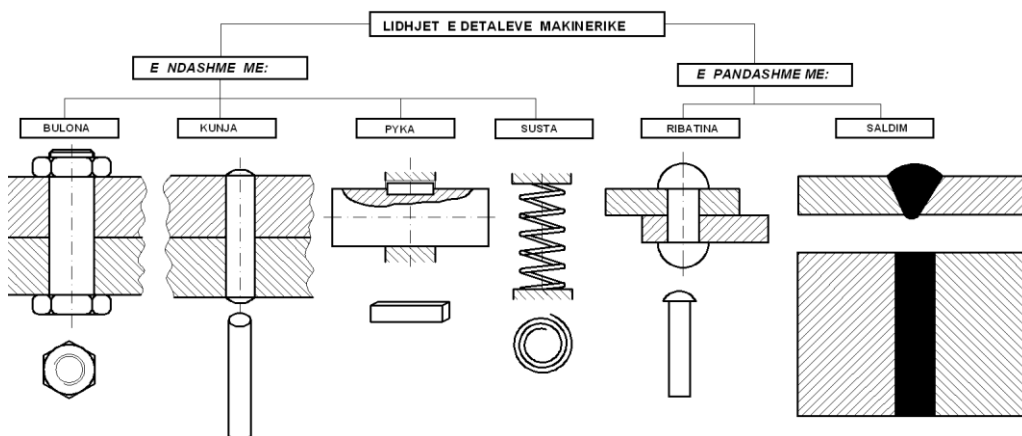
Ključne riječi: *Rastavljivi spojevi, nerastavljivi spojevi, navojni spojevi, kajle, klinovi, zakovice, zavarivanje*

Strojarski elementi su međusobno povezani različitim vrstama spojeva, zavisno od funkcije. Osnovni zadatak svakog spoja strojarskih dijelova je prenos opterećenja s jednog dijela na drugi, tako da oblik spoja bude odgovarajući za stabilnost dijelova koji se spajaju.

Postoje dvije vrste spojeva strojarskih dijelova:

Rastavljivi spojevi strojarskih elemenata omogućavaju lako spajanje i razdvajanje dijelova bez ikakvog oštećenja (npr. vijčane veze, klinovi, kajle, opruge, navojni parovi itd.) Rastavljivi spojevi imaju širu upotrebu nego nerastavljivi.

Nerastavljivi spojevi strojarskih elemenata ne omogućavaju spajanje i razdvajanje spojenih dijelova bez oštećenja (npr. zakovični spojevi, spojevi zavarivanjem, lijepljenjem itd.).

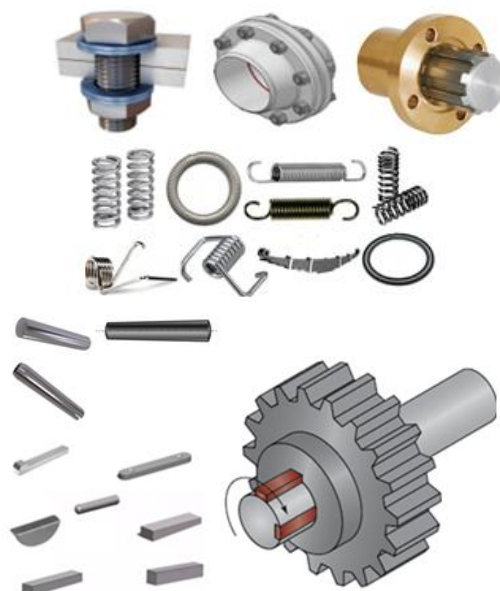


Slika 3.1. Prikaz spojeva strojarskih elemenata

RASTAVLJIVI (ZAVRTNJI, KLINOVI, OPRUGE) – NERASTAVLJIVI (ZAKOVANI, ZAVARENI)

3.1. Rastavljivi i elastični spojevi

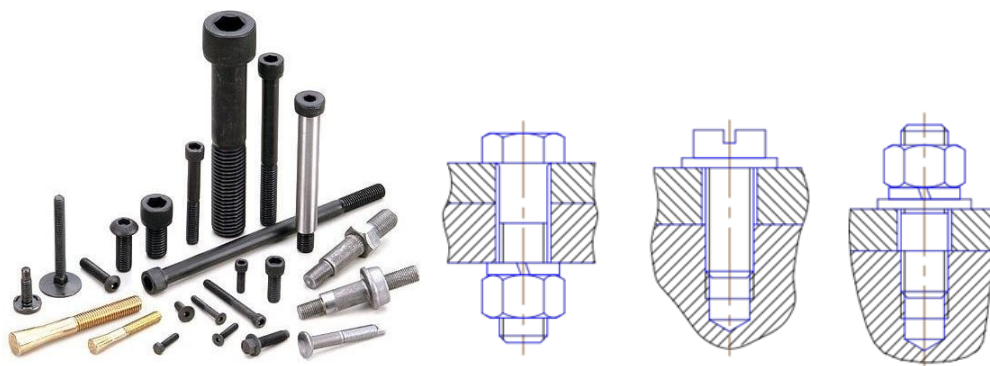
Rastavljivi spojevi su oni spojevi koji pružaju mogućnost rastavljanja spojenih metalnih elemenata ili dijelova bez štete na veznom elementu. Takvi su vijčani spojevi, kajle, žljebovi (kanali) i klinovi. Ovi spojevi se široko koriste u strojarstvu i različitim uređajima od kojih se traži prenos kretanja s jednom elementa na drugi. Na slici 3.2. dato je nekoliko elemenata koji omogućavaju rastavljive spojeve.



Slika.3.1.1. Detalji o rastavljivim spojevima

3.1.1 Navojni spojevi

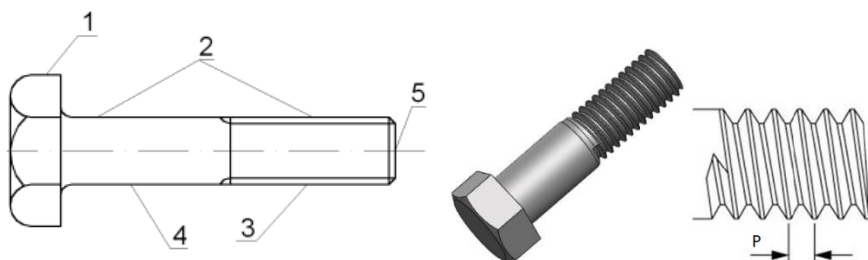
Najrasprostranjenija grupa spojeva u strojarstvu su navojni spojevi, kao rastavljivi spojevi, čiji su spojni elementi zavrtnji i matice (slika 3.2.1.1.). Osim spojeva s vijkom i maticom, mogu se ostvariti i spojevi bez matice kao strojarski elementi, ukoliko se u jednom od spajanih dijelova ureže navoj.



Slika.3.2.1.1. Nepokretne navojne veze

Dijelovi zavrtnja su (slika 3.2.1.2.):

- 1 – Glava zavrtnja, koja zajedno s maticom služi da spoji date elemente.
 - 2 – Tijelo zavrtnja, najčešće cilindrično, rjeđe konusno, služi za urezivanje navoja.
 - 3 – Dio tijela na kojem se nalazi navoj je navojni dio,
 - 4 – Vrat zavrtnja,
 - 5 – Kraj tijela navojnog dijela, posljednji dio ili čelo zavrtnja, gdje u zavisnosti od cilja možemo imati različite oblike.
- P- Korak navoja

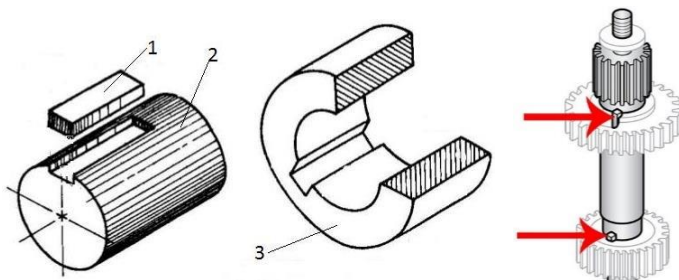


Slika.3.2.1.2. Dijelovi zavrtnja

Ako se navoj tijekom okretanja u smjeru kazaljke na satu spušta, riječ je o desnom navoju, a ako se uspinje, navoj je lijevi.

3.1.2. Spojevi uzdužnim i poprečnim klinovima

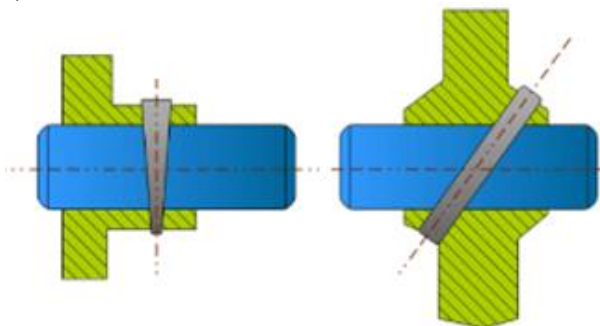
Strojarski elementi kojima se može vršiti spajanje osovine s tijelom rotirajućeg elementa (zupčanika, frikcionih diskova, remenica, lančanika itd.), za prenos obrtnog momenta s osovine na tijelo rotirajućeg elementa, čiji je osnovni oblik četverokutni, nazivaju se uzdužni klinovi (slika 3.2.2.1.).



Slika.3.2.2.1. Oblici kajli njihova upotreba

3.1.3 Spojevi uz pomoć poprečnih klinova

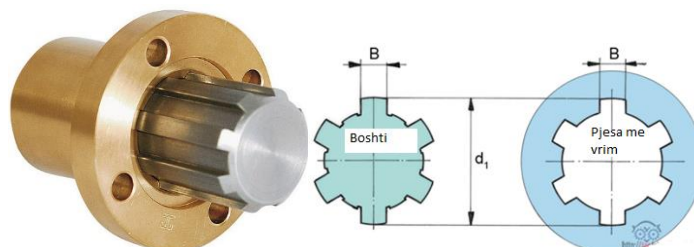
Spojevi vratila i dijela s otvorom mogu se ostvariti i uz pomoć klinova. Klinovi se postavljaju u uzdužne kanale na vratilu i dijelove s otvorom, ili u otvore poprečno na geometrijsku osu vratila (slika 3.2.3.1.).



Slika 3.2.3.1. Klinasti spoj

3.1.4 Žlijebni spoj

Kod žlijebnog spoja obrtni momenat se prenosi direktnim kontaktom žljebova izrađenih na vratilu i u otvoru. Veliki broj kanala i kontaktnih površina omogućava prenošenje većih sila nego u slučaju drugih vrsta spojeva. Međutim, obrada je zahtjevnija i skuplja te se stoga koristi u slučajevima velikih obrtnih momenata, pogotovo gdje su prisutni udari.



Slika 3.2.4.1. Žlijebni spojevi

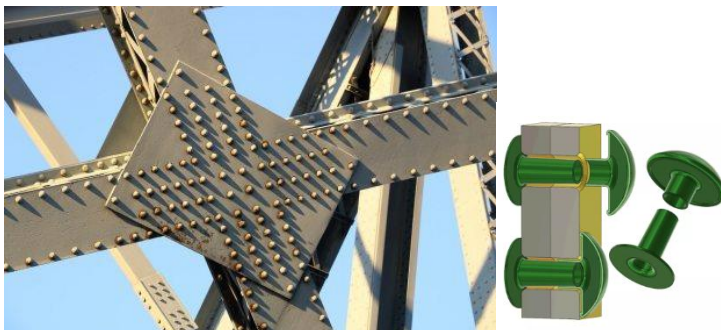
Preporučena pitanja i zadaci za domaći rad:

Istražite kako uvjeti okoline kao što su temperatura, vlaga i korozija utječu na navojni spoj ili druge vrste spojeva. Koje metode zaštite se mogu koristiti za umanjeње negativnih efekata? Analizirajte prikupljene podatke i predstavite ih drugim učenicima!

3.2. Nerastavljivi spojevi

3.2.1. Zakovični spojevi

Zakovični spojevi su jedna od najstarijih vrsta nerastavljivih spojeva. Uglavnom se koriste za spajanje limova, traka, profiliranih limova i drugih strojarskih dijelova male debljine.



Slika 3.3.1.1. Primjer zakovičnog spoja

Zakovice su strojarski elementi koji služe za čvrste i nerastavljive spojeve dva ili više strojarskih elemenata ili dijelova relativno male debljine, najčešće limove i profiliranih nosača.



Slika 3.3.1.2. Vrste zakovica

Od samog početka razvoja strojarstva, zakovice su bile strojarski elementi koji su pronašli široku upotrebu kada se radi o nerastavljivim spojevima. Međutim, velikim usavršavanjem današnje tehnike zavarivanja, zakovice se sve više izbacuju iz upotrebe.

U današnje vrijeme, zakovični spojevi se vrše samo na specijalnim konstrukcijama, zbog deformacije nakon hlađenja. Vrše se na konstrukcijama na kojima nije dopušteno zagrijavanje uslijed zavarivanja ili u slučajevima kada zavarivanje nije pogodno.

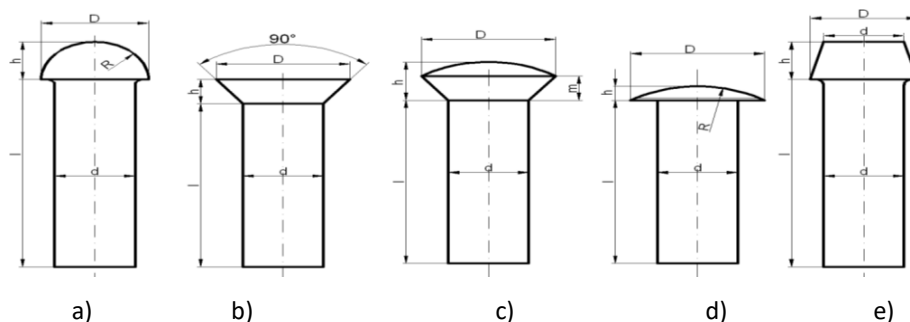
3.2.2. Zakovice – oblici i dimenzije

Zakovica je strojarski element sačinjen od *tijela* cilindričnog oblika i *glave*. Oblici i dimenzije zakovica su standardizirane. Karakteristične dimenzije zakovica su: nominalni prečnik d i dužina zakovice l . Nakon procesa zakivanja, zakovica dobiva drugu, završnu glavu.

Podijela zakovica vrši se prema standardu ISO 15977 i ISO 15979

Prema obliku glave zakovice mogu biti:

- zakovice s polukružnom glavom, (slika 3.3.2.1. a.)
- zakovice sa šupljom glavom, (slika 3.3.2.1. b.)
- zakovice s ravnom glavom, (slika 3.3.2.1. c.)
- Zakovice s polušupljom glavom, (slika 3.3.2.1. d.)
- zakovice s trapezoidnom glavom, (slika 3.3.2.1. e.)



Slika 3.3.2.1. Zakovice prema obliku glave

Zakovice s polukružnom glavom koriste se za čelične konstrukcije i sudove pod pritiskom.

Zakovice sa šupljom i polušupljom glavom koriste se na onim mjestima gdje glava ulazi u spojeni element.

Zakovice s ravnom glavom se koriste za spajanje dijelova niske stabilnosti. Ove zakovice imaju veći prečnik glave, što omogućava da površinski pritisak između glave i elemenata koji se spajaju, ostane u granici dopuštenog pritiska.

Za deblje zakovice prečnik otvora je za 1 mm veći od prečnika zakovica. Tijekom zakivanja izaziva se "curenje" materijala i popunjavanje otvora.

3.2.3 Materijal za zakovice

Osnovni materijal za izradu zakovica je čelik. Međutim, koristi se i bakar, mesing, aluminij i legure aluminija.

Zakovice se najčešće izrađuju od istog materijala kao i dijelovi koji se spajaju zakivanjem (lim).

Osim čelika, rekli smo da se kao materijal za zakovice koristi i bakar, mesing, aluminij i njegove legure. Zakovice izrađene od ovih materijala, osim upotrebe za spajanje dijelova od odgovarajućeg materijala, koriste se i za spajanje dijelova od kože, drveta, tekstila itd.

Zakovice se proizvode u masovnoj proizvodnji, specijaliziranim strojevima, pod pritiskom, dok se zakivanje vrši uglavnom individualno, ručno ili strojem.

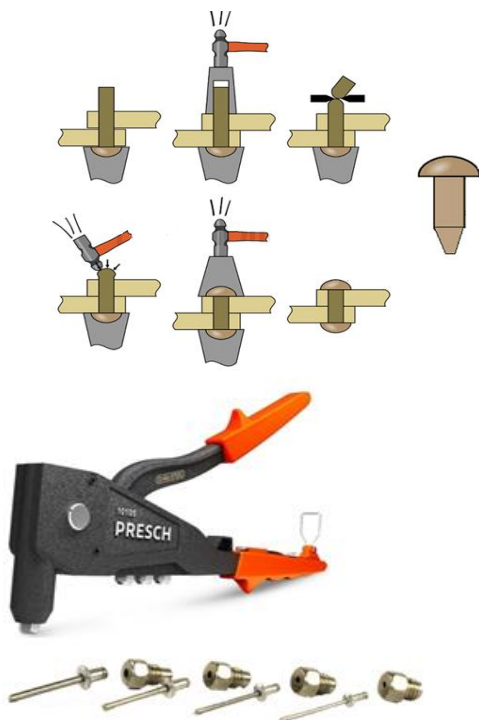
Zakivanje je proces formiranja druge glave zakovice, kao posljednja operacija tijekom montiranja zakovičnog spoja.

Proces zakivanja je najdelikatniji postupak od kojeg zavisi kvaliteta spoja i homogen raspored tereta tijekom rada na spoju.

Zakovice manjih prečnika (za manja opterećenja) kao i one od lakih metala zakivaju se *na hladno* (bez prethodnog zagrijavanja).

Zakovice od čelika za veća opterećenja, zakivaju se uz prethodno zagrijavanje (1000 – 1100°C) a postupak se naziva "*toplo zakivanje*".

Zakivanje se može raditi *ručno* ili *strojem*. Tijekom ručnog zakivanja *druga glava* (završna) se formira udarcem ručnim ili pneumatskim čekićem preko kalupa.

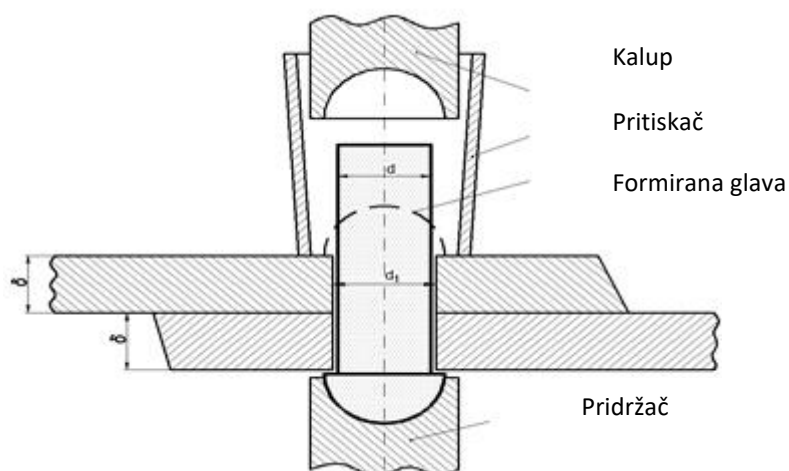


Slika.3.3.2.2 a) Zakivanje udarcem čekića

b) Alat za ručno zakivanje

Zakivanje strojem vrši se uz pomoć prese (slika.3.3.2.3.). Zakivanje strojem je efikasnije od ručnog zakivanja. Koristi se za zakovične spojeve predviđene za veća opterećenja.

Kako bi se otpočelo s procesom zakivanja, odnosno spajanja dvije ili više tabli, potrebno je izvršiti pripremu elemenata koji se spajaju. Ovo podrazumijeva obradu (bušenje) odgovarajućih otvora. Jedna strana zakovice ima glavu koju odozdo drži kalup podmetač (pridržač), a uz pomoć pneumatskog klipa ili hidraulične prese za zakivanje se formira završna glava spoja (druga glava).



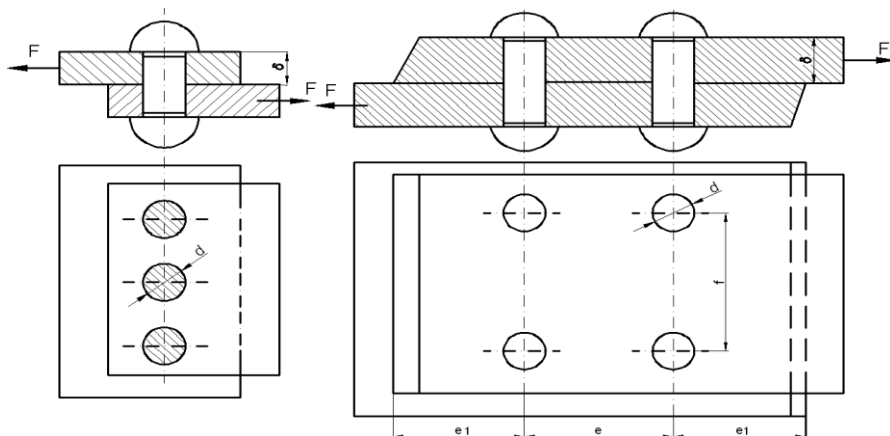
Slika.3.3.2.3. Zakivanje strojem

3.2.4 Oblici zakovičnih spojeva

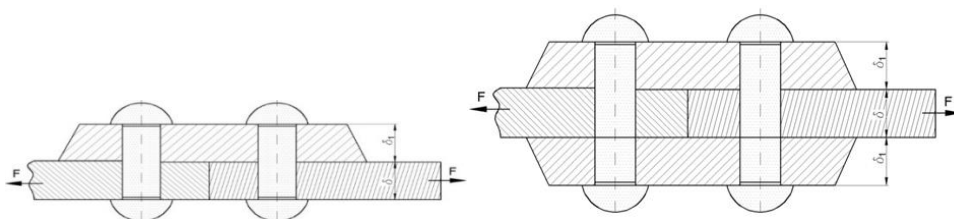
Mjesto spoja kojeg prave zakovice zove se **zakovični spoj**.

U zavisnosti od načina postavljanja tabli koje se spajaju (pozicije limova), zakovični spojevi se dijele na:

- *preklopne spojeve, (slika 3.3.2.4.)*
- *jednostične spojeve, (slika 3.3.2.5. a.) dvostične spojeve, (slika 3.3.2.5. b.)*



Slika 3.3.2.4. Preklopni spoj

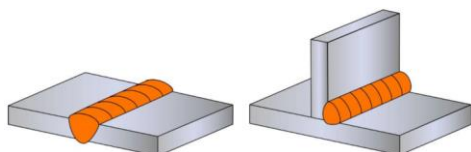


Slika 3.3.2.5. a) Jednosmični spoj;

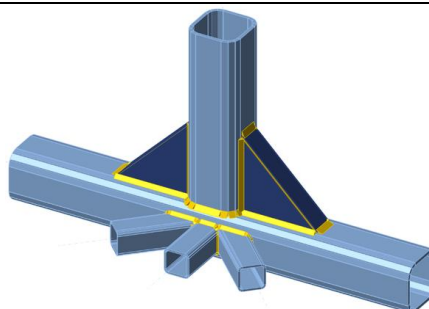
b) Dvosmični spoj

3.2.5 Proces zavarivanja

Zavarivanje je spajanje dva ili više materijala sa ili bez dopunskog materijala, sa ili bez pritiska i pod glavnim uvjetom da se izvrši lokalno topljenje određene zone osnovnog materijala, kao i dopunskog kada se zavarivanje vrši dopunskim materijalom.

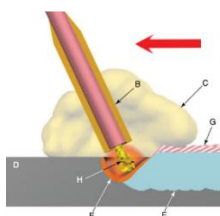


Slika 3.3.3.1. Zavarivanje dva materijala

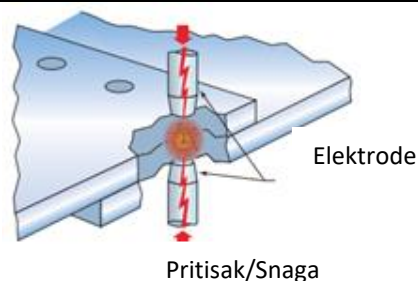


Slika 3.3.3.2. Zavarivanje dva i više materijala

Dopunski materijal (elektroda)



Slika 3.3.3.3. Zavarivanje s dopunskim materijalom



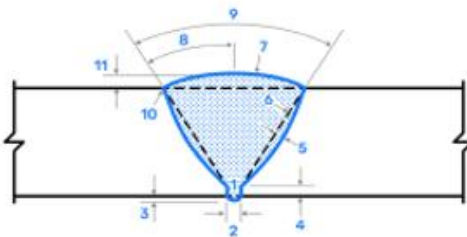
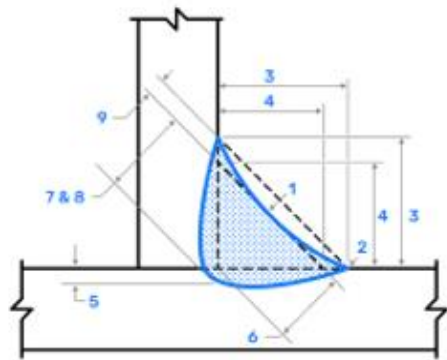
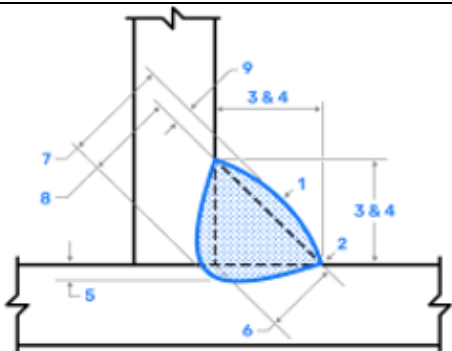
Slika 3.3.3.4 Zavarivanje bez dopunskog materijala i pod pritiskom

Tijekom zavarivanja potrebno je postići određenu temperature kako bi se istopio osnovni i dopunski materijal. U istopljenom stanju se najbolje i najlakše miješaju međusobno dati materijali.

Postoje mnogi procesi zavarivanja, ali su najzastupljeniji:

Proces zavarivanja	Broj prema standardu EN ISO 4063:2009
Ručno elektrolučno zavarivanje	111
Zavarivanje u aktivnom plinu (MAG)	135
Zavarivanje u inertnom plinu (MIG)	131
Zavarivanje inertnim plinom i volframskom elektrodom (TIG)	141
Lasersko zavarivanje	52
Zavarivanje s acetilenom i kiseonikom (autogeno)	311

Tablica 3.3.3.1. Osnovna terminologija zavarivanja

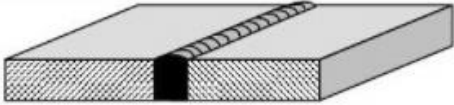
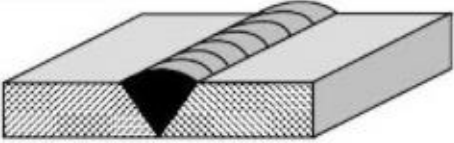
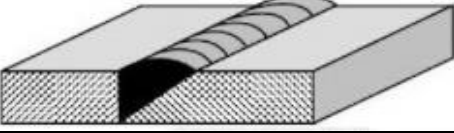
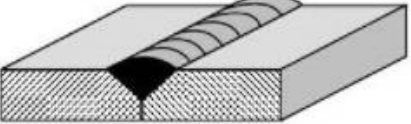
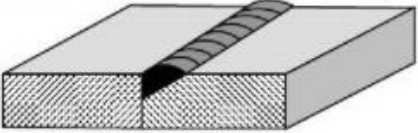
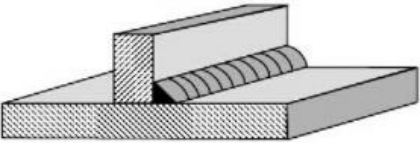
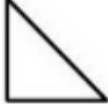
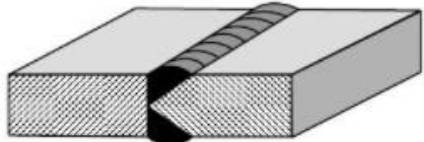
	1. Korijen šava 2. Širina korijena 3. Visina korijena (preko osnovnog materijala) 4. Dubina korijena mjerena do površine osnovnog materijala 5. Dubina topljenja (penetracija) 6. Lice kanala 7. Lice šava 8. Kut otvaranja kanala za jedan dio 9. Kut kanala za oba dijela 10. Rub lica šava 11. Visina lica mjerena od površine osnovnog materijala
	1. Lice šava 2. Rub lica šava 3. Kateta šava 4. Dubina topljenja 5. Temperatura penetracije mjerena od površine osnovnog materijala 6. Ukupna veličina šava 7. i 8. Veličina šava mjerena od hipotenuze 9. Veličina konveksnog dijela
	1. Lice šava 2. Rub lica šava 3. i 4. Kateta šava 5. Temperatura penetracije mjerena od površine osnovnog materijala 6. Ukupna veličina šava 7. Konkavni dio šava 8. Veličina šava mjerena od hipotenuze 9. Veličina šava mjerena od konkavnog dela

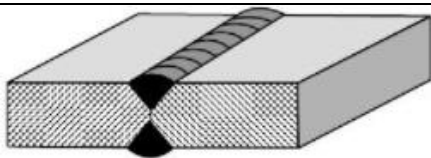
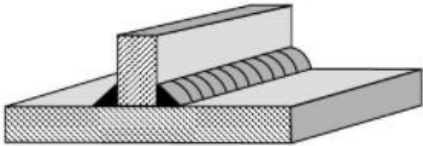
Vrste zavarenih šavova

Postoji više kriterija za podjelu vrsta zavarenih šavova. Navest ćemo samo neke glavne podjele kao što su:

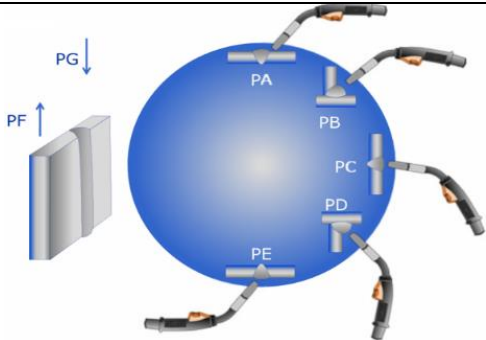
- prema obliku poprečnog presjeka zavarenog šava i načinu formiranja šava nakon zavarivanja,
- prema vrsti slojeva,
- prema poziciji zavarivanja.

Tablica 3.3.3.2. Glavne vrste zavarenih šavova, zavisno od poprečnog presjeka šava, odnosno od načina formiranja šava prikazane su u tablici

Naziv	Projekcija	Simbol
Šav – I.		
Šav – V.		
Šav – 1./2V.		
Šav – Y.		
Šav – 1./2Y.		
Kutni šav		
Šav 1./2V. – dvostrani		

Naziv	Projekcija	Simbol
Šav Y. – dvostrani		
Šav kutni dvostrani		

Tablica 3.3.3.3. Pozicije zavarivanja prema standardu EN ISO 6947:2011

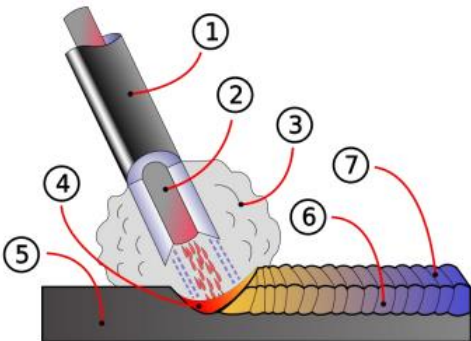
Prema poziciji zavarivanja, šavovi se dijele na - horizontalne, - horizontalno-vertikalne - vertikalne i - nadglavne (plafonske)	
---	--

Električni luk za zavarivanje

Tijekom prolaska električne struje kroz prostor pod plinovima, pozitivni joni idu na negativni pol (katodu), dok elektroni i negativni joni idu na pozitivni pol (anodu), kao što je predstavljeno na slici. Tijekom takvog kretanja, elektroni mogu doći u dodir s pozitivnim jonima, gdje se tom prilikom pojavljuju neutralni atomi. Shema ručnog elektrolučnog zavarivanja

Ručno elektrolučno zavarivanje (HED) je jedna od najrasprostranjenijih metoda zavarivanja.

Tablica 3.3.3.4. Načelna shema ručnog elektrolučnog zavarivanja

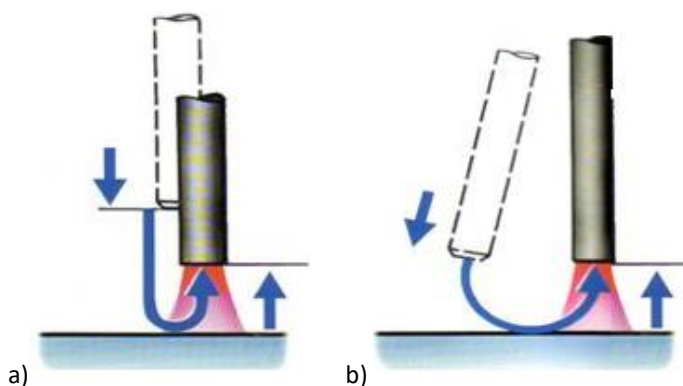
- Omotač elektrode - Jezgro elektrode - Zaštitni plin - Krater - Osnovni metal - Šav - Stvrdnuta šljaka	
---	--

Držanje elektrode

Kod elektrolučnog zavarivanja ili zavarivanja s elektrodom, elektroda se treba uhvatiti na kraju, kako bi ostatak mogao gorjeti slobodno, bez prekidanja električnog luka. Tanke i duge elektrode, zbog pojačanog otpora se hvataju u sredini zato što se mogu užariti i pasti povrh otopljenog materijala nedovoljno istopljene.

Paljenje električnog luka

Kako biste upalili električni luk, elektroda mora doći u kontakt s osnovnim materijalom, a zatim se brzo odvojiti na određenu daljinu, što omogućava normalno izgaranje upaljenog luka u uvjetima u kojima se vrši zavarivanje elemenata spoja. Ako materijal dođe u kontakt s elektrodom, prema (slici 3.3.3.4.), a elektroda teži da se "zalijepi" za osnovni materijal. Zbog toga se preferira da se električni luk napravi prema (slici 3.3.3.5.b.), dakle metodom pokreta sa strane.



Slika 3.3.3.5. Paljenje električnog luka: a-vertikalni pokret, b-pokret sa strane.

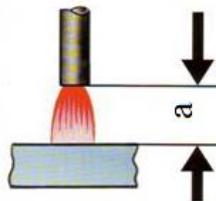
Paljenje se događa kada šipka elektrode u djeliću sekunde pipne radni element.

Putem kratkog spoja kojeg napravi vrh elektrode toliko snažno da se omogući protok elektrona. Zbog primijenjenog napona, elektroni se ubrzano kreću ka pozitivnom polu.

Dužina električnog luka

Iskustvo nas uči da dužina električnog luka (udaljenost između elektrode i osnovnog materijala) treba biti u skladu s prečnikom elektrode kojom se vrši zavarivanje.

Dužina luka (a) označava udaljenost između šipke elektrode i osnovnog materijala i računa se kao u nastavku:



Slika 3.3.3.3.6. Udaljenost luka

Kod štapnih elektroda s omotačem R, RR, A, C $a = 1,0 \cdot de$

Kod štapnih elektroda s omotačem B $a = 0,5 \cdot de$

Gdje su:

d_e – Prečnik jezgra elektrode

a – Dužina luka

R – Rutil tanke elektrode s omotačem (jednostruke)

RR – Rutil debele elektrode s omotačem (dvostruke)

A – Elektroda s kiselim omotačem

C – Celulozna elektroda

B – Elektroda s baznim omotačem

Prema pravilima, dužina električnog luka treba biti jednaka prečniku elektrode. Pošto se elektroda konstantno troši tijekom postupka zavarivanja, zavarivač treba spuštati ruku, održavajući dužinu električnog luka konstantnom.

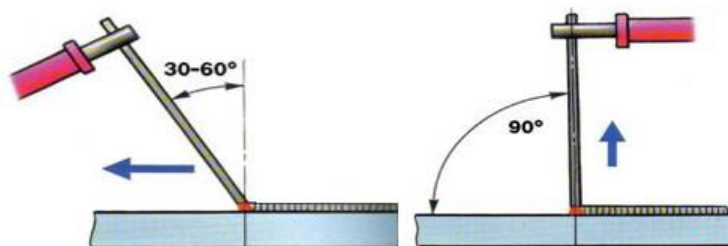
Ako je luk kratak, elektroda se "lijepi" za materijal koji se zavaruje i događa se zarobljavanje šljake i drugih nečistoća.

Ako je luk predug, imamo velike gubitke energije, materijal se ne zagrijava dobro, smanjuje se dubina penetracije, povećava se reakcija devijacije, a kod elektroda s baznim omotačem može izazvati pore u šavu. Kada je luk predug, često se gasi.

Prekid električnog luka

Može se dogoditi na dva načina:

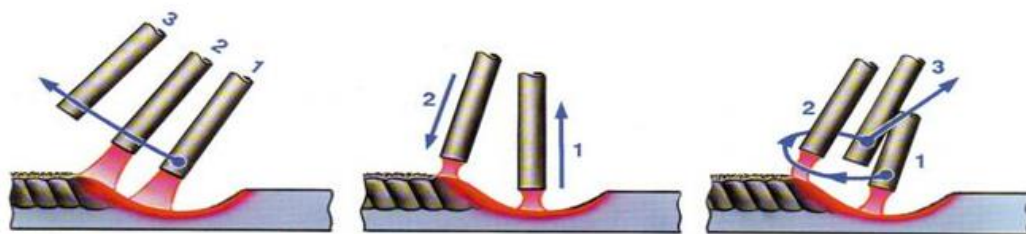
1. Luk se skraćuje, a elektroda se brzo udalji u stranu. Takav prekid luka se dešava onda kada treba promijeniti elektrodu.
2. Elektroda se na određeno vrijeme zaustavi u mjestu kako bi se popunila rupa – krater, a zatim se lagano udalji i time se prekida električni luk. Koristi se onda kada se završava zavarivanje.



Slika 3.3.3.7. Prekid električnog luka

Nastavljanje šava

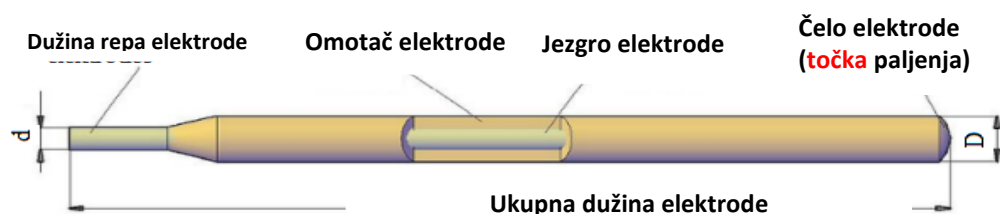
Kako bi se nastavilo zavarivanje, luk treba upaliti prije kratera, a zatim se pažljivo približiti krateru. Dakle, najpre se puni krater pa se nastavlja prethodni šav.



Slika 3.3.3.8. Nastavljanje šava

3.2.6 Elektrode za HED zavarivanje

Pod elektrodom podrazumijevamo metalnu šipku koja provodi električnu energiju i formira jedan od polova (drugi pol formira bazni materijal) između kojih se formira električni luk za zavarivanje. Dakle, elektroda je dio električnog kola, i služi za paljenje i izgaranje električnog kola.



Slika 3.3.4.1. Elektroda s omotačem

D – spoljni prečnik omotača elektrode,

d – prečnik jezgra elektrode.

U zavisnosti od debljine omotača, elektrode se dijele u tri grupe:

Elektrode s tankim omotačem, kada je odnos između vanjskog prečnika elektrode – omotača i metalne šipke: $D/d \leq 1,2$

Elektrode sa srednjim omotačem, kada je odnos između vanjskog prečnika elektrode – omotača i metalne šipke: $D/d \geq 1,2$ do 1,45

Elektrode s debelim omotačem, kada je odnos između vanjskog prečnika elektrode – omotača i metalne šipke: $D/d \geq 1,45$

Tablica 3.3.4.1 Dimenzije elektroda s omotačem

Jezgro		
Prečnik u mm	Dužina u mm	
1,6	200	250 ili 350
2,0		
2,5		
3,2	350 ili 450	
4,0		
5,0		
6,0	450	
8,0		

3.2.7 Tvrd i meko lemljenje

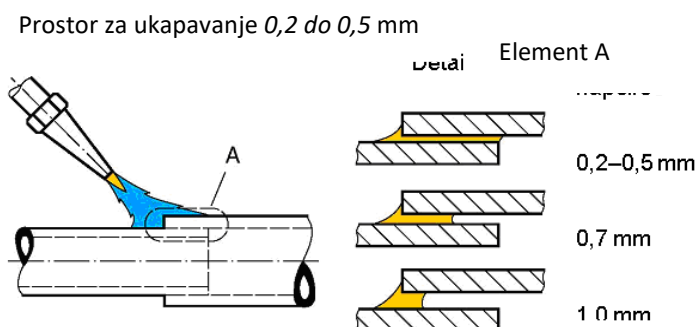
Lemljenje je spajanje metalnih elemenata uz pomoć metala koji ima nižu točku topljenja i naziva se lem. Tijekom lemljenja, osnovni materijal, iako se zagrijava, ostaje u čvrstom stanju, dok lem prelazi u tečno, topi se i popunjava prostor između elementima koji se spajaju.

Lemljenje se, u zavisnosti od svojstava lema, dijeli na dvije vrste:

1. meko lemljenje,
2. tvrdo lemljenje.

Meki lem ima nižu zateznu čvrstoću $R_m = 5 - 7 \text{ daN/mm}^2$, a temperatura topljenja lema je ispod 400°C .

Tvrđi lem ima veću zateznu čvrstoću $R_m = 50 \text{ daN/mm}^2$ a temperatura topljenja lema je preko 500°C .



Slika 3.3.5.1. Otvor između elemenata koji se spajaju

Za uklanjanje ostataka boje koriste se materije koje omekšavaju boju ili je rastvaraju. Za uljane boje se koriste baze.

3.3.8. Kontrola zavarivanja

Kao i kod svakog proizvoda i kod zavarivanja je neophodna kontrola elementa prije nego što se iznese pred klijenta, kako bismo osigurali da šav posjeduje sva potrebna svojstva s aspekta kvalitete i čvrstine.

Imamo nekoliko metoda za kontrolu šava, ali zavarivač treba znati izvršiti vizualnu kontrolu (golim okom). Tijekom vizualne kontrole treba razlikovati različite defekte na šavu, kao što su: iskrivljen korijen, vanjske pore, disnivelacija šava, različite progoretine, zavarljivost, jednoobraznost itd.

Preporučena pitanja i zadaci za domaći rad:

- Istražite kako različiti materijali, kao što su metali, plastika i kompoziti, reagiraju na zavarivanje. Koje su posebnosti i izazovi kod zavarivanju različitih materijala? Analizirajte prikupljene podatke i predstavite ih drugim učenicima!
- Istražite kako uvjeti okoline kao što su temperatura, vlaga i korozija utječu na zakovani spoj. Kako se koriste različite metode za zaštitu zakovica od uvjeta okoline? Analizirajte prikupljene podatke i predstavite ih drugim učenicima!

4. Montaža i demontaža bravarskih proizvoda (elemenata, sklopova i metalnih konstrukcija)

Ključne riječi: *Montaža, demontaža, ograda, metalne stepenice, kovanje, zaštita od korozije, tehnološki postupak, tehnička dokumentacija*

Montaža i demontaža bravarskih proizvoda (elemenata, sklopova i metalnih konstrukcija) je složen postupak koji uključuje niz koraka i zahtjeva pažljivo planiranje i izvođenje kako bi se osigurala sigurnost i kvaliteta proizvoda.

Važno je imati na umu da koraci u montaži bravarskih proizvoda, mogu varirati ovisno o vrsti konstrukcije, veličini i drugih razloga. Također, je važno da se montaža provodi u skladu s važećim propisima i standardima, te da se prate specifične upute proizvođača kako bi se osigurala sigurnost i kvaliteta konstrukcije.

Prije početka procesa montaže treba razviti tehnološki postupak za izradu bravarskih proizvoda.

Za razradu tehnološkog procesa izrade metalne konstrukcije je potrebno:

1. Proučiti nacrt i ostalu dokumentaciju.
2. Odabrati materijal i odgovarajući profil za izradu bravarskih proizvoda.
3. Odabrati potrebne alate i strojeve.
4. Odrediti operacije i zahvate obrade.
5. Izraditi tehnološku dokumentaciju za jednostavni primjer.

4.1. Plan i postupak montaže i demontaže bravarskih proizvoda (elemenata, sklopova i metalnih konstrukcija)

4.1.1. Faze izrade metalne konstrukcije

Pripremna / radna faza spajanja i sklapanja – formiranje podsklopova i sklopova

Ova radna operacija podrazumijeva spajanje elemenata konstrukcije u veće cjeline – podsklopove i sklopove.

Podsklopovi se mogu sastojati samo iz jednog elementa dobivenog obradom metalnog materijala, odnosno čeličnog proizvoda, ili iz više elemenata.

Spajanjem podsklopova formiraju se sklopovi, čijim se povezivanjem na montaži formira noseća konstrukcija.

Za formiranje podsklopova ili sklopova primjenjuju se različiti postupci:

- u zavisnosti od vrste konstrukcije (puna ili rešetkasta) i
- u zavisnosti od njenih dimenzija i načina spajanja (mehaničkim spojnim sredstvima ili zavarivanjem).

Ova radna operacija obavlja se na posebnim radnim platformama, na kojima se elementi postavljaju u projektirani položaj bez deformacija i naprezanja i pripremaju za spajanje, uz pomoć raznih pomoćnih alata za njihovo fiksiranje.

Spajanje elemenata mehaničkim spojnim sredstvima ili zavarivanjem se može vršiti:

1. ručno,
2. primjenom standardnog mehaničkog alata, pribora za obilježavanje, alata za ugrađivanje zavrtnjeva i pribora za ručno zavarivanje šavova.

Također, mogu se koristiti i specijalni uređaji za sklapanje specifičnih vrsta konstrukcija, kao što su automatski zavareni nosači, silosi, rezervoari i dr.

U slučaju spajanja mehaničkim spojnim sredstvima, elementi koji se spajaju u procesu obrade se sijeku na projektirane dužine, a razvrtavanje rupa na definitivan prečnik se vrši pri izradi sklopova, kao i na probnoj montaži.

S obzirom na to da pri zavarivanju dolazi do pojave skupljanja i deformacija, neophodno je elemente koji se spajaju zavarivanjem sjeći na dužine veće od projektiranih i osigurati potrebne predeformacije.

U tu svrhu se za izradu složenijih zavarenih sklopova i podsklopova, a na osnovu empirijski utvrđenih vrijednosti, u tehničkoj pripremi proizvodnje posebno razrađuje tehnološki postupak sklapanja i zavarivanja. Postupak treba osigurati postizanje projektiranog oblika konstrukcije, uz najmanji obim vlastitih napona i naknadnih tehnoloških intervencija.

Postupak izrade podsklopova i sklopova karakterizira postepeno dodavanje sitnijih elemenata na osnovni element, prema njihovom projektom određenom položaju.

Završna faza – probna radionička montaža

Probna radionička montaža metalne konstrukcije ili pojedinih dijelova konstrukcije izvodi se samo ako je to predviđeno projektom ili ugovorom zaključenim između naručitelja i izvođača radova na izradi čelične konstrukcije.

Ona se, po pravilu, provodi u prisustvu ovlaštenih predstavnika:

1. izvođača radova na izradi konstrukcije,
2. naručitelja,
3. izvođača radova na montaži konstrukcije (u slučaju kada izradu i montažu konstrukcije ne vrši ista firma) i
4. projektantske organizacije.

Probna montaža podrazumijeva veliki utrošak rada, zauzimanje velikog prostora, ponekad i ometanje procesa proizvodnje, a time i veće troškove. Stoga treba težiti, da se obim probne montaže svede na najmanji mogući, što se može postići pravilnim koncipiranjem konstrukcije i primjenom suvremenih tehnologija proizvodnje s visokim kvalitetom izrade čeličnih konstrukcija.

Probna montaža se uglavnom provodi na posebnom otvorenom prostoru, opremljenom odgovarajućom opremom (dizalice, instalacije...).

Cilj probne montaže je: provođenje kontrole kompatibilnosti susjednih montažnih sklopova, provođenje kontrole dimenzija, kontrola oblika i nadvišenja, priprema montažnih spojeva metalne konstrukcije, provođenje razvrtavanja rupa za mehanička spojna sredstva na definitivan prečnik.

Položaj konstrukcije kod probne montaže može biti horizontalan ili vertikaln, što zavisi od tipa konstrukcije. Pri tome se probna montaža može vršiti za konstrukciju kao cjelinu ili sukcesivno za pojedine dijelove konstrukcije, tako da se u svakoj fazi koristi i jedan montažni dio iz prethodne faze.

Završna faza – označavanje

Nakon procesa izrade konstrukcije u radionici i probne montaže, poslije nanošenja zaštite od korozije, provodi se dodatno označavanje dijelova konstrukcije.

Ove oznake podrazumijevaju: podatke o sklopovima konstrukcije, njihovom položaju u konstrukciji, vezi sa susjednim sklopovima, podatke vezane za utovar, transport, istovar i redoslijed odvijanja radova na gradilištu.

Nanošenje alfanumeričkih oznaka provodi se na više načina:

1. utiskivanjem u čeličnu konstrukciju (podaci o nazivu i položaju sklopa),
2. ispisivanjem bojom (podaci o gabaritima, težini, mjestima hvatanja pri utovaru, orijentaciji pri transportu i montaži),
3. privezivanjem metalnih oznaka i
4. lijepljenjem naljepnica.

Također se, prema potrebi, mogu označiti i podaci koji se odnose na mjesto otpreme, isporučitelja i naručitelja, broj ugovora i dr.

Završna faza – zaštita od korozije

Zaštita od korozije provodi se nakon svih prethodno opisanih radnih operacija procesa izrade metalnih konstrukcija.

Ona se provodi u skladu s odredbama Pravilnika o tehničkim mjerama i uvjetima za zaštitu čeličnih

konstrukcija od korozije.

Završna faza – skladištenje konstrukcije

Na kraju svih faza izrade, metalna konstrukcija se skladišti na posebno uređenom prostoru i to na način koji osiguravaju njezinu zaštitu od svakog djelovanja koje može uzrokovati oštećenje. Pri tome treba voditi računa o sljedećem:

- skladištenje dijelova treba biti stabilno,
- dijelovi konstrukcije ne trebaju da se naležu na tlo,
- dijelovi konstrukcije trebaju se polagati na podmetače, a pri slaganju u više redova da se između njih stave umetci,
- razmak između podmetača i umetaka isključuje pojavu trajnih deformacija metalne konstrukcije,
- uskladišteni dijelovi konstrukcije ne smiju zadržavati vodu i
- nosači, po pravilu, trebaju biti u vertikalnom položaju.

Završna faza – otprema konstrukcije

Prije otpreme sa skladišta na montažu metalne konstrukcija treba biti:

- sortirana po pojedinim objektima, oznakama i redoslijedu montaže,
- pregledana i utvrđena oštećenja otklonjena,
- pripremljena za montažu, što podrazumijeva da su nečistoće i rđa otklonjeni, nanese potrebne oznake, na dijelove konstrukcije postavljeni montažni uređaji, formirani krupniji montažni dijelovi, oslanjački elementi očišćeni i podmazani,
- zaštićena od korozije (po potrebi).

Otprema metalne konstrukcije na gradilište podrazumijeva njezino:

1. pakiranje,
2. utovar i
3. transport.

Pri tome se voditi računa da se konstrukcija zaštiti od oštećenja, osigura siguran transport, i tovarni prostor se u što većoj mjeri treba iskoristiti.

Dimenzije dijelova konstrukcije koji se prevozi zavise od propisanih gabarita i prometnih uvjeta transporta u željezničkom, putnom i vodenom prometu, o čemu treba voditi računa još u fazi izrade projektne dokumentacije.

Montaža bravarskih proizvoda

Montaža bravarskih proizvoda obuhvaća ugradnju i povezivanje različitih metalnih konstrukcija i elemenata koje proizvodi bravarska industrija. Ovaj proces može obuhvatiti različite vrste proizvoda, kao što su ograde, kapije, stepenice, nadstrešnice, metalne konstrukcije i slično.

Opći koraci koje možete pratiti za montažu bravarskih proizvoda:

1. Priprema radnog prostora: Očistite radni prostor od nepotrebnih materijala i osigurajte pristup svim potrebnim alatima. Pripremite čistu i sigurnu radnu površinu. Pažljivo izmjerite prostor i usporedite ga s dimenzijama bravarskih proizvoda kako biste bili sigurni da će se pravilno uklopiti. Ako je potrebno, uklonite prepreke i osigurajte dovoljno prostora za rad.

- 2. Provjerite dijelove i alate:** Prije početka montaže, provjerite sve dijelove i alate kako biste bili sigurni da imate sve što vam je potrebno i da su dijelovi u dobrom stanju.
- 3. Slijedite upute za montažu:** Montirajte dijelove prema uputama proizvođača kako biste pratili korake montaže i koristite odgovarajuće alate za pričvršćivanje. Ovo će vam pomoći da pravilno postavite dijelove i smanjite mogućnost grešaka.
- 4. Sigurnost:** Nosite odgovarajuću zaštitnu opremu kao što su zaštita za oči i rukavice. Također, uvjerite se da su alati koje koristite u dobrom stanju.
- 5. Provjera stabilnosti i sigurnosti proizvoda:** Nakon montaže, provjerite stabilnost i sigurnost proizvoda. Ako je potrebno, prilagodite podešavanja ili pričvrstite dodatne dijelove kako biste osigurali snagu i stabilnost.
- 6. Testiranje funkcionalnosti:** Nakon sklapanja, testirajte funkcionalnost proizvoda kako biste bili sigurni da radi kako treba. Provjerite sve pokretne dijelove i uvjerite se da nema problema u radu.
- 7. Završna obrada:** Završite proizvod prema specifikacijama, uključujući brušenje, farbanje, galvanizaciju ili druge završne operacije.
- 8. Čišćenje i održavanje:** Na kraju, očistite radni prostor i održavajte proizvod po potrebi kako biste osigurali dugoročnu funkcionalnost.



Slika 4.1.1.1. Montirani bravarski proizvod (Poklopac – Nadstrešnica)

Izvor: Autorski original

Demontaža bravarskih proizvoda

Demontaža bravarskih proizvoda obuhvata proces skidanja i demontaže metalnih konstrukcija, dijelova ili proizvoda koji su izrađeni od strojarskih materijala. Ovaj proces može biti potreban iz različitih razloga, uključujući renoviranje, zamjenu istrošenih dijelova ili uklanjanje struktura koje više nisu potrebne.

Demontaža bravarskih proizvoda može biti prilično jednostavna ili kompleksna, u zavisnosti od vrste proizvoda i konstrukcije.

Opći koraci koje možete pratiti kada demontirate bravarske proizvode:

1. Priprema radnog prostora: Prije početka demontaže, uvjerite se da je radno mjesto sigurno. Uklonite sve prepreke i osigurajte prostor oko objekta koji se demontira.

2. Osigurajte odgovarajuću opremu: Koristite odgovarajući alat i opremu za rastavljanje. Ovo može uključivati različite vrste ručnih alata, električnih alata ili čak teških strojeva, u zavisnosti od veličine i tipa bravarskog proizvoda.

3. Identifikacija dijelova: Analiza načina na koji su dijelovi povezani je ključna za uspješno rastavljanje. Prije nego što počnete s demontažom, utvrdite dijelove koje treba ukloniti. Ovo je posebno važno ako želite sačuvati neke dijelove ili ih kasnije ponovo upotrebite. Proučite konstrukciju i razmislite o redoslijedu demontaže.

4. Sigurnost: Nosite odgovarajuću zaštitnu opremu tijekom rastavljanja, uključujući rukavice, zaštitnu odjeću i naočare. Obratite pažnju na mjere predostrožnosti kako biste izbjegli povrede.

5. Pažljivo rastavite dijelove: Pažljivo i sistematski rastavite bravarske proizvode. Pratite redoslijed rastavljanja, koji može zavisiti od vrste proizvoda.

6. Provjera i čišćenje: Nakon rastavljanja, provjerite je li sve uklonjeno i očistite radni prostor od otpada i preostalog materijala. Ovo će olakšati pripremu za eventualnu ponovnu upotrebu ili odlaganje otpada.

7. Ponovna upotreba ili odlaganje: Nakon rastavljanja, pravilno odložite materijale ili ih reciklirajte, posebno metalne dijelove koji se mogu ponovo koristiti. Ako planirate ponovo koristiti dijelove, pažljivo ih skladištite i označite radi lakšeg preuzimanja i ponovne upotrebe.

Prilikom demontaže bravarskih proizvoda važno je biti strpljiv i pažljiv kako biste izbjegli povrede ili materijalnu štetu.



Slika 4.1.1.2. Demontaža prozora i vrata
Izvor: Autorski original

Najčešći bravarski radovi podrazumijevaju izradu:

- metalnih prozora i vrata,
- ograda,
- stepeništa,
- nadstrešnice,
- metalne konstrukcije itd.

Zadatak: Posjetite gradilište, posmatrajte i prikupite informacije o montaži i demontaži bravarskih proizvoda (elemenata, sklopova i metalnih konstrukcija). Analizirajte prikupljene podatke i predstavite drugim učenicima!

4.1.2. Faze izrade, montaža i demontaža prozora i vrata

Faze izrade prozora i vrata od čeličnih cijevi i profila u radionici

Faze izrade prozora i vrata je slična, i u nastavku ćemo govoriti samo o izradi prozora.

Faze izrade prozora u radionici su:

- Pripremni poslovi u radionici (analiza, planiranje i organizacija bravarskih radova). Protumači dio tehničko-tehnološke dokumentacije potrebne za rad; Izrada skica potrebnih za obavljanje radnog zadatka; Osiguravanje radnog mjesta u cilju sigurnosti rada; Priprema alata i opreme za rad, i dr.).
- Priprema materijala (metalne cijevi) obuhvaća čišćenje cijevi od prljavština, omašćivanje i zaštita od korozije (najčešće samo osnovnim zaštitnim premazom, dok se finalni zaštitni premaz nanosi na kraju montaže), uzimanje mjera, ocrtavanje i obilježavanje materijala.
- Sječenje cijevi – izrada elemenata od cijevi po dimenzijama kako je dato radnom dokumentacijom. Označavanje bravarskih elemenata radi izrade sklopnih dijelova.
- Izrada sklopnih dijelova (štok/ram prozora, krilo prozora i dr.). Sklopni dijelovi izrađuju se spajanjem cijevi zavarivanjem, koji je najčešći slučaj spajanja cijevi, ili nekim drugim vezama kako je definirano sklopnim crtežima i tehnološkim postupkom. Zavareni spoj se brusi i zaštićuje od korozije antikorozivnim sredstvima. Pristupa kontroli i korekciji pravilnosti položaja i dimenzija montiranih bravarskih elemenata i sklopova. Označavanje sklopnih dijelova radi montaže.
- Montaža krila i štoka (rama). Spajanje krila i štoka prozora radi se pomoću šarki. Vrsta, dimenzija i spajanje šarki definirano je tehnološkim postupkom. Najčešći oblik spajanja šarki za okno i štoka je zavarivanje. Zavareni spoj se brusi i zaštićuje od korozije antikorozivnim sredstvima. Prilikom montiranja treba obratiti pažnju da zazor između krila i štoka prozora bude u granicama koje je definirano tehnološkim postupkom omogućavajući lagano otvaranje i zatvaranje krila u odnosu na štok prozora. Poslije postavljanja šarki pristupa se ugradnji brave na okno prozora. Kao i šarke, vrsta, dimenzije i spajanje brave je definirano tehnološkim postupkom. U slučaju oštećenja antikorozivnog premaza tijekom rada, na oštećena mjesta se nanosi dodatni premaz osnovnim zaštitnim premazom. Između svakih podoperacija montaže mora se pristupiti kontroli i korekciji pravilnosti položaja i dimenzija montiranih bravarskih elemenata i sklopova.
- Pakiranje prozora oprema se u skladište za transport prema mjestu ugradnje. Prilikom pakiranja prozora moraju se zadovoljiti sljedeći uvjeti: sigurnost prilikom transporta, sprečavanje oštećenja prozora prilikom transporta i dr. Najčešća oštećenja prozora prilikom transporta je otvaranje krila prozora. Krilo prozora se dodatno učvršćuje vezom koja je lako demontažna (žica za razjovanje, traka za pakiranje i dr.)
- Otpremanje prozora na mjestu montaže.

Faze izrade prozora od čeličnih cijevi i profila na mjestu montaže

Faze izrade prozora na mjestu montaže su:

- Pripremni poslovi na mjestu montaže prozora (osiguravanje radnog mjesta u cilju sigurnosti rada, priprema alata i opreme za rad, osiguravanje funkcionalnosti prostora za ugradnju i dr.)
- Fiksiranje prozora radi pregleda i provjere točnosti ugradnje prema tehnološkom postupku. Prozor i vrata se fiksiraju, najčešće drvenim klinovima.
- Spajanje prozora za potkonstrukciju kako je definiranom tehnološkim postupkom. Najčešći oblik spajanja je zavarivanje prozora za anker vijke, nakon čega se zavareni spoj brusi i zaštićuje osnovnim zaštitnim premazom.
- Farbanje prozora u cilju estetskog izgleda i zaštite od korozije.
- Montiranje stakla ili lima u krilo prozora, ako je tehnološkim postupkom traženo od bravara.

Faze izrade prozora od PVC profila u radionici od PVC profila

Izrada prozora od PVC profila u radionici sastoji se od sljedećih faza:

1. Pripremni poslovi u radionici (osiguravanje radnog mjesta u cilju sigurnosti rada, priprema alata, pribora i opreme za rad, priprema lične zaštitne opreme za radnika i dr.)
2. Izbor materija po specifikaciji ili tehnološkom postupku.



Slika 4.1.2.1. Dio skladišta PVC i ALU profila

Izvor: Autori, slike su iz bravarske radionice Sošić D.O.O. Bijelo Polje

3. Sječenje PVC profila na zadate dimenzije prema radnoj dokumentaciji.



Slika 4.1.2.2. Sječenje PVC profila, s različitim kutovima od 45°

Izvor: Autori, slike su iz bravarske radionice Sošić D.O.O. Bijelo Polje

4. Sječenje ojačanja PVC profila. PVC profil se ojačava cijelom dužinom profila. Za to se koriste pocinčani U profili.



Slika 4.1.2.3. Sječenje ojačanja PVC profila

Izvor: Autori, slike su iz bravarske radionice Sošić D.O.O. Bijelo Polje

5. Montiranje ojačanja u PVC profil i njegova veza s profilom



Slika 4.1.2.4. Ugradnja ojačanja PVC profila (slike lijevo) i njegova veza s PVC profilom (slika desno)

Izvor: Autori, slike su iz bravarske radionice Sošić D.O.O. Bijelo Polje

6. Spajanje kutova PVC profila. Operacija se izvodi zavarivanjem kutova profila. Zavarivanje je proces zagrijavanja PVC profila 25 sekundi na temperaturi oko 245° C i 25 sekundi hlađenja u stroju.



Slika 4.1.2.5. Spajanje kutova PVC profila

Izvor: Autori, slike su iz bravarske radionice Sošić D.O.O. Bijelo Polje

7. Čišćenje zavarenih spojeva na PVC profilima je operacija koja otklanja greške prilikom zavarivanja PVC profila. Čišćenje na stroju omogućava kvalitetniji izgled zavarenog spoja u odnosu na čišćenje ručnom metodom.



Slika 4.1.2.6. Čišćenje zavarenih spojeva na PVC profilima

Izvor: Autori, slike su iz bravarske radionice Sošić D.O.O. Bijelo Polje

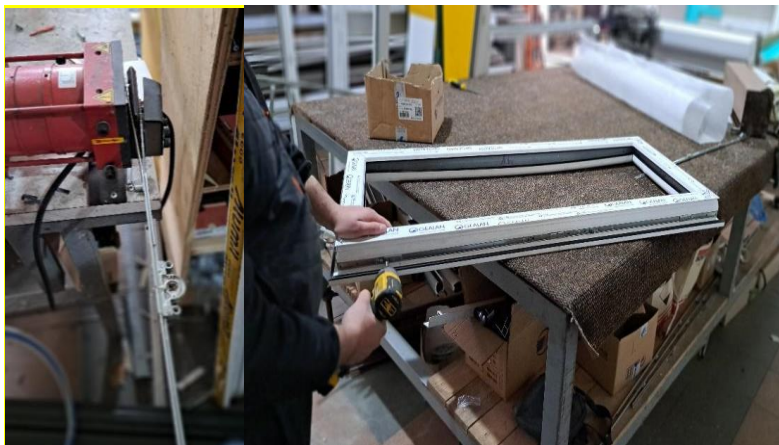
8. Ugradnja lajsni za staklo (Lajsnanje prozora). Lajsne s gumenim zaptivačem imaju funkciju pričvršćivanja stakla, termo prekida, dekoracije prozora i zaštite da prašina prodre između stakala u prozoru.



Slika 4.1.2.7. Sječenje lajsne (slike lijevo) i montaža lajsne u krilo PVC prozora (slika desno)

Izvor: Autori, slike su iz bravarske radionice Sošić D.O.O. Bijelo Polje

9. Montiranje okretno-nagibnog mehanizma za otvaranje prozora



Slika 4.1.2.8. Sječenje okretno-nagibnog mehanizma za otvaranje prozora (slike lijevo) i njegova montaža (slika desno)

Izvor: Autori, slike su iz bravarske radionice Sošić D.O.O. Bijelo Polje

10. Montiranje krila na štok (ram)



Slika 4.1.2.9. PVC prozor u završnoj izradi u radionici (stakla se ugrađuju na mjestu montaže)

Izvor: Autori, slike su iz bravarske radionice Sošić D.O.O. Bijelo Polje

11. Ugradnja roletne i prateće opreme (komarnik, mehanizam za spuštanje i podizanje roletne, klupica i okapnik)
12. Pakiranje, skladištenje i priprema za transport



Slika 4.1.2.10. PVC prozori pripremljeni za transport
Izvor: Autori, slike su iz bravarske radionice Sošić D.O.O. Bijelo Polje

Faze montaže prozora od PVC profila na mjestu montaže

Montaža prozora od PVC profila na mjestu predviđenom za ugradnju sastoji se od sljedećih faza:

1. Pripremni poslovi na mjestu montaže prozora (Osiguravanje radnog mjesta u cilju sigurnosti rada, priprema alata i opreme za rad, osiguravanje funkcionalnosti prostora za ugradnju, priprema lične zaštitne opreme za radnika i dr.)
2. Priprema otvora na mjestu montaže (zgrada, kuća i dr.) sastoji se od uklanjanja neravnina koje sprječavaju pravilan oblik otvora na mjestu montaže gdje se ugrađuje prozor od PVC profila. Za uklanjanje neravnina najčešće se koristi vibracijska udarna bušilica s odgovarajućim alatima. Poslije uklanjanja neravnina pristupa se grubom čišćenju zidova otvora gdje je predviđena ugradnja prozora. Ako na mjestu montaže ima već ugrađen prozor, onda se pristupa demontaži i uklanjanju postojećeg prozora. Poslije te operacije slijedi uklanjanje neravnina i čišćenje zidova otvora istim postupcima kao kada nije bilo prozora.
3. Dodavanje trake za hidroizolaciju na štok prozora.
4. Postavljanje prozora na mjesto montaže prema tehnološkoj dokumentaciji Za centriranje i postavljanje prozora obično se koriste drveni klinovi. Od mjernih alata koristi se libela s pomoću koje se određuje točan položaj prozora i provjera je li dobro urađeno. Poslije provjere pristupa se ankerisanju rama prozora za potkonstrukciju zgrade. Ankerisanje se radi kroz profil ili namjenske držače (uške) za to, zavisno od profila. Za popunjavanje prostora između prozora i zidova otvora koristi se pur pjena. Kada se pjena osuši drveni klinovi se vade, a prostor se dopunjuje pur pjenom.
5. Ugradnja stakala u krilo prozora. Stakla se dobivaju kao gotovi proizvodi od proizvođača s dimenzijama koje su date tehnološkom dokumentacijom i omogućavaju laku ugradnju.
6. Skidanje zaštitne folije s PVC profila.
7. Poslovi poslije završene montaže prozora: Skupljanje i odnošenje alata, pribora i opreme, čišćenje mjesta montaže i odnošenje otpada na mjesto predviđeno za to.



Slika 4.1.2.11. Ugrađeni PVC prozori na mjestima za ugradnju

Izvor: Autori, slike s mjesta ugradnje prozora u realizaciji firme Sošić D.O.O. Bijelo Polje

Demontaža ugrađenog prozora, ako postoje zahtjevi za to, sastoji se od zaštite prozora od oštećenja, vađenja ankera i sječenja pur pjene. Kod demontaži naročito se obraća pažnja na zaštiti prozora od oštećenja. Nakon toga se pristupa pripremi otvora mjesta montaže kao u fazi 2 montaže prozora od PVC profila.

Faze izrade prozora od ALU profila u radionici

Izrada prozora od PVC profila u radionici sastoji se od sljedećih faza:

1. Priprema radnih mjesta.
2. Izbor materijala.
3. Sječenje radnih elemenata od ALU profila dimenzija predviđenih radnom dokumentacijom.



Slika 4.1.2.12. Sječenje radnih elemenata od ALU profila

Izvor: Autori, slike su iz bravarske radionice Sošić D.O.O. Bijelo Polje

4. Bušenje za spojnice profila na pneumatskoj presi (slika)



Slika 4.1.2.13. Spojnica za ALU profile (slika lijevo) i postupak bušenja otvora na ALU profilu predviđenu za montiranje spojnice (slika desno)

Izvor: Autori, slike su iz bravarske radionice Sošić D.O.O. Bijelo Polje



Slika 4.1.2.14. Otvori na ALU profilu predviđeni za montiranje spojnice (slika lijevo) i montaža spojnice u ALU profil (slika desno)

Izvor: Autori, slike su iz bravarske radionice Sošić D.O.O. Bijelo Polje

5. Izrada štok prozora.
6. Izrada krila prozora.
7. Ugradnja lajsni u krilo prozora.
8. Ugradnja okretno nagibnog mehanizma.
9. Montaža krila i štoka prozora.
10. Pakiranje i priprema za transport prozora od ALU profila

Faze montaže prozora od ALU profila na mjestu montaže

Faze montaže i demontaže prozora od ALU profila je isto kao prozora od PVC profila, samo je obavezno povezivanje štoka s uzemljenjem električne instalacije.

Zadatak:

Neka učenici istraže najbolje prakse za održavanje prozora kako bi produžili njihovo vrijeme trajanja i osigurali sigurnost i funkcionalnost. Neka razmotre redovite poslove održavanja, poput čišćenja kanala za odvodnju ili podmazivanja mehanizama za otvaranje/zatvaranje.

Analizirajte prikupljene podatke i predstavite drugim učenicima!

4.1.3. Faze izrade, montaža i demontaža ograde od čeličnih cijevi

Faze izrade ograde od čeličnih cijevi u radionici

Faze izrade (radovi) u radionici su:

1. Pripremni poslovi u radionici (osiguravanje radnog mjesta u cilju sigurnosti rada, priprema alata i opreme za rad i dr.).
2. Prije sječenja cijevi se očiste od prljavštine, omašćuju i zaštićuju od korozije kako je predviđeno tehnološkim postupkom (najčešće samo osnovnim zaštitnim premazom, dok se finalni zaštitni premaz nanosi na kraju montaže).
3. Cijevi se sijeku po dimenzijama kako je dato radnom dokumentacijom.
4. Izrada sklopnih dijelova ograde (cijevi se spajaju zavarivanjem, koji je najčešći slučaj spajanja cijevi, ili nekim drugim vezama kako je definirano sklopnim crtežima i tehnološkim postupkom.
5. Zavareni spoj se brusi i zaštićuje od korozije antikorozivnim sredstvima.
6. U slučaju da je ograda velikih dimenzija u radionicama se izrađuju sklopni dijelovi ograde dimenzija koji se mogu transportirati i na mjestu ugradnje se onda dijelovi ograde spajaju u jednu cjelinu, prema tehnološkoj i radnoj dokumentaciji.
7. Označavanje sklopnih dijelova, elemenata i dijelova prema radnoj dokumentaciji.
8. Probna montaža, ako je predviđena tehnološkim postupkom.
9. Pakiranje sklopnih dijelova, elemenata i dijelova prema radnoj dokumentaciji.
10. Otpremanje sklopnih dijelova, elemenata i dijelova u skladište (magazin) za dalji transport do mjesta montaže.

Faze izrade ograde od čeličnih cijevi na mjestu montaže

Faze izrade (radovi) na mjestu montaže su:

1. Pripremni poslovi na mjestu montaže pri montaži ograde od čeličnih cijevi (osiguravanje radnog mjesta u cilju sigurnosti rada, postavljanje veza ograde i potkonstrukcije u potkonstrukciji za koje se ograda povezuje prema radnoj dokumentaciji, postavljanje alata i opreme na radno mjesto montaže, postavljanje sklopnih dijelova za montiranje prema radnoj dokumentaciji i dr.).
2. Ograda se fiksira kako bi se izvršio pregled.
3. Dijelovi ograde se spajaju zavarivanjem, osim na mjestima gdje je projektom predviđen prorez za proširenje.
4. U slučaju već izgrađenih objekata, ograda se može naknadno ankerisati za potkonstrukciju anker vijcima preko osnovnih ploča koje su zavarene na dno stuba i imaju prethodno izbušene rupe za anker vijke.
5. Ojačanu ogradu pregleda nadzorni inženjer.
6. Poslije izvršenog pregleda sljedeća operacija montaže ograde je finalno spajanje ograde za potkonstrukciju.
7. Poslovi nakon urađenog posla (čišćenje radnog mjesta, odnošenje otpada, alata i opreme i dr.).

Ako se nakon pregleda utvrde nepravilnosti u izradi bravarskih proizvoda (dimenzionalne, geometrijske, estetske), pristupa se demontaži elemenata, sklopova ili cijele konstrukcije.



Slika 4.1.3.1. Prikaz urađenih bravarskih proizvoda: ograda od čeličnih cijevi, vrata i prozori od PVC profila

Izvor: Autori

4.1.4. Faze izrade, montaža i demontaža stepeništa od cijevi i/ili čeličnih profila

Konstrukcija stepeništa zavisi od oblika osnove stepeništog prostora. Najčešće osnove stepenišnog prostora su:

- Stepeništa kod kojih su glavni noseći elementi grede na koje se oslanja stepenišna ploča.
- Stepeništa kod kojih su glavni noseći elementi ploče.
- Konzolne stepeništa.



Slika 4.1.4.1. Metalna stepeništa

Izvor: Autori

Faze izrade stepeništa od cijevi i/ili čeličnih profila u radionici

1. Pripremni poslovi u radionici. Faze pripremnih poslova kod izrade stepeništa od čeličnih profila su slične kao i kod drugih bravarskih proizvoda od čeličnih cijevi i/ili profila (prozor, vrata, ograda, nadstrešnica i dr., tako da i ovdje imamo: Analiza, planiranje i organizacija bravarskih radova; Protumači dio tehničko-tehnološke dokumentacije potreban za rad; Izrada skica potrebnih za obavljanje radnog zadatka; Osiguravanje radnog mjesta u cilju sigurnosti rada; Priprema alata i opreme za rad i dr. Za razliku od prozora, konstrukcija vrata ograde je složenija i podfaze za izradu stepeništa su složenije od prethodnih bravarskih proizvoda.
2. Priprema materijala (metalne cijevi, profili) obuhvaća čišćenje cijevi od prljavština, omašćivanje i zaštita od korozije (najčešće samo osnovnim zaštitnim premazom, dok se finalni zaštitni premaz nanosi na kraju montaže), uzimanje mjera, ocrtavanje i obilježavanje materijala. Zbog složenosti konstrukcije priprema materijala je za ovaj bravarski proizvod složenija u odnosu na ranije navedene bravarske proizvode i zato se mora pripremiti u sekcijama.
3. Sječenje cijevi i profila izrada elemenata od cijevi po dimenzijama kako je dato radnom dokumentacijom. Označavanje bravarskih elemenata radi izrade sklopnih dijelova.
4. Izrada sklopnih dijelova (noseće konstrukcije, ograde, gazišta stepenica) i dr.). Sklopni dijelovi izrađuju se spajanjem cijevi zavarivanjem, koji je najčešći slučaj spajanja cijevi, ili nekim drugim vezama kako je definirano sklopnim crtežima i tehnološkim postupkom. Zavareni spoj se brusi i zaštićuje od korozije antikorozivnim sredstvima. Pristupa kontroli i korekciji pravilnosti položaja i dimenzija montiranih bravarskih elemenata i sklopova. Označavanje sklopnih dijelova radi montaže. Proces izrade sklopnih dijelova je zahtjevan i često pored stručnosti radnika bravara neophodne su vještine koje su se stekle iskustvom tijekom dugogodišnjeg rada.

5. U radionici se montiraju sklopni dijelovi stepeništa koji se mogu transportirati do mjesta montaže kompletne konstrukcije stepeništa. Spajanje podsklopova noseće konstrukcije se radi zavarivanjem. Zavareno mjesto i sam var se čisti, brusi i zaštićuje od korozije.
6. Pakiranje sklopnih dijelova otprema se u skladište za transport prema mjestu montaže. Prilikom pakiranja prozora moraju se zadovoljiti sljedeći uvjeti: sigurnost prilikom transporta, sprječavanje oštećenja prilikom transporta i dr.
7. Otpremanje sklopnih dijelova na mjesto montaže.

Faze izrade stepeništa od cijevi i/ili čeličnih profila na mjestu montaže

1. Pripremni poslovi na mjestu montaže kod montaže stepeništa od čeličnih cijevi i/ili čeličnih profila (Osiguravanje radnog mjesta u cilju sigurnosti rada, montiranje pomoćne skele za montažu, postavljanje alata, pribora i opreme na radno mjesto montaže, postavljanje sklopnih dijelova i elemenata za montiranje prema radnoj dokumentaciji i dr.).
2. Montaža stepeništa na mjestu montaže je kompleksna i često je podijeljena na sekcije (montaža noseće konstrukcije, montaža gazišta, montaža zaštitne ograde i dr.). Prvo se radi montaža noseće konstrukcije stepeništa. Noseća konstrukcija se fiksira kako bi se izvršio pregled. Spajanje podsklopova noseće konstrukcije se radi zavarivanjem. Zavareno mjesto i sam var se čisti i brusi. Poslije svakog montiranog podsklopa, kao i poslije kompletne montaže noseće konstrukcije pristupa sa kontroli točnosti dimenzija funkcionalnih dimenzija noseće konstrukcije i njihovoj korekciji u skladu s tehničko-tehnološkom dokumentacijom. Poslije kontrole točnosti dimenzija i korekcije pristupa se zaštiti konstrukcije od korozije nanošenjem antikorozivnih premaza. U slučaju da se radi o pocinčanim sklopovima i elementima pristupa se hladnom cinkovanju na mjestu montaže. Druga, odnosno treća faza je montiranje gazišta (stepenica) i ograde za zaštitu prema radnoj dokumentaciji. U slučaju ako dijelovi gazišta i ograde imaju elemente od nečeličnih materijala (drvo, PVC, kompozitni i dr.) oni se montiraju poslije spajanja varenjem i zaštite od korozije kompletne metalne konstrukcije stepeništa.
3. Poslovi nakon urađenog posla (čišćenje radnog mjesta, odnošenje otpada, alata i opreme i dr.)

4.1.5. Faze izrade, montaža i demontaža nadstrešnice

Nadstrešnice se postavljaju kod ulaznih vrata, iznad terasa, balkona, u dvorištu ili nekom javnom mjestu (samostalne noseće nadstrešnice) i dr. Najčešće predstavljaju kombinaciju čeličnih materijala za noseću i krovnu konstrukciju i polikarbonata ili nekog drugog nečeličnog materija (crijep, drvo i dr.) za krov. Nadstrešnice sve više predstavljaju gotov proizvod određenih standardnih dimenzija, koji je moguće kupiti u specijaliziranim prodavnicama i kasnije montirati na mjestu montaže.

Konstrukcija nadstrešnice najčešće ima tri osnovne cjeline (sekcije): noseća konstrukcija, krovna konstrukcija i krov.

Faze izrade nadstrešnice u radionici

1. Pripremni poslovi
2. Pripremni poslovi u radionici (Analiza, planiranje i organizacija bravarskih radova; Protumači dio tehničko-tehnološke dokumentacije potreban za rad; Izrada skica potrebnih za obavljanje radnog zadatka; Osiguravanje radnog mjesta u cilju sigurnosti rada; Priprema alata i opreme za rad, i dr.).
3. Priprema materijala (metalne cijevi, profili) obuhvaća čišćenje cijevi od prljavština, omašćivanje i zaštita od korozije (najčešće samo osnovnim zaštitnim premazom, dok se finalni zaštitni premaz nanosi na kraju montaže), uzimanje mjera, ocrtavanje i obilježavanje materijala.
4. Sječenje cijevi – izrada elemenata od cijevi po dimenzijama kako je dato radnom dokumentacijom. Označavanje i odvajanje bravarskih elemenata radi po sekcijama ili čak po grupama unutar svake sekcije radi lakše izrade sklopnih dijelova.
5. Izrada sklopnih dijelova. Sklopni dijelovi izrađuju se spajanjem cijevi zavarivanjem, koji je najčešći slučaj spajanja cijevi, ili nekim drugim vezama kako je definirano sklopnim crtežima i tehnološkim postupkom. Zavareni spoj se brusi i zaštićuje od korozije antikorozivnim sredstvima. Pristupa kontroli i korekciji pravilnosti položaja i dimenzija montiranih bravarskih elemenata i sklopova. Označavanje i odvajanje sklopnih dijelova radi montaže je složen posao i zahtjeva stručnost i pažljiv rad.
6. U radionici se montiraju sklopni dijelovi stepeništa koji se mogu transportirati do mjesta montaže kompletne konstrukcije stepeništa. Spajanje podsklopova noseće konstrukcije se radi zavarivanjem. Zavareno mjesto i sam var se čisti, brusi i zaštićuje od korozije.
7. Pakiranje sklopnih dijelova se otprema u skladište za transport prema mjestu montaže. Prilikom pakiranja prozora moraju se zadovoljiti sljedeći uvjeti: sigurnost prilikom transporta, sprječavanje oštećenja prilikom transporta i dr.
8. Otpremanje sklopnih dijelova na mjestu montaže.

Faze izrade nadstrešnice na mjestu montaže

1. Pripremni poslovi na mjestu montaže pri montaži nadstrešnice od čeličnih cijevi i/ili čeličnih profila (Osiguravanje radnog mjesta u cilju sigurnosti rada, montiranje pomoćne skele za montažu, postavljanje alata, pribora i opreme na radno mjesto montaže, postavljanje sklopnih dijelova i elemenata za montiranje prema radnoj dokumentaciji i dr.).
2. Montaža nadstrešnice na mjestu montaže je kompleksna i često je podijeljena na sekcije (montaža noseće konstrukcije, montaža krovne konstrukcije, montaža krova i dr.). Prvo se radi montaža noseće konstrukcije nadstrešnice. Noseća konstrukcija se fiksira da bi se izvršio

pregled. Spajanje podsklopova noseće konstrukcije se radi zavarivanjem. Zavareno mjesto i sam var se čisti i brusi. Poslije svakog montiranog podsklopa, kao i poslije kompletne montaže noseće konstrukcije pristupa sa kontroli točnosti funkcionalnih dimenzija noseće konstrukcije i njihovoj korekciji u skladu s tehničko-tehnološkom dokumentacijom. Poslije kontrole točnosti dimenzija i korekcije pristupa se zaštiti konstrukcije od korozije nanošenjem antikorozivnih premaza. U slučaju da se radi o pocinčanim sklopovima i elementima pristupa se hladnom cinkovanju na mjestu montaže. Druga faza je montiranje krovne konstrukcije. Krovna konstrukcija se fiksira za noseću konstrukciju radi kontrole točnosti dimenzija i moguće korekcije. Spajanje noseće konstrukcije i krovne konstrukcije, kao i samo spajanje unutar krovne konstrukcije najčešće se radi zavarivanjem. Zavareno mjesto se čisti i štiti osnovnim premazom antikorozivnih sredstava za zaštitu. U slučaju da se radi o pocinčanim cijevima onda se na mjestu montaže primjenjuje hladno cinkovanje materijala. Treća faza montaže je montaža krova koji je u novije vrijeme najčešće od polikarbonatnih materijala. Veza krova i krovne konstrukcije je vijčana. Osim vijaka koriste se elementi za sprječavanje prodora atmosfere vode (kiše) preko veze ispod krova. Za to se najčešće koriste gumene podloške koje u kombinaciji s metalnim podloškama, vijkom i navrtkom predstavljaju sklop za vezu.

3. Poslovi nakon urađenog posla (čišćenje radnog mjesta, odnošenje otpada, alata i opreme i dr.)

U slučaju da se radi o nadstrešnicama kao gotovim proizvodima onda se postupak montaže ima samo vezu nadstrešnice za objekt na mjestu ugradnje. Veza nadstrešnice i objekta definirana je od strane proizvođača i uz nju, kao gotov, proizvod, dolazi i uputa za montažu.

Zadatak 1: Posjetite gradilište, posmatrajte i prikupite informacije u vezi spajanje metalne ograde na betonsku konstrukciju.

Analizirajte prikupljene podatke i predstavite ih drugim učenicima!

Zadatak 2: Napraviti sustav za spajanje metala i plastike, gdje je potreban dobar spoj da bi se osigurala dobra vodena propusnost. Koje metode i materijali bi bili najpogodniji za ovo?

Analizirajte prikupljene podatke i predstavite ih drugim učenicima!

Zadatak 3: Skiciraj spoj koji treba integrirati metal i staklo kako biste osigurali stabilnost ovog spoj i održali integritet stakla?

Analizirajte prikupljene podatke i predstavite ih drugim učenicima!

4.3. Priprema i zaštita površina izrađenih proizvoda

Antikorozivna zaštita metalnih dijelova treba biti u skladu sa stupnjem izloženosti koroziji, tj. određenog utjecaja korozivne klime u kojoj se bravarski proizvod nalazi i važećih propisa, treba izraditi posebno projektno rješenje, odrediti ga i uvjetovati:

- način pripreme metalne površine za zaštitu,
- izbor, svojstva i uvjeti kvalitete zaštite,
- izbor odgovarajućeg izvođača;
- postupak provođenja i način održavanja provedene zaštite.

Projektom konstrukcije treba stvoriti tehničke uvjete za izvođenje antikorozivne zaštite za svaki dio metalne konstrukcije.

Prilikom projektiranja i primjene treba razlikovati sljedeće moguće vrste zaštite:

- organski premazi,
- metalne prevlake i
- neorganske prevlake.

Proces pripreme metalnih površina (čišćenja) za nanošenje zaštitnih slojeva treba biti uvjetovan projektom i proveden u skladu sa standardima i važećim propisima.

Čišćenje novih čeličnih konstrukcija i elemenata mora se vršiti na jedan od sljedećih načina:

- odmašćivanje,
- mehaničko čišćenje (ručno ili mehaničko s rotirajućim četkama),
- pjeskarenje mlazom pijeska ili sačmarenje (oštra ili okrugla sačma),
- plamen (oksiacetilen),
- kemijska sredstva i struganje (čekićem i strugačem).

Nakon čišćenja, površine treba obrisati prašinom, usisivačem ili mlazom suhog komprimiranog zraka.

Pripremljene i očišćene površine moraju biti prekrivene zaštitnim premazima u roku od 6-8 sati. U suprotnom, proces čišćenja se mora ponoviti.

Priprema površine čeličnih elemenata s pohabanom ili oštećenom postojećom antikorozivnom zaštitom treba uraditi na jedan ili više od sljedećih načina:

- mehaničko čišćenje (ručno ili mehaničko s rotirajućim četkama),
- pjeskarenje mlazom pijeska ili sačmarenje (oštra ili okrugla sačma),
- plamenom (i mehanički s više od 20 % korodirane površine);
- kemijski agensi(sredstva).

Na elementima sa samo djelomično oštećenom postojećom zaštitom, čišćenje se vrši samo na tim dijelovima.

Stare zaštite koje su izgubile samo elastičnost i sjaj mogu se aktivirati hrapavljenjem brusnim papirom u dva vertikalna smjera i zaprašivanjem ili kemijskim aktivatorom i ojačati novim premazima.

Nanošenje zaštitnog premaza treba vršiti prema uputama proizvođača toga premaza.

Nakon završene ugradnje bravarskog proizvoda (metalne konstrukcije), nastavljaju se radovi na antikorozivnoj zaštiti.

U slučaju konstrukcija zaštićenih toplim cinkovanjem, svako oštećenje zaštite treba sanirati na licu mjesta hladnim cinkovanjem.

Prilikom preuzimanja montažnih radova čelične konstrukcije potrebno je obratiti pažnju na sva moguća odstupanja od projekta, mjerena i evidentirana u montažnom dnevniku.

4.2.1. Zaštita punih metalnih vrata i prozora od čeličnih profila

Vrata se izrađuju od standardnih čeličnih cijevi i L profila kao i čeličnih profila oblikovanih prema fabričkim detaljima i čeličnih limova debljine 0,7 – 4 mm. Elementi se spajaju zavarivanjem. Na dovratnik se zavaruju ankeri od kvadratnih ili okruglih čeličnih šipki, ili se ankerisanje vrši fabričkim anker vijcima kroz rupe u ramu. Antikorozivna zaštita se izvodi organskim premazima prema projektu, u skladu s ISO 12944.

Prozor je izrađen od standardnih čeličnih cijevi usvojenih fabričkih detalja prema projektu. Za okvir prozora zavaruju se ankeri od kvadratnih ili okruglih čeličnih šipki, ili se ankerisanje ostvaruje fabričkim anker vijcima kroz rupe u okviru.

Antikorozivna zaštita čeličnih vrata provodi se temeljnim premazom (radionica) i sintetskom bojom (gradilište). Antikorozivna zaštita mora biti prema projektu i u skladu s ISO 12944.

4.2.2. Zaštita ograde od čeličnih cijevi ili pocinčanih cijevi

Nakon izgradnje ograde od čeličnih cijevi ili pocinčanih cijevi na lokaciji predviđenoj projektom pristupa se završnim radovima njene zaštite antikorozivnim premazom. Antikorozivna zaštita se izvodi organskim premazima prema projektu, u skladu sa standardima koji definiraju tu oblast (za ograde od čeličnih cijevi ISO 12944, a za ograde od pocinčanih cijevi ISO 1461).

Ograde od čeličnih cijevi pričvršćene za potkonstrukciju anker vijcima zavarivanjem zaštićuju se od korozije tako što se zavareni spoj mora očistiti brušenjem vara. Nakon brušenja vara, ograde se dva puta premazuje antikorozivnim sredstvom. Stubovi moraju biti zaštićeni tako da se premazuju najmanje 10 mm ispod površine betona.

Ograde od pocinčanih cijevi pričvršćene za potkonstrukciju zavarivanjem zaštićuju se od korozije tako što se zavareni spoj mora očistiti brušenjem vara. Antikorozivna zaštita se izvodi metalizacijom cinkom na mjestima zavarenih spojeva ili kompletnim vrućim cinkovanjem ograde u skladu sa standardima koji definiraju zaštitu od korozije.

4.2.4. Zaštita metalnih stepenica i nadstrešnica

Metalni dijelovi stepeništa i nadstrešnica se izrađuju od nerđajućeg čelika ili ugljeničnog čelika s naknadnom antikorozivnom zaštitom ili cinkovanjem, u skladu s odgovarajućim standardom koji definira antikorozivnu zaštitu.

U slučaju proizvodnje od crnog čelika, nakon zavarivanja i čišćenja zavarenog spoja, nanosi se zaštitni antikorozivni premaz u skladu s standardom ISO 12944 ili galvanizacija prema ISO 1461. U slučaju proizvodnje od nerđajućeg čelika, nakon TIG zavarivanja, u cilju ponovnog uspostavljanja homogenog pasivnog filma koji štiti površinu materijala se čisti – bojenje i pasivizacija kompletne konstrukcije.

Prijedlog pitanja u vezi pripreme i zaštite površina izrađenih bravarskih proizvoda:

1. Zašto je priprema površine važna pri izradi bravarskih proizvoda?
2. Kakva je uloga osnovnog premaza u zaštiti bravarskih proizvoda?
3. Koje su osnovne faze i postupci pri pripremi površine prije nanošenja zaštitnih premaza?
4. Kako odabrati pravi premaz za određenu vrstu materijala i okoliša u kojem će proizvodu biti korišten?
5. Kako se provodi postupak galvanizacije i koje su njegove prednosti u zaštiti površine metalnih proizvoda?
6. Kako se primjenjuju premazi protiv vremenskih utjecaja (npr. UV zaštita) na bravarske proizvode?
7. Koji su faktori koji mogu utjecati na trajnost zaštitnih premaza na bravarskim proizvodima?

5. Termini

Fizička svojstva – obuhvaćaju karakteristike koje se mogu promatrati ili mjeriti bez izazivanja promjena u samoj supstanci.

Mehanička svojstva – odnose se na ponašanje materijala pod utjecajem mehaničkih sila.

Tehnološka svojstva – odnose se na karakteristike koje utječu na procese proizvodnje, obrade, i upotrebu materijala u tehničkim i tehnološkim aplikacijama.

Kemijska svojstva – odnose se na njihovu sposobnost da reagiraju s drugim supstancama i podliježu kemijskim promjenama.

Mjerenje – proces određivanja vrijednosti ili kvantiteta nekog svojstva ili veličine.

Kontroliranje – proces uspoređivanja određene veličine s unaprijed utvrđenom veličinom.

Tehnička dokumentacija – obuhvaća skup pisanih, crtanih i drugih informacija koje opisuju i objašnjavaju tehničke aspekte proizvoda, sustava ili procesa.

Tehničko crtanje – proces stvaranja preciznih i jasnih crteža koji opisuju geometrijske oblike, dimenzije, materijale i druge tehničke karakteristike proizvoda, sustava ili komponenti.

Tehnološki postupak – odnosi se na niz koraka i operacija koje se izvode kako bi se proizveo proizvod, sustav ili obavila određena tehnička aktivnost.

O crtavanje – prenošenje mjera s crteža na radni predmet.

Obilježavanje – formiranje linija u vidu točaka ili samo točaka (obilježavanje mjesta rupe prije bušenja i sl.)

Testerisanje (Pilanje) – postupak obrade rezanjem strugotine, koji se primjenjuje za odsijecanje, rasijecanje i usijecanje.

Turpijanje – postupak obrade materijala skidanjem strugotine alatom koji se naziva turpija.

Bušenje – postupak obrade rezanjem i koristi se za izradu i obradu rupa i otvora.

Brušenje – obično se koristi da bi se postigle precizne dimenzije, poboljšala završna obrada površine ili uklonio materijal.

Rastavljivi spojevi – spojevi koji su dizajnirani da se lako rastavljaju i korisni su u situacijama kada komponente treba više puta sklopiti i rastavljati.

Nerastavljivi spojevi – spojevi koji su dizajnirani da budu trajni i da se ne mogu lako rastaviti kao zavarivanje, lijepljenje i neke vrste zakivanja.

Montaža – proces sastavljanja ili instaliranja komponenti za stvaranje kompletne strukture, uređaja ili sustava (sklapanje strojeva, instaliranje opreme ili sastavljanje komponenti u građevinskom projektu).

Demontaža – proces rastavljanja ili dekonstrukcije strukture, sustava ili uređaja.

Korozija – proces postepenog propadanja ili uništavanja materijala, obično metala, uslijed kemijskih, elektrokemijskih ili drugih reakcija s okolinom.

6. Popis literature:

1. Duraković Lj., Merenje i kontrolisanje za četvrti razred mašinske škole, Zavod za udžbenike Beograd, Beograd 2006.
2. Ćorović S., Tehnologija zanimanja za 3. razred Mašinske stručne škole Zanimanje: BRAVAR, IP „Svjetlost“ dd, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva Sarajevo, Sarajevo 2001.
3. Dr. Bajrush Bytyqi & Dr. Hysni Osmani, Materialet e makinerise per shkolla te mesme
4. Stjepan Karlović, Tehničko crtanje, Sarajevo, 2009.
5. Sead Sakić, Praktična nastava – ručna obrada metala, Sarajevo, 1997.
6. Branko Kovač, Tehničko crtanje, Zagreb, 1967.
7. Branislav Ilić, Mašinsko tehničko crtanje, Beograd, 1966.
8. Bojan Kraut, Strojarski priručnik, Zagreb, 1966.
9. Ivo Slede, Obrada materijala zanimanje 010104 – strojarski tehničar, Zagreb, 2018.
10. EMRUSH ISENI, inxh. i dip. i makinerisë, DETALET E MAKINAVE ME MEKANIKË, Shkup 2013
11. Ms.c. Ing. Jeton Gashi,IWS, Paketa mësimore për saldimi – Eurometal Academy, Ferizaj 2023
12. Ausbildungseinheit für; Anlagen- und Apparate- bauer/innen EFZ, Reform 2013
13. M.sc. Ing. Jeton Gashi, Udhëzues për praktikë profesionale për klasat e X-ta në profilet e makinerisë, Prishtinë 2018
14. Shqiponja Abdullahu, Detalet e makinave per përdorim intern Q.K. “Shtjefën Gjeçovi” Prishtinë
15. METAL WORK –Machining, Build a Drill Press Vise Youth Explore Trades Skills

Internet literatura

1. <https://www.bernardo.at/en/dmt-20.html>
2. [www.measuringtools.com/vernier caliper](http://www.measuringtools.com/vernier-caliper/)
3. [www.DGUV](http://www.DGUV.de) Information 211-041
4. [www.Grenzrachenlehre](http://www.Grenzrachenlehre.de)
5. [www.Thread gauge tool](http://www.Threadgauge.com) [www.Vernier](http://www.Vernier.com) 0,05
6. [www.Micrometer](http://www.Micrometer.com)
[www.metalwork-general-giz](http://www.metalwork-general-giz.com)
7. [www.Fachkunde metal](http://www.Fachkunde-metal.com)

