

# ZAŠTITA RADNIKA PRI POSTUPCIMA OBRADJE MATERIJALA ODVAJANJEM ČESTICA

---

**Tintor, Slaven**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac  
University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:577395>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-06**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied  
Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite  
Stručni studij sigurnosti i zaštite

**Slaven Tintor**

**ZAŠTITA RADNIKA PRI POSTUPCIMA  
OBRADE MATERIJALA ODVAJANJEM  
ČESTICA**

**ZAVRŠNI RAD**

Karlovac, 2020.

Karlovac University of Applied Sciences

Safety and Protection Department

Professional undergraduate study of Safety and Protection

**Slaven Tintor**

**PROTECTION OF WORKERS IN MATERIAL  
PROCESSING PROCEDURES BY PARTICLE  
SEPARATION**

Final paper

Karlovac, 2020.

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite  
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Slaven Tintor

**ZAŠTITA RADNIKA PRI POSTUPCIMA  
OBRADE MATERIJALA ODVAJANJEM  
ČESTICA**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: prof.dr.sc. Budimir Mijović

Karlovac, 2020.

# VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

## ODJEL SIGURNOSTI I ZAŠTITE

### ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Slaven Tintor, matični broj:0416616050

Naslov: Zaštita radnika pri postupcima obrade materijala odvajanjem čestica

Opis zadatka:

Tema završnog rada je zaštita radnika pri postupcima obrade materijala uklanjanjem čestica. U radu su opisani postupci obrade materijala uklanjanjem čestica, osobna, zaštitna oprema, uređaji i naprave koji radniku omogućavaju siguran rad pri obavljanju navedenih poslova. Zaštita radnika je najvažniji segment u bilo kojoj radnoj organizaciji, jer ako nema zadovoljavajuće zaštite sigurnosti radni procesi ne smiju niti započinjati. Zaštita radnika je regulirana zakonima i drugim propisima. Na poslodavcima je da te zakone poštuju i provode.

Zadatak zadan:

13.01.2019.

Rok predaje:

15.05.2020.

Predviđen datum obrane:

19.06.2020.

Mentor:

Prof.dr.sc.Budimir Mijović

Predsjednik ispitnog povjerenstva:

Mr.sc.Snježana Kirin, Viši pred.

**PREDGOVOR:**

Završni rad je predstavljanje kolika je važnost da se radnici prilikom obavlja radnih postupak zaštite što osobnom zaštitnom opremom, što zaštitnim napravama i uređajima. Potpuno otklanjanje opasnosti ne možemo postići, ali je možemo uvelike smanjiti.

Radnik koji se osjeća sigurno na svom poslu je zadovoljan radnik, i njegova produktivnost je veća. Toga svaki poslodavac treba biti svjestan, jer ulaganje u sigurnost radnika i briga za njega je ulaganje u budućnost.

Zahvaljujem mentoru, prof. dr. sc. B. Mijoviću koji mi je ukazao svoje povjerenje uzevši me pod svoje mentorstvo, te mi ukazao na literaturu koja mi je potrebna pri pisanju ovog rada.

Zahvaljujem svojoj obitelji, a posebno supruzi Ivani na strpljenju i potpori koju je pokazala tokom cijelog mog školovanja, jer bez nje ne bi uspio u svom naumu da steknem diplomu.

Hvala Vam!

Slaven Tintor

## **SAŽETAK**

Tema završnog rada pojašnjava koji su to postupci obrade materijala uklanjanjem čestica, te osobnu zaštitnu opremu, uređaje i naprave kojima se umanjuje opasnost i omogućuje siguran rad radnicima pri obavljanju navedenih proizvodnih procesa. S vremenom se proizvodni procesi mijenjaju i napreduju, isto se tako i zaštita radnika mijenja i napreduje. Iznimno je važno da poslodavci kvalitetno prate zakone u vezi zaštite radnika i dosljedno ih provode, a na radnicima je koji izvode proizvodne procese da se ponašaju u skladu sa njima.

Ovaj rad ima nekoliko cjelina kroz koje se opisuju procesi obrade materijala i zaštita radnika koji ih izvode.

**Ključne riječi:** strojevi za obradu odvajanjem čestica, zaštitni uređaji, opasnost, osobna zaštitna oprema.

## **SUMMARY**

The topic of the final work explains what are the processes of material treatment by removing particles, as well as personal protective equipment, devices and devices that minimize the danger and enable safe work for workers during the above production processes. Over time, production processes change and progress, as does worker protection.

It is of the utmost importance that employers monitor and enforce the laws regarding the protection of workers with good quality, and it is up to the workers who carry out the production processes to comply with them.

This paper has several sections that describe the processes of material processing and the protection of workers who perform them.

## **KEYWORDS**

Particle separation machines, safety devices, danger, personal protective equipment.

# SADRŽAJ

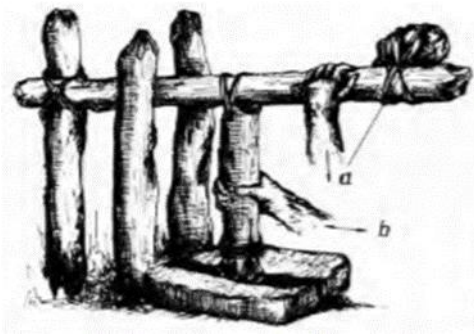
<b>1. UVOD</b>	1
<b>2. OPASNOSTI NA STROJEVIMA</b>	3
2.1 Mehanički izvori opasnosti	4
2.2 Osnovna pravila zaštite na radu	4
2.3 Posebna pravila zaštite na radu	5
2.4 Osposobljavanje za rad na siguran način	5
2.5 Pravila za rad na siguran način na alatima i strojevima	6
2.6 Rad sa strojevima i uređajima s povećanim opasnostima	6
<b>3. POSTUPCI OBRADJE MATERIJALA SKIDANJEM ČESTICA</b>	8
3.1 Podjela obrade materijala odvajanjem čestica	9
3.1.1 Ručna obrada	9
3.2 Strojna obrada	13
3.2.1 Obrada s čvrstom oštricom	13
3.2.2 Obrada s slobodnom oštricom	15
3.2.3 Obrada bez oštrice	16
<b>4. OSOBNA ZAŠTITNA OPREMA PRILIKOM RADA SA ALATIMA I STROJEVIMA ZA OBRADU MATERIJALA UKLANJANJEM ČESTICA</b>	19
4.1 Osobna zaštitna oprema za zaštitu glave, vrata, očiju i lica	20
4.1.1 Oprema za zaštitu glave	20
4.1.1.1 Zaštitne kacige	20
4.1.1.2 Zaštita gornjeg dijela glave i skalpa	22
4.1.1.3 Zaštitna pokrivala	24
4.1.1.4 Zaštitne kapuljače i marame	24
4.1.2 Oprema za zaštitu očiju i lica	24
4.2 Osobna zaštitna oprema za zaštitu organa za disanje	28
4.3 Osobna zaštitna oprema- zaštitna odjeća	29



4.4 Osobna zaštitna oprema- zaštitne rukavice	30
4.5 Osobna zaštitna oprema za zaštitu nogu i stopala	31
<b>5. ZAŠTITNE NAPRAVE I UREĐAJI NA ALATIMA I STROJEVIMA ZA OBRADU MATERIJALA UKLANJANJEM ČESTICA</b>	<b>33</b>
5.1 Zaštitne naprave	33
5.1.1 Čvrste i/ili nepomične zaštitne naprave	34
5.1.2 Blokirane zaštitne naprave	35
5.1.2.1 Električna instalacija s fotočelijama	35
5.1.3. Automatske zaštitne naprave	36
5.1.4 Uređaji za daljinsko upravljanje	36
5.2 Zaštitni uređaji	37
<b>6. PRIMJER- ZAŠTITA RADNIKA PRI STROJNOJ OBRADI MATERIJALA BRUŠENJEM</b>	<b>39</b>
6.1 Opasnosti koje se javljaju kod brušenja	39
6.2 Mjere zaštite pri brušenju	39
<b>7. ZAKLJUČAK</b>	<b>43</b>
<b>8. LITERATURA</b>	<b>44</b>
<b>9. PRILOZI</b>	<b>45</b>
9.1 Popis slika	45
9.2 Popis tablica	46

## 1. UVOD

Alat je oruđe za oblikovanje materijala i izvođenje radnih operacija, izrađen od različita materijala, najčešće sa svojstvima poluge, kosine ili klina (jednostavni strojevi), na primjer kliješta, svrdlo, sjekira, čekić. Nalazišta iz starijeg kamenog doba pokazuju da je čovjek kao alate već tada koristio predmete nađene u prirodi. Izrada alata i njihova uporaba bitna su značajka čovjeka, koji je isprva alatom rukovao samo svojom fizičkom snagom. Prva oblikovanja alata i primjena za neku obradu smatraju se počecima razvoja obrade odvajanjem čestica. S razvojem čovječanstva usavršavali su se i alati, od prapovijesnog kamenoga noža i kamene sjekire s drvenim drškom do suvremenoga visokokvalitetnog alata. Moderna tehnologija usavršila je stare i razvila mnoge nove alate kako bi omogućila što bržu, vrsniju i jeftiniju proizvodnju. Na sljedećim slikama (1.i 2.) prikazan primjer izgleda prapovijesnog alata i modernog uređaja za obradu materijala uklanjanjem čestica.



Slika 1. Neolitski uređaj za obradu kamenim alatom (6000. God. p.n.e.) [1]



Slika 2. Stolna brusilica (moderno doba)[1]

Kod postupaka obrade odvajanjem se s obratka odvajaju čestice materijala pomoću alata s jednom ili više reznih oštrica u obliku klina. Razni strojevi i uređaji obavljaju različite radne operacije i time direktno pomažu radnicima da obave određene radne zadatke na svojim radnim mjestima. Pri radu na strojevima za obradu odvajanjem čestica postoji stalno izlaganje raznim vrstama opasnosti i opasnih situacija, te mnogim nezgodama, koje mogu rezultirati sa ozbiljnim posljedicama. Pri tome se osim ozljeda radnika misli i na ekonomske gubitke koje tvrtka generira. Pri rukovanju strojevima često se javljaju opasnosti od mehaničkih ozljeda. Pod tim se podrazumijevaju kontuzije, nagnječenja, iščašenja, razderotine, posjekotine, ubodi. Pod mehaničkim ozljedama također spadaju i amputacije pojedinih organa, unutarnje ozljede (lomovi kostiju,...). Obradom podataka o ozljedama koje su nastale na radu s strojevima i alatima za obradu uklanjanjem čestica dolazimo do saznanja da se one učestalo pojavljuju pri rukovanju sa rotirajućim i pokretnim dijelovima stroja ili alata, na dijelu alta ili strojeva gdje može doći do izlijetanja predmeta (dijelova stroja ili alata, čestice predmeta obrade,...). Istraživanja su pokazala da je korištenje zaštitnih naprava itekako potrebno jer je

glavni krivac prilikom nastanka ozljeda gotovo uvijek radnik (pad koncentracije, nepostojanje zaštitne naprave jer je konstruktor nije predvidio, skidanje zaštitne naprave od strane radnika,...) [1].

Obrada materijala odvajanjem čestica je skup postupaka koje određenom obratku daje određeni oblik i određenu hrapavost njegove površine. Oblikovanje obradaka konvencionalnim postupcima , kao što su tokarenje, bušenje, struganje,... tj. kad se materijal skida u obliku strugotine dolazi do pojave rasprskavanja čestica koje predstavljaju opasnost za radnika jer mogu dovesti do ozljeda. To jedan od glavnih izvora opasnosti, i svjesnosti tih pojava nezgoda se smanjuje. Stoga treba težiti da se zaštiti ne samo mjesto rada i dijelovi alata ili stroja gdje se prenosi mehanička energija, nego i da se spriječi i pristup mjestima koja su izvor opasnosti.

Strojevi i uređaji moraju biti tako izrađeni i opremljeni zaštitnim napravama da osobe koje pomoću njih rade ili s njima dolaze u dodir budu zaštićene od ozljeda i opasnosti po zdravlje. Zaštitne naprave moraju onemogućiti zahvaćanje bilo kojeg dijela tijela ili odjeće za vrijeme rada odnosno opasnost po zdravlje radnika. U pravilu moraju biti ugrađene u samo oruđe za rad i moraju biti tako prilagođene da u slučaju bilo kakvog poremećaja automatski i uz najmanji napor obustave rad stroja ili uređaja i spriječe da radnikovo tijelo ili dio tijela ne dospije u opasnost. Također se u neposrednoj blizini moraju postaviti trajna upozorenja ako prilikom rada ili održavanja stroja ili uređaja dolazi do opasnosti za radnika zbog složenosti i skrivenih opasnosti ili opasnih tvari koje se u procesu rada upotrebljavaju [7].

## 2. OPASNOSTI NA STROJEVIMA

Opasnosti mogu izazvati nezgode ili štetno djelovati na organizam i radnu sposobnost radnika uzrokujući ozljede ili profesionalne bolesti. Za provođenje učinkovitih mjera zaštite na radu potrebno je poznavati opasnosti koje prijete na radu. Opasnosti u radnom okolišu podrazumijevaju mehaničke opasnosti, štetnosti u radnom okolišu i napore tijekom radnog procesa. Mehaničke opasnosti podrazumijevaju opasnosti od električne struje, opasnosti od požara i eksplozije te toplinske opasnosti. Štetnosti u radnom okolišu vezane su uz djelovanje mikroklimе (temperatura, vlažnost, strujanje zraka), buke i vibracija, kemijskih tvari, bioloških tvari, zračenja i rasvjete. Napori tijekom radnog procesa podrazumijevaju tjelesne te psihofizičke napore. Proizvođač strojeva i uređaja obavezan je ista izraditi sukladno propisima zaštite na radu kako bi se opasnosti i štetnosti koje postoje pri njihovom korištenju otklonile ili smanjile na najmanju moguću mjeru. Proizvođač strojeva i uređaja s povećanim opasnostima dužan je izdati tehničke upute (upute za montažu, demontažu, održavanje i za rad na siguran način) za uporabu sukladno odredbama Zakona [2].

U provođenju mjera zaštite na radu poslodavac je dužan osigurati:

- nabavku i uporabu sredstava rada i osobnih zaštitnih sredstva
- uporabu samo ispravnih sredstava za rad i osobnih zaštitnih sredstva
- primjenu sigurnih načina rada (namjensku uporabu sredstava rada i osobnih zaštitnih sredstava)
- osposobljavanje za stručan rad i za rad na siguran način.

Obveza je rukovatelja strojevima i uređajima:

- prije početka rada temeljno pročitati uputu,
- uputu prihvatiti kao sastavni dio stroja te ga uvijek držati na predviđenom mjestu,
- u slučaju prodaje stroja uputa mora biti uz stroj; ovo je važno u slučaju da u radu stroja dođe do kvara na stroju pa je rukovatelj obavezan zaustaviti rad stroja, otkloniti kvar ako je za to osposobljen,
- uklanjanje kvara mora se obaviti prema uputi proizvođača,
- uputa sadrži i popis najčešćih kvarova, kako se očituju (uzrok) i kako se otklanjaju (rješenje),
- ukoliko rukovatelj strojem ili uređajem nije osposobljen za otklanjanje kvara obavezan je zaustaviti rad stroja ili uređaja i kvar prijaviti neposrednom rukovoditelju.

## **2.1 Mehanički izvori opasnosti**

Mehaničke opasnosti su sve vrste opasnosti koje proizlaze iz mehaničkog djelovanja sredstava rada, a javljaju se pri radu s alatima i strojevima. Mehaničke opasnosti prisutne su kod rukovanja oštrim i šiljastim predmetima, rotirajućim i pravocrtno gibajućim predmetima. Najbrojniji i najčešći izvori opasnosti od ozljeda su mehanički te njima treba obratiti najveću pozornost.

### **Mehaničke opasnosti predstavljaju:**

1. Pad predmeta na radnika (na glavu, ruku, nogu).
2. Pad radnika na razini (neravni podovi, poskliznuće).
3. Pad radnika s visine (s ljestvi, skela, podesta).
4. Pad radnika u dubinu (otvori u podu).
5. Zatrpavanja (npr. pri kopanju).
6. Udar radnika (u vozila, predmete i obrnuto).
7. Dijelovi i čestice koji odlijeću (prilikom tokarenja, brušenja i slično).
8. Rasprskavanje i odlijetanje dijelova i čestica (npr. brusne ploče).
9. Oštri i šiljati predmeti u stanju mirovanja (posjekotine, rane).
10. Rotirajući dijelovi (posjekotine, zahvaćanje dijelova odjeće, uklještenje).
11. Ostali pokretni dijelovi (povratni hod oruđa).

### **Mehanička oštećenja su:**

1. uklještenja,
2. nagnječenja,
3. kontuzije,
4. prijelomi,
5. ubodi,
6. posjekotine,
7. razderotine,
8. amputacije i slično.

## **2.2 Osnovna pravila zaštite na radu**

Pri obavljanju poslova prvenstveno se primjenjuju pravila zaštite na radu kojima se uklanja ili smanjuje opasnost na sredstvima rada (osnovna pravila ZNR). Osnovna pravila zaštite na radu

sadrže zahtjeve kojima moraju udovoljavati sredstvo rada kada je u uporabi, a naročito glede: opskrbljenosti sredstava rada zaštitnim napravama, osiguranje od udara električne struje, sprječavanje nastanka požara i eksplozije, osiguranja potrebne radne površine i radnog prostora, osiguranja potrebnih putova za prolaz, prijevoz i za evakuaciju radnika, osiguranje čistoće, potrebne temperature i vlažnosti zraka, ograničenja brzine kretanja zraka, osiguranje potrebne rasvjete mjesta rada i radnog okoliša, ograničenje buke i vibracije u radnom okolišu, osiguranja od štetnih atmosferskih i klimatskih utjecaja, osiguranja od djelovanja po zdravlje štetnih tvari i zaštita od elektromagnetskih i drugih zračenja te osiguranja prostorija i uređaja za osobnu higijenu.

### **2.3 Posebna pravila zaštite na radu**

Ako se opasnost za sigurnost i zdravlje radnika ne mogu ukloniti primjenom osnovnih pravila zaštite na radu primjenjuju se pravila zaštite na radu koja se odnose na radnike i na način obavljanja radnog postupka (posebna pravila zaštite na radu). Posebna pravila zaštite na radu sadrže uvjete glede dobi života, spola, stručne spreme i osposobljenosti zdravstvenog stanja, duševnih i tjelesnih sposobnosti koje moraju ispunjavati radnici pri obavljanju poslova s posebnim uvjetima rada.

Posebna pravila zaštite na radu sadrže i:

- obvezu i načine korištenja odgovarajućih osobnih zaštitnih sredstava i zaštitnih naprava,
- posebne postupke pri uporabi opasnih radnih tvari,
- obvezu postavljanja znakova upozorenja od određenih opasnosti i štetnosti,
- obvezu osiguranja napitaka pri obavljanju određenih poslova,
- način na koji se moraju izvoditi određeni poslovi ili radni postupci, a posebno glede trajanja poslova jednoličnog rada i rada po učinku,
- postupak s unesrećenim ili oboljelim radnikom do upućivanja na liječenje nadležnoj zdravstvenoj ustanovi.

### **2.4 Osposobljavanje na siguran način**

Poslodavci i njihovi ovlaštenici moraju biti osposobljeni za zaštitu na radu ako postoje opasnosti od ozljeda i profesionalnih bolesti zbog poremećaja u tehnološkom procesu. Svi radnici moraju biti osposobljeni za rad na siguran način (rad bez ugrožavanja vlastitog života i zdravlja, te života i zdravlja drugih radnika). Radnici koji nisu osposobljeni za rad na siguran način mogu raditi samo pod nadzorom. Ukoliko radnik prethodno nije osposobljen za rad na siguran način, zabranjeno mu je samostalno obavljanje poslova, već to obavlja pod nadzorom osposobljenog radnika i to u trajanju od maksimalno 60 dana.

Osposobljavanje (prema postojećim opasnostima, štetnostima i naporima rada) treba provesti:

1. Prije početka rada (samostalnog)
2. Prije promjene u procesu rada radnik mora u svakom trenutku biti siguran i zaštićen prilikom obavljanja svog zadatka, a poslodavac mora osigurati to na način da se provjerava ispravnost radne opreme i njena prikladnost za rad na siguran način. Radna oprema mora biti u skladu sa Zakonom te rizici po zdravlje i sigurnost radnika moraju biti minimalni, a radnik mora biti zaštićen sa osobnom zaštitnom opremom koja je prema Procjeni rizika propisana za njegovo radno mjesto
3. Prije prelaska na drugo radno mjesto.

Drugim riječima cilj je obrazovanja i osposobljavanja za siguran rad prilagoditi radnika zahtjevima poslova i zadataka koje obavlja u pogledu znanja, vještina i navika koje ti poslovi i zadaci postavljaju čovjeku. Kako bi se radnik mogao ponašati na način koji ga osigurava od opasnosti on mora poznavati te opasnosti kao i načine- postupke koji ga mogu zaštititi od određene opasnosti.

## **2.5 Pravila za rad na siguran način na alatima i strojevima**

1. Strojem smije rukovati samo osposobljen radnik.
2. Prije početka rada treba se uvjeriti da rad stroja neće ugroziti druge radnike.
3. Zabranjeno je čišćenje, podmazivanje i popravljavanje stroja ili alata dok je u pogonu.
4. Prostor oko stroja mora biti očišćen, a pristup stroju oslobođen.
5. Potrebno je nositi radnu odjeću koja priliježe uz tijelo.
6. Kosa se treba nalaziti pod kapom ili svezanim maramom.
7. Obavezno je nošenje zaštitnih naočala.
8. Ne smije se nositi kravata, nakit ili slični predmeti dok se radi na stroju.
9. Ne smiju se skidati zaštitne naprave na stroju.
10. Smije se upotrebljavati samo ispravan alat.
11. Svaki kvar ili nedostatak na stroju potrebno je prijaviti odgovornoj osobi.

## **2.6 Rad sa strojevima i uređajima s povećanim opasnostima**

Rad sa strojevima i uređajima s povećanim opasnostima uvelike ugrožava zaposlenika ako nisu ispunjeni zahtjevi koje nameće zaštita na radu (osnovna i posebna pravila zaštite na radu). Cilj je djelovati preventivno i ukloniti sve identificirane opasnosti (u procjeni opasnosti) kako se one ne bi pojavile tokom rada.

Oruđem se smatraju postrojenja, strojevi, uređaji, sredstva za prijenos tereta i mehanizirani ručni alat. Oruđe se u prostoru mora postaviti tako da pokretno oruđe ili njegovi dijelovi ne stvaraju opasna mjesta sa čvrstim ili pokretnim dijelovima u zgradi, izvan zgrade ili u blizini glavnih i pomoćnih prolaza. Pri razmještanju oruđa moraju se predvidjeti slobodne površine za rukovanje i posluživanje oruđa te površine za odlaganje materijala (sirovina, poluproizvoda i gotovih proizvoda).

Radi čišćenja, podmazivanja i održavanja oruđa, moraju se osigurati odgovarajući slobodni prolazi i pristupi oruđu s onih strana gdje se ti radovi obavljaju. Širina pristupa oruđu na kojem radnik obavlja poslove mora biti u skladu s potrebama rada i položaja tijela radnika pri obavljanju tih poslova.

Na oruđu se mora postaviti natpisna pločica s uočljivim dostupnim i trajnim natpisom i s podacima o proizvođaču, tipu, seriji, broju, godini proizvodnje te naznakama o tehničkim karakteristikama oruđa (npr. frekvencija struje, broj okretaja, radni tlak medija, radni napon i dr.), ako taj natpis ili njegov dio nije utisnut na samom oruđu. Ako je posebnim propisima određen sadržaj podataka na natpisnoj pločici oruđa, podaci na oruđu moraju biti u skladu s tim propisima. Ako pri rukovanju i održavanju oruđa, zbog složenosti i skrivenih opasnosti ili opasnih tvari koje se u procesu rada upotrebljavaju ili mogu nastati, postoje opasnosti za radnike, moraju se u neposrednoj blizini oruđa ili na njemu postaviti odgovarajuća trajna upozorenja i upute [3].



### 3. POSTUPCI OBRADE MATERIJALA SKIDANJEM ČESTICA

Razvoj suvremene tehnike uz karakterističan porast brzina odvajanja čestica, opterećenja i povećanja zahtjeva u pogledu sigurnosti, traži nove konstrukcijske materijale s novim fizičko-mehaničkim i eksploatacijskim svojstvima. Obradu materijala odvajanjem čestica sačinjava skup obradnih, tehnoloških i proizvodnih sustava koji se usmjerava i usredotočuje na fizički proces odvajanja materijala pomoću reznih alata. Pod obradnim sustavima misli se na jedan ili više strojeva kojima se vrše određene potrebne operacije obrade materijala s ciljem pretvorbe materijala ili sirovca u poluproizvod ili proizvod. Današnje značenje i važnost obrade odvajanjem čestica kao i prednost pred ostalim tehnologijama su prvenstveno u postizanju najvećih točnosti dimenzija obradaka i najbolje kvalitete obrađene površine. To je moguće stoga što je razvijen veoma veliki broj postupaka, ali i raznih specijaliziranih strojeva i alata koji su uvelike pridonijeli poboljšavanjima produktivnosti i ekonomičnosti obrade materijala. U praksi se događa da uz pronalazak ma kako čvrstog i tvrdog konstrukcijskog materijala uvijek se javlja potreba za drugim, još tvrdim alatnim materijalom. To jest ujedno i osnovni preduvjet za daljnji razvoj tehnike obrade odvajanjem čestica jer će se tehnika obrade odvajanjem čestica razvijati uspješno samo onda, ako pronalazak novih alatnih materijala i izrada samih alata budu tekli ispred razvitka novih i poboljšanih konstrukcijskih materijala. To znači da će svaki pojedini poboljšani segment tehnologije obrade odvajanjem čestica kao cjeline generirati i pokrenuti cijeli niz daljnjih poboljšavanja fizičko-mehaničkih i eksploatacijskih svojstava konstrukcijskih materijala uz naravno dodatne pogodnosti s primjerice proizvodnog, ekonomskog i ekološkog aspekta. Samim time doći će i do usavršavanja posebno važnog sučelja, a to je ono između alata i samog obratka [5].

U dalekoj prošlosti alati su prvenstveno bili sredstva za rad koje se drži u ruci, a služili su za obradu materijala. Danas se pod pojmom alat krije uistinu širok spektar raznih sredstava koji omogućuju uspješno transformiranje materijala, tj. sirovca u gotove proizvode ili pak cijeli niz sredstava koji svakodnevno služe na raznim poljima čovjekova života i djelovanja poput medicine, strojarstva, informatike, elektrotehnike, te primjene u kućanstvu. U obradi odvajanjem čestica alati u užem smislu predstavljaju sredstva kojima se vrši obrada materijala i kojima se u toku produkcije odvajaju čestice s obratka. Zadatak svakog alata za obradu odvajanjem čestica jest da ispuni dva osnovna uvjeta:

1. skinuti određeni sloj materijala s obratka uz nastojanje da skine što veću količinu u jedinici vremena
2. osigurati potrebne dimenzije i odgovarajuću geometriju obratka, ali uz traženu kvalitetu obrađene površine i minimalne troškove obrade.

Obrada odvajanjem čestica vrši se na alatnom stroju, a alatnim strojem, uključujući i alat, upravlja čovjek posredno ili neposredno. Alatnim strojevima nazivaju se svi oni strojevi koji mehaničkim putem obrađuju neki materijal (tokarilice, glodalice, brusilice ...). Prema tome, zadaća alatnih strojeva je da ostvare slijedeće zahtjeve:

- sigurno međusobno gibanje obratka i alata u cilju obavljanja radnje odvajanja čestice materijala,

- da za vrijeme obrade stalno osiguravaju pravilan relativni odnos gibanja obratka i alata, na osnovu postavljenih tehnoloških zahtjeva u pogledu točnosti izrade i kvalitete površine,
- da izdrže djelovanje sila rezanja koje se kao aktivne stvaraju prilikom obrade odvajanjem čestica između oštrice alata i obratka.

Obrada odvajanjem čestica je jedan od značajnijih industrijskih procesa koji ima godišnju vrijednost preko 300 milijardi dolara. Materijali, za čiju su obradu potrebne velike sile rezanja, zahtijevaju i snažne alate. Kod ovih postupaka obrade strugotina se plastično deformira, savija i odvaja od izratka. Geometrija alata je dizajnirana na taj način da je dobivena obrađena površina što je moguće manje plastično deformirana. Obrada kod koje je glavna karakteristika odstranjivanje “viška” materijala se naziva gruba obrada. Ako je primarna namjera izrada finih površina s točnim mjerama obratka onda se naziva fina obrada [1].

### 3.1 Podjela obrade materijala odvajanjem čestica

#### 3.1.1 Ručna obrada:

Obrada ručnim alatima i alatima s pogonom

- Odsjecanje
- Piljene
- Bušenje
- Glodanje
- Turpijanje
- Grecanje

Ručna obrada materijala odvajanjem čestica je obrada koja koristi alat uz snagu mišića. Alat je sredstvo kojim mijenjamo oblik sirovcu, dok se za upravljanje alatom radnik koristi svojom snagom. Osnovni element svih alata za obradu skidanjem strugotine je klin. On svojim vrhom ulazi u materijal i odvaja mu sitne dijelove materijala – strugotinu ili ga samo dijeli (sječe, razdvaja). To ovisi o smjeru ulaza klina u materijal.

**Odsjecanje:** je postupak ručne obrade metala kod kojeg oštrica alata okomito ulazi u materijal obratka velikom silom koja uzrokuje popuštanje materijala i lom. Dolazi do naprezanja materijala koji se plastično deformira. Kod dovoljno velike sile, naprezanje na urezu u materijalu će jako narasti, materijal počinje popuštati (stanjuje se) i po liniji sječenja dolazi do deformacija. Sila sječenja dijeli na dva alata jedan iznad, a drugi ispod materijala. Ta dva alata su oštrica i kalup (matrica) ili gornji i donji nož, između kojih je minimalna zračnost (razmak) koja omogućuje lom materijala. Dimenzija zračnosti (razmaka) obično iznosi 2-10% debljine materijala i ovisi o nekoliko faktora (debljina materijala, vrsta materijala, specifičnosti postupak rezanja,...). Na kraju se materijal (lim, žica, traka) lomi u dva dijela. Rezanje služi za dijeljenje materijala na manje dijelove koji će se kasnije dalje obrađivati i rez je ravan. Rezanje razdvajanjem provodi se mehaničkim reznim alatima, kao

što su škare, noževi, štance i slično. Može se izvoditi ručnim ili strojnim alatom. U narednoj slici prikazan je primjer ručnih i hidrauličnih alata za odsjecanje.



Slika 3. Ručne stolne škare i hidraulične škare za lim [6]

**Piljene:** je postupak obrade materijala odvajanjem čestice koji se upotrebljava kod odsijecanja ili dijeljenja materijala. Prema načinu gibanja alata piljenje se dijeli na: - pravocrtno – kružno. Sam alat se razlikuje po obliku te imamo: Kružne, tračne i lisne pile. Materijal za izradu pila za strojni rad na metalu je najčešće visokolegirani brzorezni čelik. Kod manjih zahtjeva (pilane) materijal može biti i slabije legirani brzorezni čelik, dok se za ručnu obradu upotrebljavaju i ugljični čelici.



Slika 4. Ručna i električna ubodna pila[7]

**Bušenje:** je postupak obrade materijala skidanjem čestice kod kojeg alat obavlja glavno i posmično gibanje. Posmično gibanje je u smjeru osi rotacije (aksijalni posmak). Postoji mogućnost da alat obavlja samo posmično gibanje, dok glavno gibanje obavlja obradak – kod dubokog bušenja. Upotrebljava se za izradu okruglih uvrta, navrta ili provrta, za proširivanje otvora ili rupa u različitim materijalima. Alati koje koristimo kod bušenja nazivamo svrdlima. Bušni alati ili svrdla dijele se na: spiralna svrdla, svrdla sa pločicama od tvrdog metala, ravna svrdla, zabašivala (zabašivači), specijalne izvedbe spiralnih svrdala, noževe i motke za bušenje.



Slika 5. Ručna i električna bušilica[7]

**Glodanje:** je postupak obrade materijala odvajanjem čestica(rezanjem) obradnih površina proizvoljnih oblika. To je jedan od najvažnijih postupaka obrade materijala. Tim postupkom možemo obraditi ravne plohe, prizmatične žljebove i utore, zupčanike, navoje, te uzdužno i prostorno profilirane površine. Izvodi se na alatnim strojevima, pretežno na glodalicama i obradnim centrima, pri čemu je glavno (režno) gibanje kružno kontinuirano i pridruženo je alatu. Posmično gibanje je kontinuirano, proizvoljnog oblika i smjera i pridruženo je (najčešće) obradku. Alat za glodanje je glodalo definirane geometrije reznog dijela, s više glavnih reznih oštrica koje se nalaze na zubima glodala. Rezne oštrice periodično ulaze u zahvat s obratkom i izlaze iz njega tako da im je dinamičko opterećenje jedno od osnovnih obilježja. Istodobno je u zahvatu s obratkom samo nekoliko reznih oštrica. Postupak glodanja može se podijeliti na više kriterija obrade: grubo završno i fino glodanje, istosmjerno i protusmjerno glodanje, obodno i čeono, itd.



Slika 6. Strojna i ručna glodalica [6]

**Turpijanje:** je postupak obrade materijala odvajanjem čestica koji skida promjenjiv presjek strugotine. Postupak se koristi kao jedna od završnih obrada, kojim dovodimo obradak na točne mjere (skidamo dodatak za obradu). Alat je turpija (ručni alat s mnogo oštrica). Glavno gibanje je pravocrtno i obavlja se kad se turpija pomiče prema naprijed. Kako je turpijanje ručna obrada, dodatno turpiju treba opteretiti okomito na glavno gibanje, kako bi skidala

strugotinu. Povratno gibanje je slobodno (bez pritiskivanja). Turpije se sastoje od dva dijela: radnog (tijelo turpije) koji je nazubljen (na kojem je nasjek ili zasjek) i nasadnog dijela (držalo). Drške su drvene ili plastične i u njima je klinastim vratom uklještenja turpija (nasadni dio je utisnut u dršku). Drške su drvene ili plastične i u njima je klinastim vratom uklještenja turpija – nasadni dio je utisnut u dršku. Turpije se mogu podijeliti prema: finoći nasjeka, obliku poprečnog presjeka, obliku nasjeka, namjeni ili prema načinu izrade. Finoća nasjeka je u razredima i mjeri se u broju zubaca po 1 centimetru duljine: 0 – vrlo grube, 1 – grube, 2 – polu grube, 3 – polu fine, 4 – fine i 5 – vrlo fine [6].



Slika 7. Set ručnih turpija i nastavaka za turpije na električni pogon[5]

**Grecanje:** je postupak obrade materijala skidanjem čestica kojom se preciznom ručnom metodom obrade metala odvaja strugotina, koja se koristi za točnost i preciznost završne obrade. Grecanje omogućuje odvajanje malih djelića metala od površine ručnim alatom, posebno načinjenim za tu obradu. Primjenjuje se za obradu visoko preciznih površina vodilica i saonica alatnih strojeva, alatnih površina, ravnih ploha, kružnih površina kliznih ležajeva od bronce. Najčešća su tri tipa ručnog alata za grecanje: jednorezno grecalo, trokrako grecalo i zaobljeno grecalo.



Slika 8. Tri vrste grecala[5]

## 3.2 Strojna obrada:

### 3.2.1 Obrada s čvrstom oštricom

Obrada s definiranom oštricom:

- Piljenje
- Tokarenje
- Glodanje
- Upuštanje
- Razvrtanje
- Blanjanje
- Dubljenje
- Provlačenje

**Piljenje:** je postupak obrade materijala odvajanjem čestica koji se upotrebljava kod odsijecanja ili dijeljenja materijala. Prema načinu gibanja alata, piljenje se dijeli na pravocrtno i kružno piljenje. Sam alat se razlikuje po obliku, te imamo kružne, tračne i lisne pile. Materijal za izradu pila za strojni rad na metalu je najčešće visokolegirani brzorezni čelik. Kod manjih zahtjeva (pilane) materijal može biti i slabije legirani brzorezni čelik, dok se za ručnu obradu upotrebljavaju i ugljični čelici.



Slika 9. Ručna pila i strojna tila (testera)[6]

**Tokarenje:** je postupak obrade materijala skidanjem čestice kojim se proizvode obratci rotacijskih površina (valjkasti proizvodi). Izvodi se na alatnim strojevima tokarilicama. Obradak obavlja glavno gibanje, dok alat obavlja posmično, pripremno i dostavna gibanja. Tokarenje se može podijeliti na više načina: tokarenje prema položaju tokarene površine, tokarenje prema kinematici gibanja noža i tokarenje prema kvaliteti obrađene površine.



Slika 10. Tokarski stroj [7]

**Upuštanje:** je postupak obrade materijala skidanjem čestica ulaza ili izlaza okruglih rupa (provrti). Upuštalica su rezni alati koji se upotrebljavaju za proširivanje ulaza ili izlaza rupe, te za postizanje točnijeg oblika postojećih rupa. Režu kao i svrdla i izrađuju se s dvije, tri ili više reznih oštrica. Upuštanje je gruba obrada metala. Njima obrađujemo čelne plohe ravno ili pod kutom. Služe za proširivanje, upuštanje za glave vijka, obradu kosih krajeva rupe i za poravnavanje uzdignutih dijelova obratka. Upuštanje je postupak obrade provrti koji se provodi nakon bušenja sa ciljem postizanja točnijeg oblika, proširivanja ili oblikovanja već izbušenih provrti. Prema obliku i svrsi upuštalica se dijele na: spiralna (navojna) upuštalica, vratna upuštalica, nasadna upuštalica, jednostrana čelna upuštalica, specijalna upuštalica.

**Razvrtanje:** je postupak je postupak fine (završne) strojne obrade cilindrične rupe. Točnost dimenzije, geometrijski oblik i hrapavost površine koja se dobije nakon obrade bušenjem ne zadovoljava u većini slučajeva. Razvrtalo je rezni alati koji se upotrebljavaju za završnu obradu rupe i služe za finu obradu već postojećih rupa, to jest za dotjerivanje glatkoće površine i postizanje veće točnosti izbušenih rupa (dosjed). Razvrtanje se izvodi se na alatnim strojevima, pretežno bušilicama, pri čemu je glavno gibanje kružno kontinuirano, a posmično gibanje (posmak) pravolinijsko kontinuirano. Oba gibanja izvode se istodobno. Alat za razvrtanje je razvrtalo, definirane geometrije reznog dijela, sa spiralnim ili ravnim žlijebom.

**Blanjanje:** je postupak obrade metala (ili drugih materijala) koji radi na istom principu kao i tokarenje, dakle odvajanjem strugotina pomakom noža u odnosu na obrađivani predmet. Za razliku od tokarenja koje obrađuje predmete koji se rotiraju, blanjanje obrađuje ravne predmete, odnosno, blanjanje je vrsta tokarenja predmeta beskonačno velikog promjera, te se svodi na obradu ravnih ploha. Blanjanje se uglavnom radi na velikim komadima koji se obrađuju po dužini. Pri blanjanju se nož alata giba paralelno s ravninom obrađivanog predmeta ili pod malim kutom u odnosu na obrađivani predmet.

**Dubljenje:** je postupak obrade metala gotovo istovjetan blanjanju, pri kojem se nož alata giba okomito ili gotovo okomito u odnosu na gornju ravninu obrađivanog predmeta. Princip rada pri dubljenju i pri blanjanju je gotovo istovjetan, razlike su neznatne, a i alati nalikuju jedan drugom.

**Provlačenje:** je jedan od novijih postupaka u strojnoj obradi odvajanjem čestica. Uspjeh ovog postupka obrade metala je u visokoj kvaliteti obrade i dobroj produktivnosti. Kod obrade



dubokih rupa, te ravnih i spiralnih utora, u njima ovaj postupak je nezamjenjiv. To je završna obrada. Glavno gibanje obavlja alat, dok posmičnog gibanja nema. Ako se provlači zavojnica, onda je glavno gibanje kombinirano: translacija i rotacija, dok posmaka i dalje nema. Alati za provlačenje (izvlačila ili provlačila) se razlikuju za vanjsko i za unutarnje provlačenje. Alati za unutarnje provlačenje mogu biti dugačke igle ili provlakači (vučeni alati) i kratke igle ili probijači (potiskivani alati). Alat za vanjska izvlačenja su motke koje također mogu biti vučene ili potiskivane. Provlačilice su alatni strojevi za obradu odvajanjem čestica koji rade bez posmičnih gibanja i obavljaju završnu finu obradu rupa. Alati za provlačenja se mogu podijeliti na mnogo načina. Mogu se podijeliti i prema obliku na cilindrične, kvadratne, trokutaste, žljebaste, pravokutne itd.

Obrada s nedefiniranom oštricom:

- Brušenje

**Brušenje:** je postupak obrade materijala kojim se oblikovanjem materijala odvajanjem čestica, postižu glatke površine (kovine, drva), točne izmjere ili potreban oblik (oštrenje alata, brušenje stakla, brušenje dijamanta i dragoga kamenja). Brušenje se obavlja brusnim alatom ili brusom, koji se sastoji od mnoštva geometrijski nedefiniranih oštrica i šiljaka od kristalnih zrnaca abraziva, povezanih prikladnim vezivom (na primjer silikatnim vezivom, vezivom od smole) u zbijenu (kompaktnu) cjelinu. Brusni alat najčešće je kamena ploča (brusna ploča) pravokutna, okrugla ili kakva druga oblika (naziva se i brus), te beskonačna vrpca ili list brusnog papira ili brusnog platna. Brušenje se najčešće obavlja na alatnom stroju (brusilica) s rotirajućim brusnim alatom u obliku okrugle ploče ili valjka. Pri brušenju metalnih površina razlikuje se okruglo i plošno brušenje, a posebni su postupci brušenje alata, kliznih vodilica, navoja, zupčanika, osovina, vratila, valjaoničkih valjaka [5].



Slika 11. Ručna i strojna brusilica[6]

### 3.2.2 Obrada s slobodnom oštricom:

- Poliranje
- Honanje
- Lepenje
- Superfinaš



**Poliranje:** je postupak strojne obrade skidanjem čestica, koji se koristi za poboljšanje izgleda obratka, za uklanjanje oksidacije, za stvaranje reflektirajuće površine, za smanjenje trenja na stjenkama cijevi. U medicini se koristi za sprječavanje onečišćenja instrumenata, a metalografiji i metalurgiji, poliranje se koristi za stvaranje ravne površine bez grešaka (defekata) za ispitivanje mikrostrukture metala pod mikroskopom. Poliranje je dorada zaglađivanja površine obratka pomoću abraziva i alata lamelnog koluta. To je široko rasprostranjen postupak obrade površine. Najčešće se koristi nakon brušenja.

**Honanje:** ili vlačno glačanje je vrsta strojne obrade metala. To je kontrolirana, završna, abrazivna obrada koja se provodi na malim brzinama i silama rezanja. Materijal obratka se odstranjuje rezanjem vezanih abrazivnih zrnaca u segmente (kameni za honanje). Pošto je razvoj topline i pritisak pri honanju jako mali moguće, je postići veliku dimenzionalnu i geometrijsku kontrolu točnosti obrade. Najčešće se honanje koristi za finalnu obradu unutarnjih cilindričnih površina (provrti). Honanje je postupak obrade metala slobodnom oštricom, kojeg karakteriziraju, isto kao i lepanje, male brzine obrade i mali pritisci alata na obradak. Dok su sitni abrazivi kod lepanja slobodni, kod honanja se koriste abrazivi koji su međusobno vezani na alat: kameni za honanje. Alati za honanje se sastoje od držala (trupa alata) i radnog dijela (brusnog kamena za honanje - brusnog segmenta). Brusni segmenti mogu biti spojeni na trup elastično ili kruto. Pri izvođenju postupka honanja vrlo je važno da se radna površina oplahuje znatnim količinama sredstava za hlađenje i podmazivanje, da ne bi došlo do promjene mikrostrukture zbog procesa rekristalizacije i opuštanja.

**Lepanje:** je postupak obrade metala odvajanjem čestica sa slobodnom oštricom. Dvije površine se utrljavaju pomoću abraziva između njih i postiže se izuzetno fino stanje hrapavosti. Može biti ručni ili strojni postupak. Zadaci lepanja su: visoka kvaliteta lepene površine, visoka točnost dimenzija površine (ravne ili valjkaste), vrhunska točnost dosjednih površina, veliku paralelnost kod površina lepanih s obje strane. Lepanje se isto kao i poliranje provodi mješavinom finih abrazivnih zrnaca, topivog ulja, mineralnog ulja ili masti. Obrada se provodi pločom za lepanje ili valjkom za lepanje. Postupak je karakterističan po malim brzinama lepanja te niskim pritiscima na obradak (male sile rezanja).

**Superfinaš:** mikrofinaš ili titrajuće glačanje je postupak obrade materijala koji se još naziva i kratkohodno honanje. Obavlja se strojnom obradom. To je postupak završne obrade vanjskih cilindričnih površina, koje su već prije pripremljene, fino obrađene za postupak superfinaša. Površina se obrađuje kamenima postavljenim u posebnu glavu. Alatni strojevi za superfinaš se nazivaju titrajuće glačalice i to su uređaji s pomoću kojih se mogu na vanjskim cilindričnim ploham radnog komada postići najkvalitetnije finoće obrađene površine.

### 3.2.3 Obrada bez oštrice

- Kemijska
- Elektro kemijska
- Elektro erozija
- Mehanička- obrada mlazom

- Laserska

**Kemijska:** obrada materijala skup je tehnoloških procesa zbog kojih se mijenjaju fizikalno-kemijska svojstva površine materijala. Tehnologija se primjenjuje samo na visokim temperaturama i u aktivnim medijima (čvrstim, tekućim ili plinovitim). Krajnji rezultat je promjena fizikalno-kemijskih svojstava difuznog sloja obrađivanog materijala. Ovom metodom obrade materijala povećava se njegova čvrstoća i jača se zaštita od korozije. Obrada materijala na stroju može se izvesti samo nakon pripreme proizvoda na posebnim uređajima - jedinicama primarne pripreme. Priprema uzima u obzir fizikalno-kemijska svojstva predmeta, kao i individualne potrebe svakog odjela u poduzeću. Za dovršavanje materijala ovom metodom koriste se dvije vrste opreme: stacionarni i pokretni strojevi.

**Elektro kemijska:** obrada materijala je metoda uklanjanja metala elektrokemijskim procesom. Primjenjuje se u masovnoj proizvodnji za obradu ekstremno tvrdih materijala ili materijala koji se teško mogu obraditi konvencionalnim metodama. Upotreba elektrokemijske obrade je ograničena na električno vodljive materijala. Mogu se proizvoditi mali i nepravilni kutovi, komplicirani oblici i šupljine u tvrdim materijalima (titan i njegove legure, kobalt, nikel,...). Elektrokemijska obrada se često naziva i „reverzna galvanizacija“, jer uklanja višak materijala, umjesto da ga dodaje (što je normalan proces galvaizacije). Postupak elektrokemijske obrade je jako sličan postupku elektroerozije, ali nema iskre i ne troši se alat. Kod elektrokemijske obrade alat je negativno nabijena elektroda (katoda), a obradak je pozitivno nabijena elektroda (anoda) i između njih je vodljiva tekućina (elektrolit).

**Elektro erozija:** je proizvodna tehnika koja omogućuje proizvodnju dijelova od posebnih materijala komplicirane geometrije koji se klasičnim metodama obrade ne mogu proizvesti. Kod procesa elektroerozije istaknuta karakteristika je precizno upravljanje i kontrola procesa. Sam proces je dosta složen te se za ispravan rad moraju ispuniti uvjeti:

- alat i obradak moraju biti u dielektričnoj tekućini,
- koristi se istosmjerna električna struja ,
- mora se uspostaviti električno polje između alata i obratka ,
- mora doći do iskrenja i
- moraju se maknuti obrađene čestice.

**Mehanička- obrada mlazom:** je nekonvencionalni (nestandardni) postupak obrade materijala. Erozija vodom koja u prirodi „obrađuje“ materijal je ubrzana velikom snagom i brzinom vodenog mlaza – mlaz vode je alat obrade odvajanjem čestica. Obrada vodom se koristi brzinama tri puta većim od brzine zvuka – 1000 m/s. Pritisak kojim se mlaz istiskuje penje se kod modernih WaterJet strojeva do 6000 bara. Za usporedbu prosječan pritisak u vodovodnim cijevima gradskog vodovoda se kreće oko 6 bara.

**Laserska:** Laser je naprava koja emitira snop fotona iste valne duljine u istom smjeru (koherentni snop). Za razliku od svjetlosti koju emitiraju uobičajeni izvori, (npr. lampe), laserska svjetlost je monokromatska (samo jedne valne duljine, odnosno boje) i usmjerena je

u uskom snopu. Snop je koherentan (elektromagnetski valovi su u istoj fazi i šire se u istom smjeru). Pod udarima fotona materijal se topi (tali). Oko laserskog snopa nastružava zrak i odnosi rastaljeni materijal. Neki materijali se ne tale već izgaraju pri visokoj temperaturi te isparavaju. Pri takvoj obradi ostaju visoko kvalitetno obrađeni rubovi reza. Laserskim rezanjem mogu se rezati limovi, profili, cijevi, ...[6].

#### **4. OSOBNA ZAŠTITNA OPREMA PRILIKOM RADA SA ALATIMA I STROJEVIMA ZA OBRADU MATERIJALA UKLANJANJEM ČESTICA**

Osobna zaštitna oprema namijenjena je za uporabu kako bi zaštitila radnike od ozbiljnih ozljeda na radnom mjestu ili od bolesti koje su posljedica kontakta s kemijskim i fizikalnim štetnostima, odnosno mehaničkim, električnim i drugim opasnostima na radnom mjestu. Osim opće poznatih vrsta osobne zaštitne opreme, kao što su zaštitne kacige, zaštitne naočale i zaštitna obuća s čeličnom kapičom, u osobnu zaštitnu opremu ubrajamo i različite uređaje i odjeću kao što su naočale, kombinezoni, rukavice, prsluci, čepići za uši i respiratori. Kada se radnici suočavaju s opasnostima ili štetnostima na radnom mjestu tada, kao mjeru zaštite, osobnu zaštitnu opremu treba smatrati posljednjim rješenjem. Tehnička rješenja, kao što su ventilacija ili primjena zatvorenih sustava, uvijek treba primijeniti prije nego li posegnemo za uporabom osobne zaštitne opreme. U slučajevima kada nije moguće primijeniti tehničke mjere, primjenjuju se sve ostale mjere zaštite i tek na kraju koristi se osobna zaštitna oprema. U uvjetima kada su rizici značajno izraženi i njihove su posljedice na zdravlje velike, a neizbježno je korištenje osobne zaštitne opreme, tada se mora radniku omogućiti da koristi onakvu osobnu zaštitnu opremu koja će mu davati maksimalnu zaštitu a prilikom nošenja tijekom rada neće uzrokovati veliki napor i zamor. Vrste osobne zaštitne opreme koje se obično koriste služe zaštititi glave, lica, očiju, tijela te ruku i/ili nogu, itd., zatim za zaštitu od pada s visine, za zaštitu sluha itd. Tako za zaštitu imamo zaštitne naočale, zaštitne rukavice, zaštitne vizire, pregače, odijela, kacige, antifone, cipele, čizme i ostalo.

Uporaba osobne zaštitne opreme (OZO) obvezna je pri izvođenju radnih zadataka gdje rizici za zdravlje i sigurnost radnika nisu dovedeni na prihvatljivu razinu pri njenom osnovnih pravila zaštite na radu i odgovarajućom organizacijom radnih zadataka. Odabir osobne zaštitne opreme obavlja se na osnovu rizika utvrđenih procjenom rizika za određeno radno mjesto, a izabrana osobna zaštitna oprema mora osigurati najveću moguću razinu zaštite radnika uz uvjet da omogućava normalno odvijanje radnih aktivnosti te da je udobna radniku.

Kako bi se osigurala sigurnost i zaštita radnika, osobna zaštitna oprema koja se koristi mora:

- biti oblikovana i izrađena u skladu s propisanim tehničkim zahtjevima;
- biti namjenski izrađena za zaštitu od očekivanih rizika i ne smije uzrokovati veće rizike za sigurnost radnika;
- odgovarati stvarnim uvjetima na mjestu rada;
- odgovarati specifičnim ergonomske potrebama;
- biti izrađena tako da ih korisnik može pravilno prilagoditi na jednostavan način

## 4.1 Osobna zaštitna sredstva za zaštitu glave, vrata očiju i lica

### 4.1.1 Oprema za zaštitu glave

Zaštita glave je obvezna na svim radnim mjestima gdje postoji opasnost od ozljede uzrokovane padajućim predmetima, gdje je ograničen radni prostor te postoji opasnost od udara glavom u opremu ili predmete, za zaštitu od slučajnog dodira s električnim vodovima ili dijelovima pod naponom, za zaštitu glave u radnoj okolini s povišenom temperaturom, odnosno općenito svuda gdje postoji opasnost od ozljede glave.



Slika 12. Radnik sa zaštitnom kacigom

Prema Pravilniku o uporabi osobnih zaštitnih sredstava, radnici koji obavljaju poslove strojne obrade materijala dužni su koristiti opremu za zaštitu glave. Tu opremu možemo podijeliti na

- a) zaštitne kacige
- b) zaštita gornjeg dijela glave, skalpa (zaštitne kape, mrežice za kosu – sa štitnikom za oči ili bez)
- c) zaštitna pokrivala nepropusne tkanine i sličnog materijala)
- d) zaštitne kapuljače, marame i druga pokrivala za glavu

#### 4.1.1.1 Zaštitne kacige

Koriste ih radnici pri obradi materijala, a štite korisnika od mehaničkih, toplinskih, električnih i ostalih opasnosti. Hrvatska norma koja se odnosi na industrijske zaštitne kacige je HRN EN 397 i svaka kaciga treba prilikom testiranja prema ovoj normi zadovoljiti osnovne i dodatne zahtjeve.

Osnovni zahtjevi odnose se na:

- a) apsorpciju udarca – sila koja djeluje na ispitnu glavu ne smije prijeći 5,0 kN

- b) otpornost na probijanje – šiljak padajućeg udarnog utega ne smije dotaknuti površinu ispitne glave
- c) otpornost na zapaljivost (na plamen) – materijal od kojeg je izrađena kaciga ne smije pri testiranju gorjeti dulje od 5 s nakon uklanjanja plamena (vrijedi i za unutarnji materijal)
- d) pričvršćivanje podbradnog remena – pričvršna mjesta za podbradni remen moraju izdržati silu od najmanje 150 N, ali ne više od 250 N.

Dodatni zahtjevi koje ispunjavaju industrijske zaštitne kacige potvrđuju se dodatnim ispitivanjem i nakon toga dobivaju odgovarajuće oznake. U sljedećoj tablici navedeni su dodatni zahtjevi i njihove oznake.

Tablica 1. Dodatna ispitivanja zaštitnih kaciga i njihovo značenje[8]

DODATNI ZAHTJEVI	OZNAKA
Vrlo niske temperature	"- 20°C" (**), "- 30°C" (***) ili "- 40°C" (****) (ovisno o ispitnoj temperaturi)
Vrlo visoke temperature	" +150°C"
Električna izolativnost	" 440 V"
Postojanost na bočne sile	" LD"
Zaštita od rastaljenog metala	" MM"

Kacige se sastoje od školjke, kolijevke i dodatnih dijelova (dodataka za posebne namjene). Školjke zaštitnih kaciga su izrađene od tvrdog, glatkog materijala koji daje kacigi oblik.

Materijali od kojih su izrađene školjke se nazivaju polimeri i imaju niz prednosti u odnosu na ostale materijale. Relativno niska cijena proizvodnje i dobro oblikovanje, dobra toplinska i električna izolativnost, otpornost na propuštanje vode, otpornost prema kiselinama i lužinama, otpornost prema koroziji, dobro upijanje vibracija, niski faktor trenja (otpornost na trošenje) razlozi su zbog kojih se industrijske kacige proizvode upravo od ovih materijala. Od više vrsta polimera za izradu kaciga koriste se termoplasti i duroplasti. Termoplasti nisu pogodni za rad u vrućem radnom okruženju. Materijal je osjetljiviji na UV zrake nego kacige od duroplasta i zbog toga ih treba provjeravati u redovitim intervalima i ako nisu oštećene, ne smije ih se upotrebljavati više od 4 godine. Kacige od duroplasta otpornije su prema utjecaju sunčeve svjetlosti (UV zraka) i nisu krhke. Iz tog se razloga mogu upotrebljavati duže nego one izrađene od termoplasta, ali maksimalno 8 godina.

Tablica 2. Materijali od kojih se izrađuju industrijske kacige[8]

Termoplasti	Duroplasti
ABS - poliakrilnitril - butadien stiren kopolimer	GP-UP - poliester - staklene čestice
PA - poliamid	SF-PF - fenol - tekstilne čestice
PC - polikarbonat	
PE - polietilen	

Dodaci zaštitnih kaciga koji dodatno štite radnika su:

- podbradni remen za pričvršćivanje uz glavu,
- štitnik za potiljak,

- naprava za pričvršćivanje naušnika,
- naprava za pričvršćivanje štitnika za oči i lice,
- naprava za pričvršćivanje svjetiljke i kabel

Daljnje informacije, poput uputa ili preporuka u vezi prilagodbe, sastavljanja, rastavljanja, korištenja, čišćenja, dezinfekcije, održavanja, revizije i pohrane, moraju biti specificirane u uputama za uporabu.

Kad zamijeniti kacigu?

- zamijeniti školjku kacige ukoliko se zamijete pohabanost, udubljenje ili tragovi oštećenja
- zamijeniti udarenu kacigu čak i ako nema vidljivih oštećenja
- ukoliko postoji bilo kakva dvojba o zaštitnoj sposobnosti kacige, odmah ju odvojiti i uništiti
- budući je kaciga izrađena od plastične mase, zbog utjecaja UV zraka njezin vijek trajanja nije dug, približno 3-4 godine (pogledati u preporukama proizvođača) u normalnim okolnostima pri čemu se mora uračunati vrijeme neupotrebe kacige ukoliko ona nije pohranjena na tamnom i suhom mjestu, nakon toga je obavezna zamjena.

U narednoj slici prikazane su vrste zaštitnih kaciga koje se koriste radnici u procesima obrade materijala uklanjanjem čestica.



Slika 13. Vrste zaštitnih kaciga[8]

#### 4.1.1.2 Zaštita gornjeg dijela glave i skalpa

Kod obavljanja nekih poslova pri kojima stvarni rizici od ozljeda glave nisu veliki, a zaštitna kaciga umanjuje udobnost korisnika, kao najbolje rješenje može biti industrijska protuudarna kapa. Najčešće se radi o običnoj kapi od tkanine u koju je umetnuta kruta plastična školjka.



Slika 14. Zaštitna kapa[9]

Kod obavljanja nekih poslova pri kojima stvarni rizici od ozljeda glave nisu veliki, a zaštitna kaciga umanjuje udobnost korisnika, kao najbolje rješenje može biti industrijska protuudarna kapa. Najčešće se radi o običnoj kapi od tkanine u koju je umetnuta kruta plastična školjka, dok mrežice za kosu prvenstveno služe za zaštitu od zahvaćanja kose od strane rotirajućeg dijela stroja.

Hrvatska norma koju mora zadovoljiti protuudarna kapa je HRN EN 812. Način testiranja i zahtjevi ove norme slični su onima iz EN 397, ali im je razina smanjena, što odražava nižu razinu zaštite.

Zahtjevi koji se postavljaju jesu:

- a) test na udar
- b) test otpornosti na oštre predmete

Mrežice za kosu prvenstveno služe za zaštitu od zahvaćanja kose od strane rotirajućeg dijela stroja (npr. tokarskom stroju).



Slika 15. Primjer protuudarnih kapa i zaštitnih pokrivala od goveđe kože[8]



#### 4.1.1.3 Zaštitna pokrivala

U zaštitna pokrivala spadaju kape, mornarske kape sa zaštitom za potiljak itd. od tkanine, nepropusne tkanine i sl., a uglavnom služe za zaštitu glave od nepovoljnih mikroklimatskih uvjeta ili za zaštitu od prašine.

#### 4.1.1.4 Zaštitne kapuljače i marame

Tu možemo spomenuti kapuljače koje štite glavu od utjecaja visokih temperatura u radnom okolišu (aluminizirane ili kapuljače od goveđe kože), a marame uglavnom za zaštitu od rotirajućih dijelova stroja i prašine. Na sljedećoj slici prikazan je primjer zaštitne kapuljače koju koriste radnici pri obradi materijala uklanjanjem čestica.



Slika 16. Kapuljača od aluminiziranog kevlara/karbona[8]

#### 4.1.2 Oprema za zaštitu očiju i lica

Osobna zaštitna oprema za zaštitu očiju i lica štiti oči i lice radnika od ozljeda mehaničke prirode, kao što su upadi čestica raznih materijala u oko, nagrizaćih i nadražujućih tvari u obliku prašine, tekućine, pare, dima i plina te od ozljeda koje mogu nastati radi djelovanja štetnih vidljivih ili nevidljivih zračenja.



Slika 17. Zaštitne naočale

U sljedećoj tablici prikazane su vrste opasnosti za oči i lice pri strojnoj obradi materijala.

Tablica 3. Vrste opasnosti za oči i lice pri strojnoj obradi materijala[8]

Mehaničke opasnosti	Leteće čestice, prašina, otkinuti komadići materijala, ...
Kemijske opasnosti	Maglice, plinovi, mlazovi tekućina, ...
Zračenje	Toplinsko (infracrveno), ultraljubičasto
Laserska svjetlost	Širok spektar svjetlosti od ultraljubičaste do infracrvene

OZO za zaštitu očiju i lica se dijele na tri kriterija:

1. prema namjeni
2. prema obliku
3. prema djelotvornosti okulara

Norme koje se odnose na OZO za zaštitu očiju u industriji obuhvaćaju sljedeće namjene:

- Opća (osnovna) uporaba
- Zaštita od udara
- Zaštita od prskanja tekućine
- Zaštita od grube prašine
- Zaštita od plina i fine prašine
- Zaštita od sunčevog zračenja
- Zaštita od IC zračenja (toplinsko zračenje)
- Zaštita od UV zračenja
- Zaštita od zračenja pri zavarivanju
- Zaštita od laserskog zračenja
- Zaštita od prskanja rastaljenih metala
- Zaštita od struja kratkog spoja (električni luk).

Na sljedećoj slici prikazan je primjer zaštite za lice radnika pri obradi materijala uklanjanjem čestica.



Slika 18. Radnik sa zaštitom za lice

Prilikom obrade materijala odvajanjem čestica može doći do opasnosti od oštećenja očiju, prije svega zbog zračenja, iskrenja, bliještanja, pada iskre ili letećih čestica šljake. Osim očiju može doći do upalnih oštećenja kože. Zbog toga se koriste različite vrste maski koji štite lice i oči radnika. Korištenjem najnovije tehnologije između ostalog koriste se i maske sa elektrooptičkim filterima.



Slika 19. Razne vrste zaštite za oči i lice[8]

Osobna zaštitna oprema za oči dijeli se prema obliku na tri glavne kategorije:

- a) otvorene zaštitne naočale (štite oči i djelomično očne duplje)
- b) zatvorene zaštitne naočale (štite oči i očne duplje)
- c) štitnici za lice (štite i oči i lice)


Štitnici za oči i lice se koriste pri radovima gdje je potrebno istodobno zaštititi oči i lice od letećih krutih čestica i predmeta, kapljica tekućine i od prskanja tekućina koje su opasne jer nagrizažu oči i lice. Dužina štitnika ide od 160 do 240 mm. Mogu biti u obliku transparentnog štitnika za samostalno nošenje ili nošenje u kombinaciji za zaštitnom kacigom, ili mogu biti u obliku zaštitne mreže za samostalno nošenje na glavi ili u kombinacijom sa zaštitnom kacigom. U sljedećoj tablici prikazan je pravilan odabir OZO za oči i lice prema opasnostima na poslu.


Tablica 4. Pravilan odabir OZO za oči i lice prema opasnostima na poslu[8]


Napomena: Ova tablica ne može obuhvatiti sve moguće opasnosti i kombinacije koje se mogu pojaviti. Ispitati treba svaku situaciju i pažljivo odabrati odgovarajuću zaštitu ili kombinaciju.  * označava preporučenu zaštitu	Naočale (klasa 1)		Zatvorene naočale (klasa 2)			Maska za zavarivanje (klasa 3)	Ručni štitnik za zavarivanje (klasa 4)	Štitnici s pokrivalom za glavu (klasa 5)			Štitnici za lice (klasa 6)			
	A	B	A	B	C			A	B	C	D	A	B	C
<b>Leteći dijelovi</b>														
Leteći dijelovi od bušenja, brušenja, poliranja, zakivanja, štancanja, sječenja, drobljenja, piljenja; rukovanje žicom i trakama, kovanje, raspakiravanje, zakucavanje, prešanje, tokarenje, itd.	*		*	*				*				*		
<b>Leteće čestice, prašina, vjetar, itd.</b>														
Brušenje drveta, lakih metala i strojna obrada, izloženost prašini i vjetru, zavarivanje (bez izloženosti zračenju), rad sa pijeskom, cementom, agregatom, ličilaštvo, rad s betonom, žbukanje, doziranje i miješanje materijala	*		*	*				*		*		*		
<b>Toplina, iskre i zalijevanje rastaljenog materijala</b>														
Lijevanje, izlivanje livenog metala, lemljenje, točkasto zavarivanje, zavarivanje svornjaka		*			*					*		*	*	*
<b>Zalijevanje kiselinom, kemijske opeklina</b>														
Rukovanje kiselinama i lužinama, odmaščivanje, operacije pozlaćivanja, lom stakla, kemijski sprej (uporaba)				*					*			*		
<b>Miniranje, brusni materijali</b>														
Pjeskarenje, miniranje				*					*			*		
<b>Bliještanje (za smanjenje vidljivog zračenja)</b>														
Odbija jaku sunčevu svjetlost, bljesak kod zavarivanja, fotografsko kopiranje	*		*	*				*	*			*		
<b>Škodljivo optičko zračenje (umjereno smanjenje optičkog zračenja)</b>														
Autogeno rezanje, zavarivanje, lemljenje, rad na visokim pećima, izlivanje metala, točkasto zavarivanje, fotografska kopiranja		*			*					*			*	
<b>Škodljivo optičko zračenje (veliko smanjenje optičkog zračenja)</b>														
Plinska rezanja, naštrcavanje plazme i rezanje inertnim plinom u zaštitnoj atmosferi vodika						*	*							

PRIMERI:


KLASA 1

A 


A 


B 

KLASA 2


A 


B 


C 


C 

KLASA 3













KLASA 4








KLASA 5



KLASA 6



## 4.2 Osobna zaštitna oprema za zaštitu organa za disanje

Radnik tijekom rada može biti izložen opasnosti udisanja opasnih plinova, para, prašine i dimova. Ako poslodavac ne može zamijeniti opasne radne tvari bezopasnim ili manje opasnim, te primjenom tehničkih i organizacijskih mjera ukloniti ili smanjiti rizik od udisanja tih tvari na prihvatljivu razinu, mora radnicima osigurati odgovarajuća osobnu zaštitnu opremu za zaštitu organa za disanje. Na sljedećoj slici je prikazan radnik sa zaštitnom maskom kojom se štite organi za disanje.



Slika 20. Radnik sa maskom

Osobna zaštitna oprema za zaštitu organa za disanje mora ispunjavati zahtjeve propisane Pravilnikom o uporabi osobnih zaštitnih sredstava (NN br. 39/06), odnosno osigurati zaštitu radnika od opasnih tvari na mjestu rada uzimajući u obzir: razinu rizika, učestalost izlaganja, karakteristike mjesta rada, okolnosti, vrijeme i uvjete u kojima ih radnik mora upotrebljavati.

Osobnu zaštitnu opremu za zaštitu organa za disanje možemo podijeliti prema načinu djelovanja u dvije temeljne skupine:

1. Zaštitna oprema na bazi filtracije
2. Zaštitna oprema na bazi izolacije

Prema normi HRN EN 132:2004 maske se dijele na:

1. Maska za cijelo lice
2. Polu maska
3. Četvrt maska
4. Filtarska polu maska
5. Sklop usnika
6. Filtri

### 4.3 Osobna zaštitna oprema- zaštitna odjeća

Zaštitna odjeća je osobna zaštitna oprema koja štiti ljudsko tijelo od štetnih utjecaja. Radnici tijekom radnih procesa strojne obrade materijala izloženi su različitim opasnostima. Stoga radna odjeća mora osigurati zaštitu. Zaštitni učinak odjeće uglavnom ovisi o karakteristikama materijala od kojeg je ona izrađena. Zaštitna odjeća svojim svojstvima mora radniku pružiti zaštitu od zahvata gibajućih dijelova, od uboda i posjekotina, od kemijskih štetnosti i opasnost. Na sljedećoj slici prikazan je primjer odgovarajuće zaštitne odjeće.



Slika 21. Primjer zaštitne odjeće[7]

Oznake na zaštitnoj odjeći moraju sadržavati sljedeće informacije:

1. Ime, trgovačka marka,
2. tvornička oznaka tipa odjeće, tvorničko ime,
3. oznaka veličine,
4. broj specifične norme EN (npr. EN 20471),
5. piktogram koji prikazuje specifičnu opasnost, dizajn odjeće, razinu zaštitnog djelovanja,
6. upute o načinu održavanja odjeće.

Na sljedećoj slici prikazan je primjer neprimjerene radne odjeće.



Slika 22. Primjer neprimjerene radne odjeće[8]

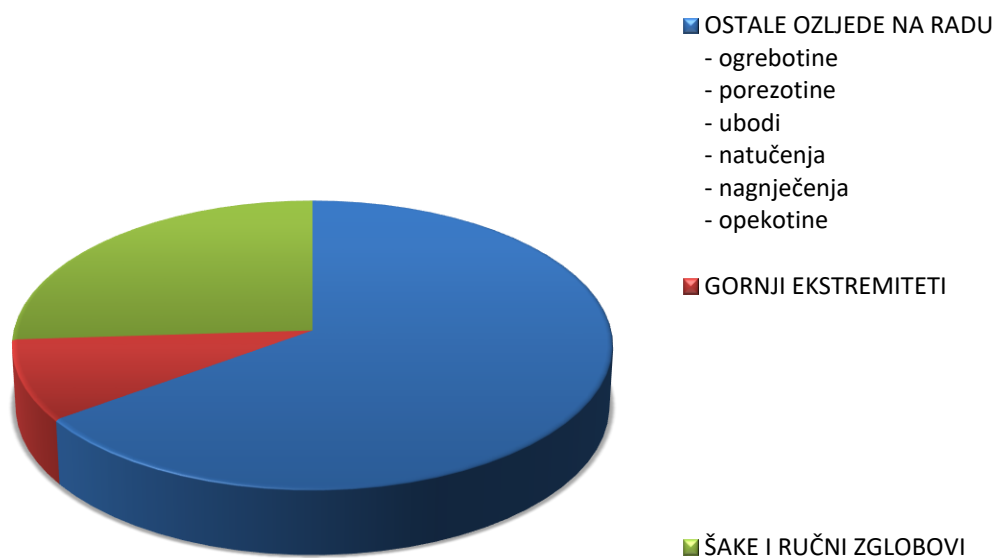
#### 4.4 Osobna zaštitna oprema- zaštitne rukavice

Zaštitne rukavice su dio osobne zaštitne opreme koje štite ruke ili dio ruke od opasnosti i štetnosti pri radu. Zaštiti ruku treba posvetiti posebnu pažnju jer su ruke naš najvažniji alat.



Slika 23. Zaštitne rukavice[8]

#### NUŽNOST POTREBE ZAŠTITNIH RUKAVICA



Slika 24. Prikaz ozljeda na radu u strojnoj obradi materijala[8]



Da bi zaštitne rukavice koje upotrebljava radnik pružile potpunu zaštitu one moraju ispunjavati zahtjeve i štititi radnika pri obavljanju posla.



Slika 25. Različiti tipovi rukavica koje koriste osobe pri strojnoj obradi materijala[8]

#### 4.5 Osobna zaštitna oprema za zaštitu nogu i stopala

Osobna zaštitna oprema za zaštitu nogu i stopala služi zaštiti od mehaničkih, toplinskih i kemijskih djelovanja te zračenja. Ovisno o opasnostima, štetnostima i naporima na pojedinom radnom mjestu, govorimo o upotrebi sigurnosne, zaštitne i/ili radne obuće. Takva obuća ne smije biti teška i neudobna, odnosno mora biti oblikovana u skladu sa ergonomskim zahtjevima.



Slika 26. Vrste zaštitne obuće

Poslodavac mora utvrditi vrstu obuće koja odgovara stanju na radnom mjestu uzimajući u obzir razinu rizika, učestalost izlaganja rizicima, karakteristike mjesta rada, okolnosti, vrijeme te uvjete u kojima ih radnik mora upotrebljavati. Ovisno o prethodno navedenim karakteristikama postoji cijeli niz zaštitnih mogućnosti koje osobna zaštitna oprema za zaštitu nogu i stopala može pružati svom korisniku, ali takva obuća ne smije za vrijeme rada izazivati žuljanje ili znojenje nogu odnosno, druge tegobe pri radu i kretanju te mora ispunjavati i tehničke uvjete propisane postojećim standardima [8].



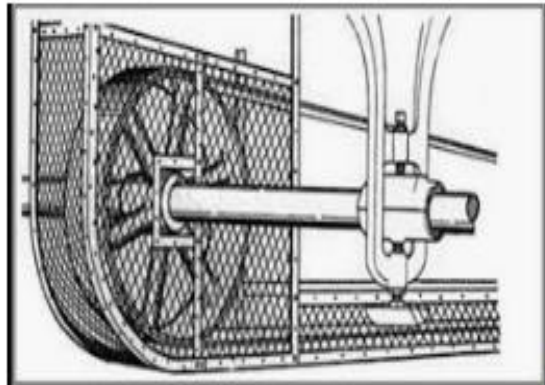
U sljedećoj tablici prikazani su simboli za označavanje zaštitne obuće koju koriste radnici pri obradi materijala uklanjanjem čestica.

SIMBOLI ZA OZNAČAVANJE ZAŠTITNE OBUĆE		
Simbol	Svojstvo/zahtjev	Oznaka
	Zaštitna kapica koja štiti stopalo od udara jačine 200 J	SB
	Obuća bez zaštitne kapice	OB
	Potplat otporan na probijanje	P
	Antistatična obuća	A
	Gornjište otporno na vrućinu	HI
	Izolacija od hladnoće	CI
	Apsorbirajuća peta	E
	Gornjište otporno na absorpciju i propuštanje vode	WRU
	Vodootpornost	WR
	Zaštita gležnja	AN
	Potplat otporan na kontaktnu toplinu	HRO
	Otpornost na ulja i goriva	FO
	Otpornost na ulja	ORO
	Zaštita prstiju od kompresije	R

Slika 27. Simboli za označavanje zaštitne obuće[8]

## 5. ZAŠTITNE NAPRAVE I UREĐAJINA ALATIMA I STROJEVIMA ZA OBRADU MATERIJALA UKLANJANJEM ČESTICA

Strojevi, uređaji i aparati i druga oruđa za rad moraju biti tako izrađeni odnosno opskrbljeni zaštitnim napravama da osobe koje pomoću njih rade ili s njima dolaze u dodir budu zaštićene od ozljeda i zdravstvenih oštećenja. Zaštitne naprave onemogućuju ulazak ruke za vrijeme rada odnosno štete radnika od loma, odbacivanja prskanja, izlivanja, požara, eksplozije, trovanja, nagrizanja, opasnih zračenja. Na sljedećoj slici je prikazan primjer zaštitne naprave.



Slika 28. Zaštitna naprava[4]

Znak obvezne uporabe zaštitne naprave mora se postaviti u neposrednoj blizini stroja ili na sami stroj. Znakovi obveze su znakovi izričitih naredbi čiji je geometrijski oblik krug u kojem dominira plava boja koja mora pokrivati najmanje 50% ukupne površine znaka. Kontrastna boja je bijela pa su grafički simboli i prateći tekst uz taj znak obojeni bijelom bojom. Standardne dimenzije znakova obveze su 26x34 cm ili 10x12 cm, ali dimenzije se mogu prilagođavati ovisno o potrebi. Izrađuju se kao metalne ili plastične ploče te kao samoljepljive naljepnice.

### 5.1 Zaštitne naprave

Zaštitne naprave (ograde, zgrade, štitnici, poklopci, vratašca, oklopi, kape, nape, branici, i dr.) jesu naprave koje moraju biti konstruirane i postavljene na oruđu tako da se onemogući ulazak ruke ili drugih dijelova tijela u opasna mjesta (zone) za vrijeme rada i da se spriječe druga štetna djelovanja izvora opasnosti. Druga štetna djelovanja može predstavljati lom oruđa, odbacivanje radnika, prskanje, izlivanje, požar, eksplozija, trovanje, nagrizanje, opasna zračenja te ostala štetna djelovanja. Zaštitne naprave moraju biti na siguran način pričvršćene za postolje ili drugi nepokretni dio oruđa, ili za građevinski dio objekta gdje je oruđe postavljeno. Ako se zaštitne naprave moraju povremeno iz tehnoloških razloga skidati ili otvarati radi nadzora, ugađanja, izmjene alata, popravaka, čišćenja i dr., mora se postaviti uređaj koji će isključiti oruđe dok se zaštitna naprava ne postavi na svoje mjesto. Pokretni dijelovi oruđa koji bi mogli ugroziti sigurnost radnika ili okolice moraju biti zagrađeni

zaštitnim ogradama ili zatvoreni oklopima, štitnicima, kućištem ili na drugi način. Zaštitne naprave moraju biti na siguran način pričvršćene za postolje ili drugi nepokretni dio oruđa, ili za građevinski dio objekta gdje je oruđe postavljeno.

Zaštitne naprave moraju udovoljiti sljedećim uvjetima:

1. moraju biti izrađene od prigodnog materijala,
2. moraju biti odgovarajućih dimenzija,
3. moraju biti dovoljno čvrste i otporne,
4. ne smiju svojim položajem i izvedbom stvarati nove izvore opasnosti,
5. moraju biti izvedene tako da se ne mogu skinuti bez uporabe alata.

Zaštitne naprave štite radnika od opasnosti na sljedeći način:

- ograničavaju ili onemogućuju pristup tijela ili dijelova tijela opasnim mjestima,
- onemogućuju premašanje ili sniženje tlaka, temperature i drugih svojstava tvari,
- onemogućuju preopterećenja oruđa,
- onemogućuju nekontroliran rad oruđa ili njegovih dijelova,
- zaštićuju oruđe i radnika od drugih opasnih pojava zbog zatajivanja normalnih funkcija oruđa.

### 5.1.1 Čvrste i/ili nepomične zaštitne naprave

Ove se naprave ne mogu pomicati, pouzdano štite i ne mogu se ukloniti. One se u pravilu koriste u području prijenosa gibanja. One onemogućavaju pristup u zonu opasnosti i zaštićuju od rasprnutih dijelova komada ili stroja. Obično se koriste u području prijenosa gibanja.



Slika 29. Čvrste zaštite na stroju

### 5.1.2 Blokirane zaštitne naprave

Blokirane zaštitne naprave sprečavaju da stroj radi kada se aktivira blokada, tako da radnik više ne može doći u opasnost. Kada je zaštitna naprava otvorena, startni mehanizam je blokirani, kako bi spriječio iznenadno pokretanje stroja i doveo do opasnosti od ozljede radnika. Blokade mogu biti mehaničkog ili elektroničkog tipa. Također se mogu ugrađivati i dvoručni uređaji za pokretanje stroja, koji zahtijevaju da obje ruke budu na komandama koje su udaljene od opasnih mjesta na stroju. Na sljedećoj slici prikazan je primjer zaštitne naprave na stroju za piljenje.



Slika 30. Zaštitna kapa na stroju za piljenje[7]

#### 5.1.2.1 Električna instalacija s fotoćelijama

Fotoćelije se danas vrlo često primjenjuju kao zaštitna naprava za blokiranje. Rade na principu fotoelektričnih zraka u nekoliko razina koje se nalaze ispred opasnog područja stroja. Kada se fotoelektrična zraka prekine rad stroja automatski se zaustavlja. Dovoljno je da samo jedan snop fotoelektričnih zraka prekinut tj. postaviti prepreku između zrake i stroj automatski uključuje uređaj za kočenje i zaustavljanje stroja. Fotoelektrične zrake su nevidljive golim okom.

Fotoćelije postavljaju se u nekoliko razina, ovisno o radnom stroju i vrsti obrade. Fotoelektrične zrake postavljaju se na maloj udaljenosti jedna od druge kako se nebi moglo manipulirati zaštitnom napravom, tj. gurnuti ruku ili neki predmet u opasno područje stroja i samim time izazvati ozljedu.



Slika 31. Valjak za obradu lima s fotoćelijama[2]

### 5.1.3 Automatske zaštitne naprave

Automatske zaštitne naprave koriste se onda kada je nemoguće ugraditi čvrste (nepomične) zaštitne naprave i pomične zaštitne naprave, a električna instalacija s fotoćelijama stvara velike materijalne izdatke za ugradnju. One onemogućuju da ruke radnika ostanu u opasnom području dok se stroj nalazi u pogonu i to na način da ih uklanja ili izvlači van opasnog područja. Djeluju neovisno o uređaju za stavljanje stroja u pokret, ponavljajući svoje zaštitno djelovanje tako dugo dok stroj radi, jer zaštitnu napravu preko poluga pokreće stroj kojeg ona zaštićuje. Sustav automatske zaštitne naprave primjenjuje se na sporijim strojevima kako ne bi brzim kretanjem ozlijedile ruke radnika (do 60 udara u minuti). Njih je potrebno podešavati za svakog radnika posebno, jer efikasnost zaštitne naprave ovisi o individualnim osobinama pojedinaca (dužina ruke, prstiju). Neki radnici bi mogli biti ozlijeđeni zbog ne podešenosti zaštitne naprave za svoje potrebe.

Na sljedećoj slici prikazan je primjer automatske zaštitne naprave na stupnoj bušilici.



Slika 32. Stupna bušilica sa automatskom zaštitnom opremom[7]

### 5.1.4 Uređaji za daljinsko upravljanje

Uređaji za daljinsko upravljanje koriste se samostalno ili u kombinaciji sa zaštitnim napravama. U principu ne spadaju u zaštitne naprave, ali se ipak moraju spomenuti jer se u praksi mnogo primjenjuju, a često su učinkovitiji od zaštitnih naprava. Uređaji za daljinsko upravljanje upotrebljavaju se samo na dovoljno brzim strojevima, koji nakon puštanja u rad tako brzo izvrše radni ciklus da radnik ne dospije rukama ući u opasno područje. Donja granica brzine rada stroja smatra se 100 radnih ciklusa u minuti.

Najtipičniji primjer uređaja za daljinsko upravljanje je dvoručni sustav za pokretanje. Stroj sa dvoručnim sustavom za pokretanje može se pokrenuti samo kada se istodobno pritisnu obje poluge za pokretanje, tako da su ruke za vrijeme radnog hoda zauzete i ne mogu ući u opasno područje. U slučaju da se jedna ruka makne sa poluge za pokretanje stroj se gasi i nije u funkciji.

Radna oprema mora imati uređaj za daljinsko upravljanje:

- ako se radi o opremi sa opasnim toplinskim zračenjem
- ako se radi o opremi sa opasnim zračenjem (otvoreni i zatvoreni izvori ionizirajućeg zračenja, optičko zračenje)
- ako se radi o opremi koja proizvodi buku iznad dopuštene razine
- ako se radi o opremi u kojoj se razvijaju i/ili oslobađaju tvari s jakim otrovnim djelovanjem (plinovi, pare, aerosoli)
- ako se radi o specijalnoj opremi kod koje se s daljinskim upravljanjem može postići bolja preglednost rada i time veća sigurnost radnika

Upravljački elementi kod daljinskog upravljanja moraju biti tako postavljeni i izvedeni da su osigurani od slučajnog aktiviranja.

Na sljedećoj slici prikazan je primjer uređaja na daljinsko upravljanje kod hidraulične preše.



Slika 33. Hidraulična preša[7]

## 5.2 Zaštitni uređaji

Zaštitni uređaji ili uređaji sa zaštitnom funkcijom (sigurnosni uređaji) su konstrukcijski elementi oruđa koji služe i za rad na oruđu i za zaštitu radnika od pojedinih opasnosti, i to na sljedeće načine:

- ograničuju ili onemogućuju prisustvo tijela ili dijelova tijela radnika opasnim mjestima ( uređaj za dvoručno upravljane, daljinsko upravljanje...),
- onemogućuju povećanje ili sniženje tlaka, temperature i drugih svojstava tvari (odušne cijevi, tlačne sklopke...),
- onemogućuju preopterećenje oruđa,
- onemogućuju nekontroliran rad oruđa ili njegovih dijelova (regulacijsko- sigurnosni sklopovi, elektromagnetni ventili...),
- zaštićuje oruđe i radnika od drugih opasnih pojava zbog zatajivanja normalnih funkcija oruđa.

Na zaštitne uređaje moraju se primijeniti odredbe za zaštitne naprave vezano uz uvjete čvrstoće, otpornosti izvedenog materijala, prikladnih dimenzija, slobodnog pristupa, rukovanja i mogućnosti dobrog viđenja kroz zaštitni uređaj ili preko zaštitnog uređaja.

Uvjeti za izradu zaštitnog uređaja su:

- moraju onemogućiti ulazak stranog tijela u opasno mjesto,
- moraju biti dovoljno čvrsti i otporni, - moraju biti izrađeni od prikladnog materijala,
- ne smiju svojim položajem i izvedbom stvarati nove izvore opasnosti,
- ne smiju ometati proizvodnju, odnosno uporabu oruđa,
- moraju omogućiti promatranje procesa rada putem dobrog viđenja

Zaštitni uređaji se dijele na:

- optoelektrične zaštitne uređaje,
- SICK-SLG svjetlosne zavjese,
- laserske zaštite na prešama,
- sigurnosne kontaktne podloške [4]

## **6. PRIMJER - ZAŠTITA RADNIKA PRISTROJNOJ OBRADI MATERIJALA BRUŠENJEM**

Brušenje je postupak obrade odvajanjem čestica kojim se precizno i kvalitetno obrađuju površine. U prošlosti brušenje se koristilo samo kod završne obrade za dobivanje visoke kvalitete, no razvojem tehnologija i novih materijala, brušenje se unapredilo, i sad pomoću njega dobivamo visoku proizvodnost.

Brušenje je operacija strojne obrade kojim se skida promjenjiv presjek strugotine. Pošto se brušenjem postiže visoka točnost i kvaliteta površine koja se obrađuje ono se koristi kao jedna od završnih obrada.

Glavna podjela brušenja je na:

- strojno i
- ručno brušenje.

### **6.1 Opasnosti koje se javljaju kod brušenja**

- opasnost od letećih čestica otkrnutih od obrađivanog predmeta ili brusne ploče
- opasnost od sitne prašine
- opasnost od rasprsnuća brusne ploče
- opasnost od dodira sa rotirajućom brusnom pločom
- opasnost od zaglavljivanja predmeta obrade između brusne ploče i oslonca
- opasnost od pretjerane sile prilikom brušenja
- opasnost od neispravne elektroinstalacije[9]

### **6.2 Mjere zaštite pri brušenju**

Brusnu ploču prije postavljanja treba provjeriti da se utvrdi da li je slučajno oštećena pri transportu ili uskladištenju. Brusna ploča se najprije ispituje prostim okom, a zatim tako da se osluškuje njezina akustičnost laganim udarcima drvenim čekićem.

Prilikom postavljanja se ne smije silom nabijati na vreteno, jer bi mogla puknuti, iz tog razloga se između brusne ploče i vretena mora nalaziti mala zračnost. Moguće je nejednoliko naprezanje brusne ploče ukoliko se prirubnica prejako stegne matricom.

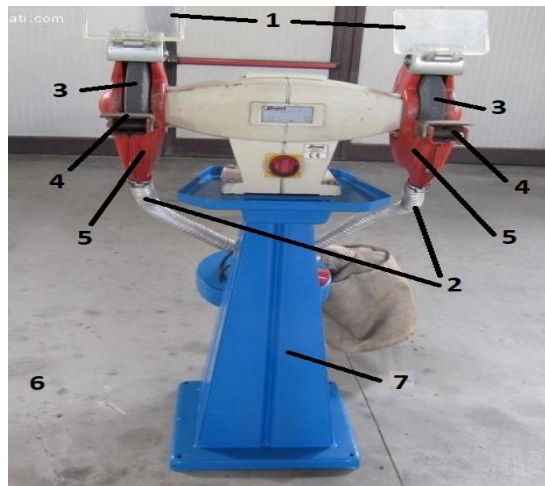
Pošto se brusna ploča nejednoliko troši za vrijeme rada, treba ispravljati površinu njenog oboda kako bi se spriječila ekscentričnost i pomicanje težišta brusne ploče izvan osi vrtnje. Specijalnim alatom se vrši ispravljanje. Oko brusne ploče treba se nalaziti zaštitni oklop da se zadrže leteći dijelovi u slučaju rasprsnuća. Pravilno podešeni po visini i horizontalno moraju biti radni oslonci, a razmak između oslonca i brusne ploče ne smije biti veći od 3mm.



Na brusilicu se pričvršćuje zaštitno staklo zbog sprječavanja upadanja brusnih zrnaca u oko radnika. Zaštitno staklo mora biti nelomljivo, čisto i imati mogućnost podešavanja. Na mjestu gdje se stvara najviše prašine smješta se uređaj za usisavanje prašine (usisna kapa), a priključci su izvedeni tako da se osigura maksimalni odvod prašine.

Pri radu na dvostranoj brusilici nema mnogo opasnosti, ali su posljedice nezgoda mnogo teže. Naime brusno kolo okreće se velikom brzinom, pa postoji opasnost od čestica koje odlijeću u okolni prostor. Zato su vrlo česte ozljede očiju [10].

Na sljedećoj slici prikazan je primjer dvostrane brusilice sa osnovnim zaštitnim sklopovima.



Slika 34. Dvostrana brusilica[3]

Osnovni zaštitni sklopovi na radioničkoj brusilici su:

1. Zaštitno staklo (vizir),
2. Uređaj za odsisavanje prašine,
3. Brusno kolo,
4. Oslonac,
5. Zaštitni oklop
6. Radna površina oko stroja,
7. Električni vodovi i drugi električni uređaji.

Glede udisanja prašine, prije nego se počne brusiti, treba uključiti uređaj za odsisavanje prašine. Kod novijih brusilica uređaj za odsisavanje prašine povezan je s uređajem za puštanje stroja u rad, tako da se ne može brusiti ako se prašina ne odsisava.

Također da bi se omogućila što veća zaštita radnika na brusilici mora se omogućiti optimalni rad njenih vitalnih dijelova, i to:

- oslonac mora biti stabilan
- oklop dovoljno čvrst da zadrži možebitnu brusnu ploču
- štitnik za oči proziran i od sigurnosnog stakla

- rasvjeta mora omogućiti rad bez naprezanja očiju
- uređaj za odsisavanje mora biti učinkovit [9]

Teške posljedice za radnika može uzrokovati rasprsnuće brusnog kola, koje može nastati zbog:

- postavljanja brusnog kola kojemu je najveći dopušteni broj okretaja manji od broja okretaja vretena brusilice
- neispravnog transporta ili montaže brusnog kola
- neispravnog rada s novim brusnim kolom
- uklještenje predmeta između brusnog kola i naslona
- neispravnog poravnjanja i istrošenog brusnog kola
- prekomjernih vibracija, itd.

Osobna zaštitna oprema pri brušenju su:

- za zaštitu tijela: radno odijelo i gumirana pregača
- za zaštitu lica: zaštitne naočale ili prozirni štitnik
- za zaštitu nogu: zaštitne cipele
- za zaštitu ruku: zaštitne rukavice
- zaštitu dišnih organa: respirator [10]



Slika 35. Zaštitno odijelo, gumirana pregača i zaštitne rukavice[10]



Slika 36. Zaštitne cipele sa metalnom kapicom i respirator[10]



Slika 37. Zaštitne naočale[7]

Zaštitne naočale služe za zaštitu očiju radnika od uljetanja sitnih komada strugotine prilikom ispuhivanja komprimiranim zrakom. Zaštitno odijelo štiti od zahvaćanja pokretnih dijelova stroja, gumirana pregača štiti od sitnih otpadaka koji se stvaraju pri brušenju. Zaštitne rukavice štite od oštih dijelova koji se pojavljuju pri brušenju. Zaštitne cipele s metalnom kapticom štite od pada predmeta na nogu radnika. Respirator štiti od prašine koja se pojavljuje prilikom obrade materijala brušenjem.

## 7. ZAKLJUČAK

Radne operacije obrade materijala uklanjanjem čestica obuhvaća najveću grupu radnih strojeva. Razlog tome je jer se one koriste u mnogim industrijskim granama. Gotovo da i nema industrijske grane koja ne obuhvaća ove radne operacije, (u brodogradnji, proizvodnji plastičnih proizvoda, u zdravstvenoj industriji, metalnoj industriji,...).

Pišući ovaj rad, kroz proučavanje materijala došao sam do saznanja da, zbog uštede sredstava mnogi poslodavci, prvo svoje strojeve za obradu odvajanjem čestica ne mijenjaju tj. ne ulažu u nove tehnologije. Na takvim strojevima javlja se niz opasnosti od čega je prvo samo područje mjesta rada zbog glomaznost i velikog radnog hoda pojedinih dijelova stroja. Također je kod starijih izvedbi veća vjerojatnost od pohabanosti pojedinih zaštitnih naprava. Drugo osobna zaštitna sredstva koja radnici koriste često nisu odgovarajuća što dimenzijama, što ne vrsti radnih zadataka koji se obavljaju na pojedinom stroju.

Na strojevima za obradu odvajanjem čestica javljaju se ozljede pri rukovanju šiljatim i oštrim predmetima, rotirajućim predmetima, na mjestima uklještenja, i sl. Osim toga kao opasnost se pojavljuje i dijelovi stroja ili čestice koji mogu odletjeti iz njega, te sama strugotina koja se pojavljuje prilikom obrade materijala. Najčešće ozljede su posjekotine, kontuzije, nagnječenja, iščašenja, itd. Da bi se smanjio broj ozljeda i povećala sigurnost radnika potrebno je na ispravan instalirati zaštitne uređaje na strojeve, i izabrati odgovarajuću zaštitnu opremu, te je na propisan način koristiti. Najčešći zaštitni uređaji koji se koriste kod procesa obrade materijala odvajanjem čestica su: oklopi, ograde, poklopci, sklopke, stezne sprave, vratašca, štitnici i zgrade. Oni moraju bit napravljeni od odgovarajućih materijala, propisano konstruirani i postavljeni na stroj na način da se onemogućí ulaz bilo kojeg dijela tijela u opasne zone stroja dok je u pogonu. Ako se zaštitni uređaji iz bilo kojeg razloga moraju skidati sa stroja potrebno je postaviti uređaj koji će isključiti radnu opremu dok se zaštitna naprava ne postavi na svoje mjesto.

Radnik koji se osjeća sigurno pri obavljanju radnih zadataka je najproduktivniji radnik.

## 8. LITERATURA

- [1] [https://tehnika.lzmk.hr/tehnickaenciklopedija/povrsinska\\_obrađba\\_metala\\_odvajanjem\\_cestica.pdf](https://tehnika.lzmk.hr/tehnickaenciklopedija/povrsinska_obrađba_metala_odvajanjem_cestica.pdf) (pristupljeno 17.02.2020.)
- [2] Veleučilište u Karlovcu,  
<https://repositorij.vuka.hr/islandora/object/vuka%3A947/datastream/PDF/view>  
(pristupljeno 17.02.2002.)
- [3] N. Trbojević, Osnove zaštite od buke i vibracija, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2011, ISBN 978-953-7343-53-8. (pristupljeno 21.02.2020.)
- [4] B. Mijović, Zaštita strojeva i uređaja, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2012, ISBN 987-953-7343-60-6 (pristupljeno 21.02.2020.)
- [5] [https://zoranpericsplit.weebly.com/uploads/1/2/4/9/12491619/skripta\\_-\\_obrađa\\_materijala\\_i](https://zoranpericsplit.weebly.com/uploads/1/2/4/9/12491619/skripta_-_obrađa_materijala_i)  
I. Slade Obrada materijala I. (pristupljeno 10.02.2020.)
- [6] [https://zoranpericsplit.weebly.com/uploads/1/2/4/9/12491619/skripta\\_-\\_obrađa\\_materijala\\_ii](https://zoranpericsplit.weebly.com/uploads/1/2/4/9/12491619/skripta_-_obrađa_materijala_ii)  
I. Slade Obrada materijala II. (pristupljeno 10.02.2020.)
- [7] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Za%C5%A1tita\\_na\\_radu](https://hr.wikipedia.org/wiki/Za%C5%A1tita_na_radu) (pristupljeno 27.02.2020.)
- [8] <http://hzzsr.hr/wp-content/uploads/2019/06/OZO-VOL-5.pdf> (pristupljeno 02.03.2020.)
- [9] <https://repositorij.vuka.hr/islandora/object/vuka%3A622/datastream/PDF/view>  
(pristupljeno 02.03.2020.)
- [10] <https://repository.ricent.uniri.hr/islandora/object/ricent%3A68/datastream/PDF/view>  
(pristupljeno 02.03.2020.)  
[https://zoranpericsplit.weebly.com/uploads/1/2/4/9/12491619/skripta\\_-\\_obrađa\\_materijala\\_i](https://zoranpericsplit.weebly.com/uploads/1/2/4/9/12491619/skripta_-_obrađa_materijala_i)

## 9. PRILOZI

### 9.1 POPIS SLIKA

Slika 1.	Neolitski uređaj za obradu kamenim alatom (6000. God. p.n.e.)[1]	1
Slika 2.	Stolna brusilica (moderno doba)[1]	1
Slika 3.	Ručne stolne škare i hidraulične škare za lim[6]	10
Slika 4.	Ručna i električna ubodna pila[7]	10
Slika 5.	Ručna i električna bušilica[7]	11
Slika 6.	Strojna i ručna glodalica[6]	11
Slika 7.	Set ručnih turpija i nastavaka za oblici turpija električnim pogonom[5]	12
Slika 8.	Tri vrste grečala[5]	12
Slika 9.	Ručna pila i strojna pila (testera)[6]	13
Slika 10.	Tokarski stroj[7]	14
Slika 11.	Ručna i strojna brusilica[6]	15
Slika 12.	Radnik sa zaštitnom kacigom	20
Slika 13.	Vrste zaštitnih kaciga[8]	22
Slika 14.	Zaštitna kapa[9]	23
Slika 15.	Primjer protuudarnih kapa i zaštitnih pokrivala za glavu[8]	23
Slika 16.	Kapuljača od aluminiziranog kevlara/karbona[8]	24
Slika 17.	Zaštitne naočale[8]	24
Slika 18.	Radnik sa zaštitom za lice	26
Slika 19.	Razne vrste zaštite za oči i lice[8]	26
Slika 20.	Radnik sa maskom	28
Slika 21.	Primjer zaštitne odjeće[7]	29
Slika 22.	Primjer neprimjerene radne odjeće[8]	29
Slika 23.	Zaštitne rukavice[8]	30
Slika 24.	Prikaz ozljeda na radu u strojnoj obradi materijala[8]	30
Slika 25.	Različiti tipovi rukavica koje koriste osobe pri strojnoj obradi materijala[8]	31
Slika 26.	Zaštitne cipele	31
Slika 27.	Simboli za označavanje zaštitne obuće[8]	32
Slika 28.	Zaštitna naprava[4]	33
Slika 29.	Čvrste zaštite na stroju[2]	34
Slika 30.	Zaštitna kapa na stroju za piljenje[7]	35
Slika 31.	Valjak za obradu lima s fotočelijama[2]	35
Slika 32.	Stupna bušilica sa automatskom zaštitnom opremom[7]	36
Slika 33.	Hidraulična preša[7]	37
Slika 34.	Dvostrana brusilica[3]	40
Slika 35.	Zaštitno odijelo, gumirana pregača i zaštitne rukavice[10]	41
Slika 36.	Zaštitne cipele s metalnom kapicom i respirator[10]	41
Slika 37.	Zaštitne naočale[7]	42

## 9.2 POPIS TABLICA

Tablica 1. Dodatna ispitivanja zaštitnih kaciga i njihovo značenje[8]	21
Tablica 2. Materijali od kojih se izrađuju industrijske kacige[8]	21
Tablica 3. Vrste opasnosti za oči i lice pri strojnoj obradi materijala[8]	25
Tablica 4. Pravilan odabir OZO za oči i lice prema opasnostima na poslu[8]	27