

**FUNKCIONALNA POGODNOST RADNIH TIJELA KOD  
USITNJAVANJA SIROVINA I MATERIJALA**

**FUNCTIONAL ADVANTAGE OF WORKING WITH THE BODY OF  
RAW MATERIALS AND MATERIALS**

**dr. sc. Ifet Šišić** docent, Univerzitet u Bihaću

**dr. sc. Nedžad Alić** docent, Univerzitet u Tuzli,

**dr. sc. Fikret Suljić**, Rudnici „Kreka“ Tuzla

**REZIME**

*Mogućnosti uspješnog prilagođavanja i održanja geometrijskih formi drobilisnih komora i mjera radnih tijela u zoni drobljenja, kao funkcionalna pogodnost mašina za usitnjavanje, uključuju različita ispitivanja, mjerenja, zamjene, prilagođavanje, popravke i poboljšanja. Pokretna radna tijela, unutar drobilice ili mlina, moraju biti izrađena od materijala otpornih na habanje, izdržljiva na udare i promjene naprezanja (čeljust, konus, greda, čekić, rotor), koja sa unutrašnjim oblogama i pločama kućišta povećavaju efikasnost procesa usitnjavanja uz smanjenje troškova rada. Fizičko-hemijska svojstva sirovina i materijala utiču na izbor metode usitnjavanja, na postavljanje tehnološke sheme pripreme, izbor procesne opreme na osnovu čega se daju osnove za izradu programa održavanja tehničkih sistema (drobilica i mlinova) i projektiranje postrojenja.*

**Ključne riječi:** radna tijela, funkcionalnost, trošenje, metalizacija, održavanje.

**ABSTRACT**

*Features of successful adaptation and survival of geometric forms of crushing chambers and measures of the working bodies in the zone of crushing, as a functional benefit grinding machines include various tests, measurements, replacements, adjustments, repairs and improvements. The mobile working bodies within the crusher or mill, must be made of materials resistant to abrasion, resistant to shocks and changes in stress (jaw, cone, beam, hammer and curl), which together with internal body linings and housing panels increase the efficiency of grinding processes while reducing operational costs. Physical and chemical properties of raw materials influence the choice of grinding methods, the setting of technological preparation scheme, the selection of processing equipment and all of these are the basis for providing the basis for the development of maintenance programs of technical systems (crushers and mills) and the design of the plants.*

**Keywords:** working bodies, functionality, wear, metallization, maintenance.

## 1. UVOD

Ekonomičnost rada privrednih društava, koja se bave proizvodnjom agregata i frakcija za beton i asfalt, u mnogome ovisi od ispunjenja zahtjeva kvaliteta usitnjenih proizvoda. Od mašina za doziranje, transport, prosijavanje i usitnjavanje se traži velika pouzdanost, jednostavno održavanje i dug servisni interval. Vodeći svjetski proizvođači postrojenja pripreme mineralnih sirovina nastoje, još u fazi konstrisanja i dizajniranja, nastoje izraditi drobeća tijela i kućišta za ekstremne radne uslove, intenzivirani pojavama habanja, deformacija, napregnutosti i zamora. Posljedice tih pojava su odstupanja parametara režima rada mašina i uređaja, promjene kapaciteta drobljenja ( $Q_{dr}$ ), neravnomjerna raspodjela usitnjenih zrna ( $G_r, \Delta d_s$ ) i povećana potrošnja energije na usitnjavanje ( $W, E_w$ ). Poremećaji u svojstvima ulaznog materijala dodatno doprinose nestabilnosti stanja procesa prerade i lošim finalnim proizvodima. Konstrukcijska ograničenja u izradi drobilica i mlinova, (glavne mašine postrojenja), onemogućavaju prenos kritičnih prednapona i preopterećenja, praćeno varijacijama u intenzitetu naprezanja i promjenljivim vremenskim i brzinskim udarima, pritiscima i trenju. Defekti, kao odstupanja karakteristika kvalitete, dovodi do toga da glavne mašine i uređaji ne izvršavaju zadate procesne zahtjeve.

## 2. PONAŠANJE DROBIVIH MATERIJALA KOD USITNJAVANJA

### 2.1 Pojam funkcionalnosti procesnih mašina i uređaja

Funkcionalnost, kao ostvarenje kvalitete opreme u konstrukciji, je mjera kapaciteta i performansi rada tehničkih sistema. Izražava se radnom specifikacijom za aktivnost za koju je dati tehnički sistem projektiran. Jedni od oblika funkcionalnosti su: produktivnost mašina (postrojenja) i kubičnost usitnjenih zrna. Važnu ulogu kod planiranja i projektiranja postrojenja prerade sa izborom konstrukcionih materijala procesne opreme, imaju fizikalno-hemijska svojstva drobivih sirovina.

### 2.2. Pojavni oblici oštećenja i deformacije pokretnih i nepokretnih drobećih tijela

Uzroci nastanka oštećenja mogu se podijeliti u dvije grupe, i to:

I grupa: abrazija, pritisak i udar, kao primarni uzroci,

II grupa: korozija, toplota, erozija i kavitacija, kao sekundarni uzroci.

Najčešći oblici nastanka oštećenja i deformacija, opis pojmova:

- *habanje*, kao gubitak materijala sa radnih tijela, pri čemu oštećenja površina nastaju mehaničkim dodiranjem abrazivnog materijala i površina. Zapaža se u obliku mikroskopskih pukotina i porezotina i plastične deformacije. Habanje pritiskivanjem, nastaje kada abrazivni materijal pritisne materijal između dvije površine (npr. čeljusti, valjci, konusi),
- *abrazija*, oštećenje površine koje nastaje kada oštra ivica abrazivnog materijala prođe kroz površinu ploče,
- *kinematika habanja*, opisuje kretanje abrazivnog materijala u odnosu na ploču ili drobeće tijelo. Klizanje (klizno habanje), udaranje i pritiskivanje samo su neki pojavni oblici habanja koje uzrokuju abraziju,
- *porezotine*, oštećenje površine koje nastaje kada abrazivni materijal odlomi komadiće sa površine ploče, čekića ili grede,
- *abrazivni udari* nastaju kada abrazivni materijali udaraju u površinu ploče pod upadnim uglom. Oštećenja površine donekle zavise od tvrdoće abrazivnog tijela i najčešće uzrokuju plastičnu deformaciju,
- *upadni ugao*, nastao kao ugao od vektora kretanja abrazivnog tijela do površine ploče. Upadni ugao značajno utiče na erozivno habanje.

### 2.3. Pokazatelji trošenja stijenskog materijala i radnih tijela

Abrazivnost, kao pokazatelj sposobnosti površinskog sloja stijene da se aktivno opire razbijanju i razrušavanju unutrašnjih veza, uveliko ima uticaj na degradaciji radne površine drobećih tijela. Jako izražena abrazivna svojstva imaju stijene koje sadrže zrna vrlo tvrdih minerala. Najabrazivnijim se smatra kvarc, tako da su sadržaj  $\text{SiO}_2$  i tvrdoća važni faktori na karakterizaciji pojave abrazivnosti. Što je veći sadržaj  $\text{SiO}_2$  time je trošenje obloga i ploča kao radnih tijela veća. Prilikom ispitivanja hemijskog sastava stijenskih minerala posebna pažnja se poklanja vrijednostima sadržaja  $\text{SiO}_2 + \text{MgO} + \text{oksidi metala Al i Fe}$ .

Pokazatelji tvrdoće drobitog materijala, abrazivnosti i stepena istrošenosti se mogu predstaviti preko: a) koeficijenta abrazivnosti  $k_{ab}$  [J/kg], b) indeksa abrazivnosti  $A_i$  [%], c) indeksa efikasnosti razbijanja stijenskog materijala  $i_{ers}$ , d) potrošnje metala  $H_{de}$  [gr/t] izdrobljenog materijala, e) specifične potrošnje energije  $W_s$  [kW·h/t], f) potrošnje energije na usitnjavanje  $E_v$  ili indeksa potrošnje energije  $I_e$  [kW·h/t]

- koeficijent abrazivnosti  $k_{as}$ , kao pokazatelj abrazivnosti stijenskog materijala, naročito je izražajan je kod drobilica sa gredama i čekićima:

$$k_{as} = \frac{A_{rs}}{\Delta V_{rt}}, [\text{J/kg}] \quad \dots(1)$$

gdje je:

$A_{rs}$  –ukupni rad uložen u razbijanje stijene [J], predstavlja zbir rada utrošenog na razbijanje stijene ( $A_s$ ) i rada na trošenju radnih tijela ( $A_t$ )

$\Delta V_{rt}$  –gubitak volumena radnog tijela, [kg]

$$\Delta V_{rt} = \frac{\Delta m_{rt} \cdot n_{rt}}{\rho_{rt}}, [\text{m}^3] \quad \dots(2)$$

gdje je:

$\Delta m_{rt}$  –gubitak mase udarnog tijela, [kg],

$n_{rt}$  –broj udaranih tijela u drobilišnoj komori,

$\rho_{rt}$  –gustina materijala od kojeg su izrađena radna tijela, [kg/m<sup>3</sup>]

$\Delta V_{rs}$  –volumen razbijene stijene, [kg].

- koeficijent fleksibilnosti stijene  $k_{fsr}$  je:

$$k_{fsr} = \frac{A_{rs}}{\Delta V_{rs}} \quad \dots(3)$$

- indeks efikasnosti razbijanja stijenskog materijala  $i_{ers}$ , dobije se stavljanjem u odnos koeficijenta abrazivnosti stijene  $k_{as}$  i koeficijent fleksibilnosti stijene na razbijanju  $k_{fsr}$ :

$$i_{ers} = \frac{k_{as}}{k_{fsr}} = \frac{\Delta V_{rs}}{\Delta V_{rt} \cdot n_{rt}} \quad \dots(4)$$

Indeks efikasnosti razbijanja stijene pokazuje odnos volumena razbijene stijene i volumena istrošene mase radnih tijela ( $n_{rt}$  -broj čekića ili greda), pri ukupnom radu uloženom u razbijanju stijene. Što je indeks efikasnosti razbijanja za neku stijenu veći, veća je i efikasnost razbijanja te stijene u odnosu na stijenu s manjim indeksom.

- indeks abrazivnosti stijenskog materijala  $A_i$ , parametar određen laboratorijskim putem [6] :

$$A_i = E_{qu} \cdot UCS \quad \dots(5)$$

gdje je:

$E_{qu}$  –ekvivalentni sadržaj kvarca  $\text{SiO}_2$ , [%]

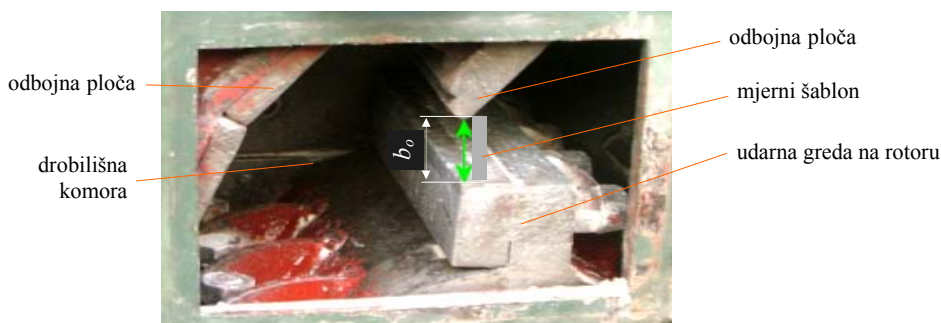
$UCS$  –jednoosna tlačna čvrstoća je najveće tlačno naprezanje koje uzorak stjenke mase može preuzeti neposredno prije sloma (najveće tlačno naprezanje), [MPa]. Jednoosna ili neograničena tlačna čvrstoća bez ograničenja (*engl. UCS=unaxial/unconfined compressive strength*), uveliko ovisi o porozitetu i gustini suhog materijala.

Pokazatelji: za granit  $\rho_s=2,7$  [ $t/m^3$ ], poroziteta  $n=1$  [%], raspon vrijednosti USC=50-350 [MPa], za bazalt  $\rho_s=2,9$  [ $t/m^3$ ], poroziteta  $n=2$  [%], raspon vrijednosti USC=100-350 [MPa], za krečnjak  $\rho_s=2,6$  [ $t/m^3$ ], poroziteta  $n=3$  [%], raspon vrijednosti USC=50-150 [MPa], za gips  $\rho_s=2,1$  [ $t/m^3$ ], poroziteta  $n=5$  [%], raspon vrijednosti USC=20-30 [MPa].

### 3. KARAKTERISTIKE KONSTRUKCIJA DROBILIŠNIH KOMORA

#### 3.1 Posljedice istrošenosti radnih tijela

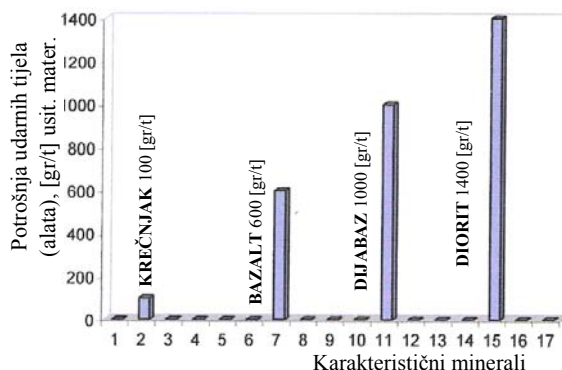
Posebni predmet kontrole kod drobilica i mlinova su rotirajući dijelovi (čekići, grede, valjci, izlazni otvori rotora, ploče), koji su direktno izloženi habanju i naprezanjima. Tako poremećaj u dimenzijama obrtnih i statičkih dijelova u drobilišnoj komori udarnih drobilica sa gredama direktno se odražava na povećanje otvora drobljenja  $b_o$  (slika 1.) sa poremećajima u granulometrijskoj raspodjeli usitnjenih zrna (frakcija) i kubičnoj formi zrna (ako se zahtijeva).



Slika 1. Kontrolne mjerenje veličine otvora drobljenja rotorne drobilice sa gredama

#### 3.2. Nastanak trošenja drobećih tijela, obloga, ploča i greda

Poznavanjem mehaničko-hemijskih svojstava stijenskog materijala, tj. koliko je kompaktan, čvrst, krupan ili sitan, fragmentiran ili sipak, koliko je tvrd i/ili abrazivan, kojoj grupi mineralnih sirovina pripada, koliko je vlažan i čist, koji odgovori omogućavaju pravilan pristup izboru konstrukcionih materijala drobećih tijela (zadatak konstruktora mašina). Na slici 2. prikazan je grafikon potrošnje drobećih površina tijela  $H_{de}$  [gr/t].

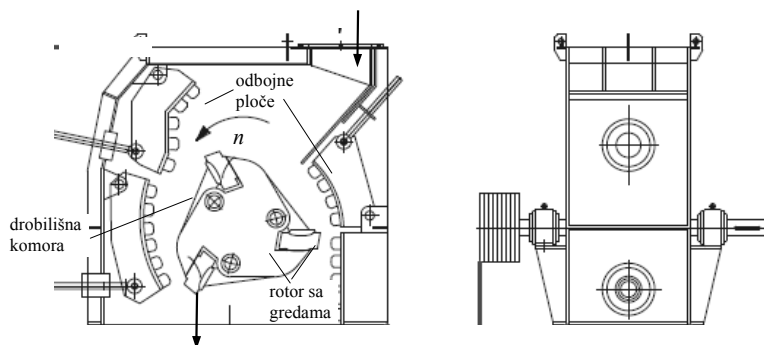


Slika 2. Grafikon potrošnje metala drobećih tijela kod usitnjavanja karakterističnih stijenjskih minerala[5]

### 3.3. Konstruktivne forme radnih tijela u zoni drobljenja

Prema načinu naprezanja materijala definišu se osnovni načini usitnjavanja: usitnjavanje pritiskom, usitnjavanje udaranjem, usitnjavanje istezanjem (gnječenjem, valjanjem) i usitnjavanje smicanjem. U većini slučajeva u praksi koriste se kombinacije ovih načina usitnjavanja. Tvrdća, forme komada i zrna materijala (oštre ivice i rubovi) izazivaju habanje površina radnih tijela u drobilishnoj komori, bilo da se radi o kliznom, udarnom, abrazivnom i pritisnim habanju sa posljedicama degradacije izloženih površina, ploča i ulazno-izlaznih lijevaka/koševa.

- **Udarne drobilice sa rotorom i gredama.** Pogodne su za drobljenje srednje tvrdih, tvrdih, krutih i neabrazivnih mineralnih sirovina kao što su krečnjak, dolomit, gips, bazalt, dijabaz, granit i slične sirovine (slika 3.).



Slika 3. Presjek drobilishnog prostora udarne drobilice sa gredama

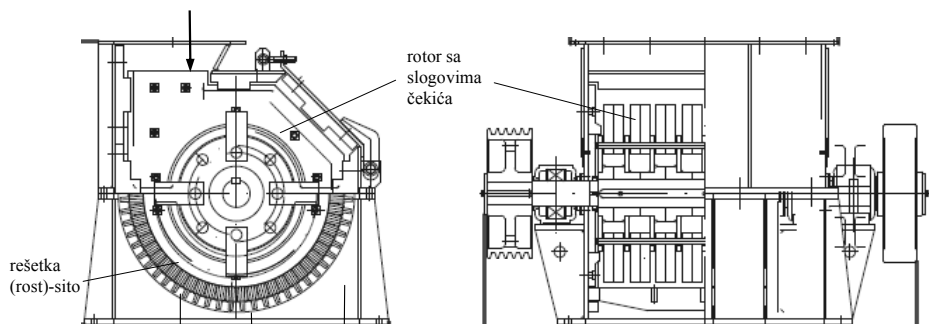
U praksi se ove drobilice ne koriste za sirovine sa sadržajem  $Si > 5\%$  (prema nekim autorima 15%, „Sandvick“ čak i do 50%). Osim stijenskih sirovina, pokazale su se djelotvorne kod drobljenja građevinskog otpada, asfaltnih degradiranih materijala te drugih krutih materijala za reciklažu. Potrošnja energije ili energija loma  $E_w = 0,7-1,1$  [kW] po [m<sup>3</sup>/h] proizvoda. Habanje, trošenje radnih elemenata iznosi 50–150 [gr/t] izdrobljene frakcije i ovisi od stepena tvrdoće i hemijskog sastava mineralne sirovine. Kod krečnjaka  $H_{de} = 25-30$  [gr/t]. U tabeli 1. dati su troškova habanja greda i obloga za udarnu drobilicu tip CRM 800, CRIFI Italija.

Tabela 1. Dokazani troškovi habanja udarnih greda i odbojnih ploča na drobilici CRM 800 [5]

Materijal	Ulazna krupnoća $D_{max}$ [mm]	Izlazna krupnoća $d_{max}$ [mm]	Troškovi habanja materijala $T_{rh}$ [KM/t]
Granit-gnajs sa 60% SiO <sub>2</sub>	300 – 100	32 – 120	0,07 – 0,1
Dravski šljunak sa 80% SiO <sub>2</sub>	0 – 32	0 – 8	0,07 – 0,1

- **Mlinovi čekićari.** Koriste se za drobljenje tvrdih abrazivnih sirovina, bazalta i pješčara. U zoni drobljenja postavljene su specijalne obloge izrađene od manganskog čelika ili obloga od specijalnog čelika: Cr-Si ili Cr-Mn. U donjem dijelu kućišta nalaze se rostovi koji obrazuju izlaznu rešetku. Potrošnja energije na usitnjavanje  $E_w = 1,1-1,3$  [kW] po [m<sup>3</sup>/h] proizvoda.  $E_w$  za mlinove proizvođača SCT tip BL-5=0,8–4,0 i BL-6=1,1–4,0 [kWh/t]. Habanje udarnih odbojnih tijela i obloga za krečnjak iznosi  $H_{de} \approx 20$  [gr/t] izdrobljene frakcije.

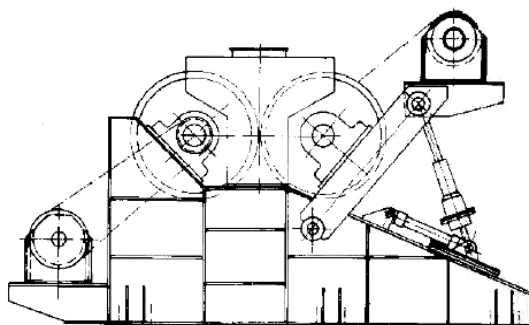
Pozicije u procesnoj tehnološkoj shemi prerade su vezane za srednje i sitno drobljenje srednje tvrdih, mekih i krutih sirovina (dolomit, krečnjak, gips i slične sirovine) u sekundarnom i tercijskom stadiju drobljenja, slika 4.



Slika 4. Mlin čekićar sa presjekom drobilne komore i zone drobljenja

Koriste se za drobljenje tvrdih abrazivnih sirovina, bazalta i pješčara. U zoni drobljenja postavljene su specijalne obloge izrađene od manganskog čelika ili obloga od specijalnog čelika: Cr-Si ili Cr-Mn. U donjem dijelu kućišta nalaze se rostovi koji obrazuju izlaznu rešetku. Potrošnja energije na usitnjavanje  $E_w=1,1-1,3$  [kW] po [m<sup>3</sup>/h] proizvoda.  $E_w$  za mlinove proizvođača SCT tip BL-5=0,8-4,0 i BL-6=1,1-4,0 [kWh/t]. Habanje udarnih odbojnih tijela i obloga za krečnjak iznosi  $H_{de} \approx 20$  [gr/t] izdrobljene frakcije. Za mineralne sirovine koje sadrže više od 10 % SiO<sub>2</sub> i oksida metala Fe i Al nisu praktično i ekonomsko upotrebljivi. Standardna rješenja konstrukcija mlinova čekićara na drobljenju dolomita, pokazala su iznad prosječnu potrošnju metala po toni proizvoda. U današnje vrijeme njihovo mjesto zauzimaju vertikalne autogene drobilice (VAD), tipa VSI.

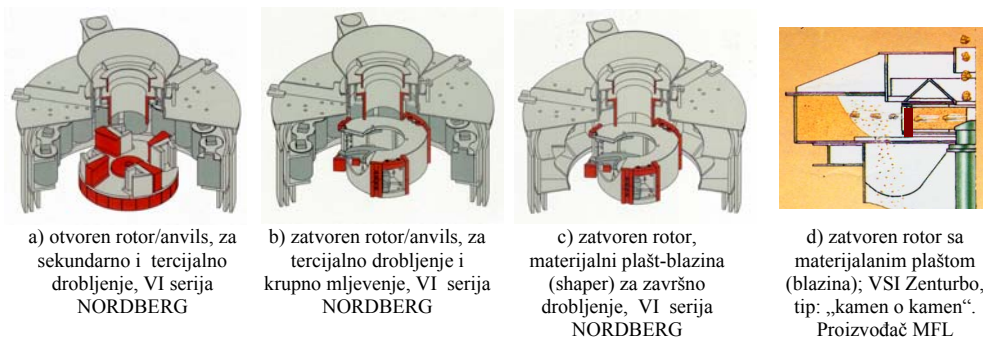
- **Droblilice sa valjcima.** Pogodne: drobilica sa glatkim valjcima za drobljenje srednje tvrdih i mekih te zaglinjenih i vlažnih materijala kod pranja i klasiranja; drobilica sa nazubljenim valjcima za drobljenje mekih i žilavih materijala te za reciklažu plastičnih materijala, slika 5.



Slika 5. Pogled na valjkastu drobilicu sa nazubljenim valjcima

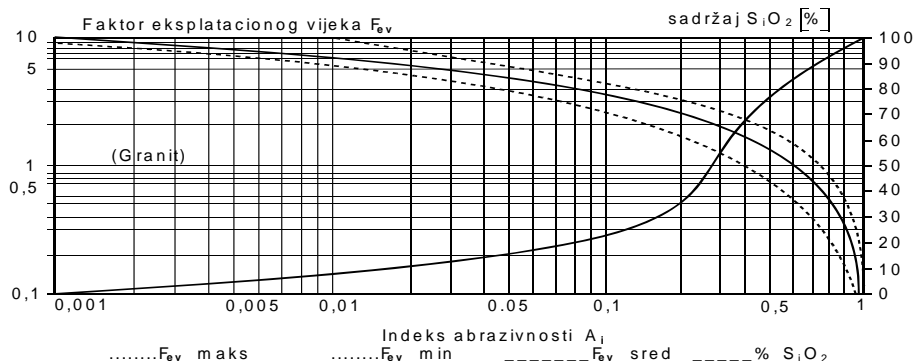
Habanje metalnih valjaka:  $H_{de}=0,01$  [gr/t] mase konstrukcije drobilice dok je potrošnja energije na drobljenje mala i kreće se:  $E_w = 0,87-1,19$  [kW/m<sup>3</sup>] usitnjenog materijala.

-**Vertikalne udarne drobilice.** Osim horizontalnih udarnih drobilica (engl. *HSI –horizontal shaft impactor*), danas imamo vertikalne udarne drobilice (engl. *VSI vertical shaft impactor*). Upotrebljavaju se za drobljenje mekih do srednje tvrdih materijala s malim sadržajem abrazivnih komponenti (max. sadržaj kvarca 15%). Najčešće se koriste za drobljenje krečnjaka, dolomita, gipsa i sl. Koriste se za usitnjavanje vrlo čvrstih materijala, čak i vlažnih i zaglinjenih. Potrošnja energije  $E_w=1,16-1,65$  [kW] po [m<sup>3</sup>/h] izdrobljenog proizvoda, potrošnja metala uslijed habanja  $H_{de}=0,89-0,115$  [gr/t] usitnjenog proizvoda. U fazi izrade rotora ugrađuju se jako otporni materijali na trošenje kao što je „tungstein“ karbidni materijal i „vidia“ (zatamljene površine radnih tijela, slika 6).



Slika 6. Prikaz različitih konfiguracija rotora i komore drobljenja kod VSI drobilica [4][5]

- **Čeljusne drobilice.** Obloge čeljusti su rebraste i izrađene od specijalnih Mn čelika velike čvrstoće. Na slici 7. date su vrijednosti faktora izdržljivosti obloga čeljusti po izvršenim testovima potrošnje metala[4]. Faktor eksploatacionog vijeka čeljusti  $F_{ev}$  je dat u ovisnosti od sadržaja  $SiO_2$  pri čemu se uporedo daju veličine indeksa abrazivnosti  $A_i$ .



Slika 7. Eksploatacioni vijek čeljusnih obloga u funkciji indeksa abrazivnosti [5]

Habanje obloga čeljusti,  $H_{de}=30-50$  [gr/toni] izdrobljenog materijala. Indeks abrazivnosti  $A_i=0,0015-0,0025$ . Potrošnja energije na usitnjavanje (prosječne vrijednosti): a) kod velikih drobilica:  $E_w=0,34-1,1$  [kW] po  $[m^3/h]$  izdrobljenog materijala; b) kod srednjih drobilica:  $E_w=0,73-0,9$  [kW] po  $[m^3/h]$  izdrobljenog materijala.

- **Konusne drobilice.** Konusne obloga se izrađuju od specijalnog čelika velike tvrdoće (Mn). Potrošnja energije na usitnjavanje:  $E_w=0,15-0,5$  [kWh/t] kružna strma konusna drobilica.  $E_w=0,4-2,2$  [kWh/t] konusna normalna drobilica.

#### 4. PRISTUPI ODRŽAVANJA RADNIH TIJELA U DROBILIŠNOJ KOMORI

Održavanje postrojenja za preradu sirovina i materijala uključuje: ispitivanja, mjerenja, zamjenu, prilagođavanja, popravke i poboljšanja. Oštećeni dijelovi mogu se zamijeniti novim dijelovima ili revitaliziranim postojećim dijelovima. Zahvaljujući razvoju novih tehnologija zavarivanja/navarivanja, često radni vijek revitalizovanih dijelova bude duži od radnog vijeka novih dijelova. Tako ukupni troškovi na revitalizaciji oštećenih dijelova (UTRT) u odnosu na ukupne troškove nabavke i ugradnje novih dijelova (UTND) imaju relacije:  $UTRT:UTND=1:5$  do  $1:50$  [3]. Izbor optimalnog tehnološkog postupka zavarivanja ili navarivanja vrši se na osnovu tehnoloških zahtjeva, uslova rada i tehničke opremljenosti.

Danas se primjenjuje nekoliko načina regeneracije istrošenih dijelova drobilica i mlinova:

- tvrdo navarivanje ili *hardsurfacing* je nanošenja materijala otpornog na trošenje (habanje),
- metode metalizacije, korištenjem elektroda, žica za navarivanje i prahova za zaštitu od abrazije, erozije i korozije. Primjenjive za sve postupke metalizacije, na 'toplo' ili 'hladno' te za nanošenje slojeva laserom, plazmom ili plamenikom,
- upotreba standardnih legura, namjenjenih zaštiti od abrazije poput manganskih čelika, Nihard legura, hrom-molibden čelika, HARDOX ili sličnih čelika,
- lijevanja dva materijala potpuno različitih svojstava, a sve u cilju dobivanja proizvoda koji će trajati duže. Lijevanjem se u jednu cjelinu spajaju čelik velike čvrstoće i žilavosti i bijeli tvrdi liv, visoko legiran Cr sa tvrdoćom od 63 HRc i tvrdim karbidima od preko 2000 HV.
- međusobno spajanje nosećeg i radnog elementa od legura otpornih na habanje, metodom vakuumske lemljenja, sa dobijanjem visoke posmične čvrstoće od >250 [MPa]. Zbog tako visoke čvrstoće, odvajanje slojeva nije moguće. Naime mikrostruktura legure koja sadržava primarne i sekundarne karbide tvrdoće 1800-2300 HV (Vickersa) u martenzitnoj matrici. Rezultat toga je minimalna nazivna tvrdoća od 700 HB (Brinella) što je ekvivalentno 63 HRc (Rokwella C) jednoliko raspoređeno po cijeloj površini elementa u debljini i do 50 [mm].
- novi dizajna i konstrukcijska rješenja radnih dijelova (zamijenjivi radni organi).

Primjenom zavarivanja i navarivanja, kao i srodnih tehnologija, osposobljeni radni dijelovi poprimaju prvobitne karakteristike, što omogućava sigurnu zaštitu i u najtežim uslovima. Rezultati zavarivanja i navarivanja ogledaju se u povećanoj produktivnošću, smanjenim vremenima održavanja i nižim troškovima popravka i zamjene dijelova.

## 5. ZAKLJUČAK

Funkcionalna pogodnost predstavlja mogućnost uspješnog prilagođavanja drobećih sklopova drobilica i mlinova radnim uslovima u određenom vremenu eksploatacije. Izbor parametara dijagnostičkih ispitivanja površinskih i mikropukotinskih oštećenja i trošenja materijala ovisna su od prikladnosti mjerenja, izabrane metode dijagnosticiranja i mogućih ograničenja. Tako se unutar jednog tehničkog sistema mogu podređene jedinice održavanja uspješno izvesti po modulima sistema ili zasebnim sklopovima. Za svaki podsistem se definišu aktivnosti održavanja sa planiranjem potrebnog materijala, dokumenata, mjernih uređaja i osoba na održavanju. Radi preliminarne izbora materijala današnji nivo razvoja informacione tehnike omogućava da se, uz poznati fizičko-hemijski sastav sirovine, izvrši analiza relativnog habanja. „*Wear Technology Group*“ posjeduje softver *WearCalc*<sup>TM</sup> koji sadrži katalog s više od 450 minerala, za koja se dobije relativna vrijednost habanja, nakon čega se analizom može utvrditi koje su *HARDOX* ploče, materijali ili reparacije najučinkovitije u eksploatacionim uslovima rada mašina i uređaja.

## 6. REFERENCE

- [1] Adamović Ž.: Tehnologija održavanja tehničkih sistema, Tehnički fakultet, Zrenjanin, 1998.,
- [2] Brdarević S., Održavanje sredstava za rad, Mašinski fakultet, Zenica, 1994.,
- [3] Vukićević M., Đurić S., Đorđević Lj.: Primena zavarivanja i navarivanja u revitalizaciji delova izloženih habanju, Mašinski fakultet, Kraljevo, 2003.,
- [4] Stručni članci iz oblasti pripreme mineralnih sirovina (usitnjavanje, klasiranje, mašine i uređaji) objavljeni u časopisu „Mineral“ Zagreb u periodu od 1997. do 2004. godine,
- [5] „Nordberg - Lokomo Oy“, Nordberg Crushing Process Planning, Tampere, Finland, 1992-1995.
- [6] <http://rgn.hr/~bkave/Materijali/2%20UVOD%20II%20dio.pdf>, pribavljeno april 2010.