

Školska 2022/23

Studijski program:  
**INŽENJERSTVO ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE**

Osnovne strukovne studije



# Predmet: **RECIKLAŽNE TEHNOLOGIJE**

**Nastavnik: dr Boban Cvetanović**

**Saradnik: Natalija Petrović**



# **MEHANIČKE RECIKLAŽNE TEHNOLOGIJE- DROBLJENJE I MLEVENJE OTPADA**

**Predavanje 7**



**Raw Materials**  
(Different minerals,  
ores)



**Finished Products**  
( Used in mining, metallurgy,  
construction, etc. )

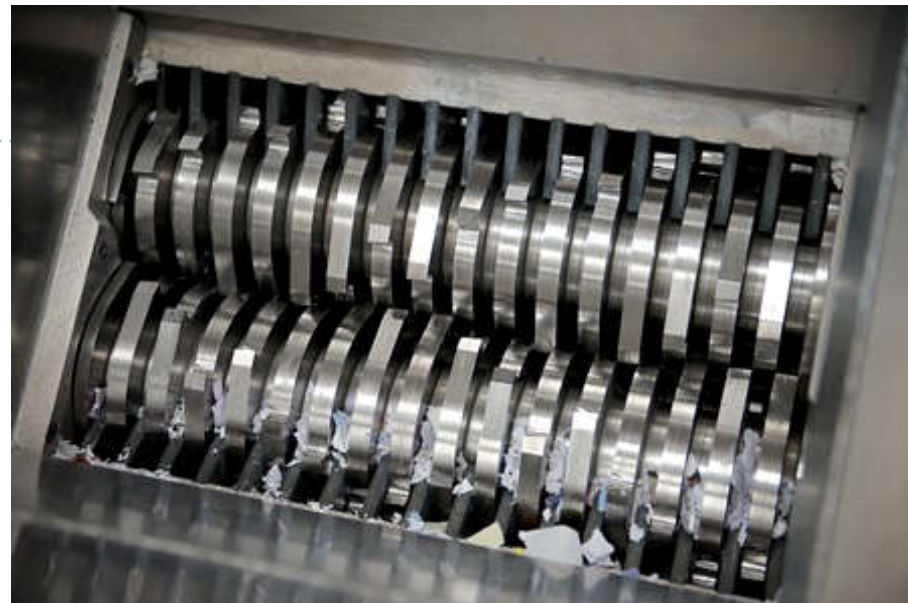
---

Koriste se za  
**smanjenje veličine**  
**i promenu oblika**  
delova materijala  
(otpada).



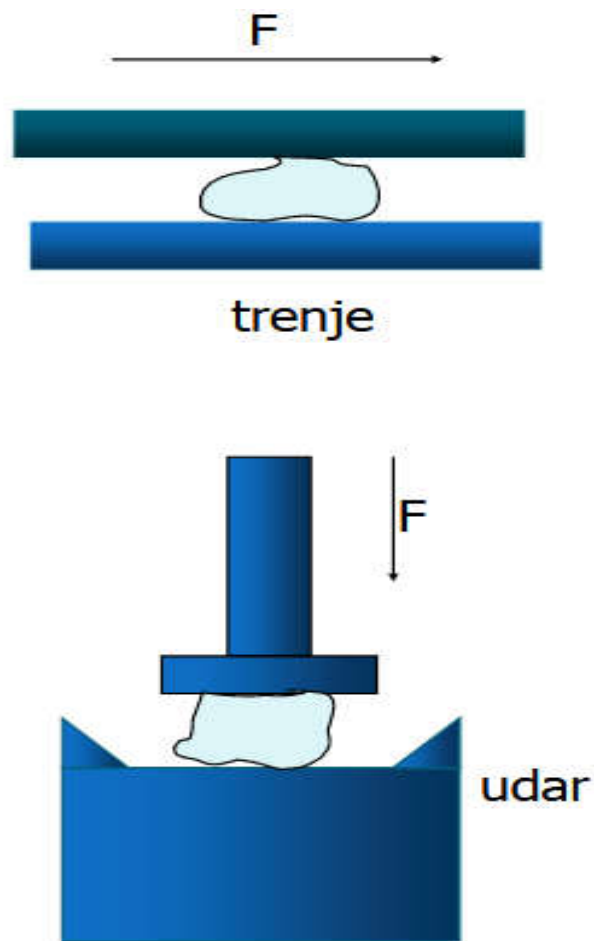
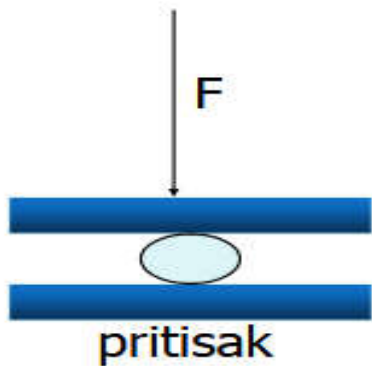
Procesi usitnjavanja materijala važan su deo tehnološkog postupka, najviše u rudarstvu, ali takođe u industriji cementa, građevinarstvu, keramičkoj, farmaceutskoj, hemijskoj industriji i **reciklažnoj industriji.**





Droбилice i mlinovi rade na osnovu uticaja spoljašnjih sila čije dejstvo vodi usitnjavanju materijala

**pritiskom, sečenjem, udarima, savijanjem, uvrtnjem, trenjem ili njihovom kombinacijom.**



---

**Koeficijent iskorištenja energije u tehničkim procesima usitnjavanja, po pravilu je dosta nizak!**

Za savladavanje kohezije čestica **korisno se troši samo mali deo uloženog rada.**



**Granicu između drobljenja i mlevenja određuje veličina delića posle usitnjenja.**

**Kao praktična granica** može se uzeti veličina od nekoliko milimetara, **obično 5 mm.**

Stepen usitnjenja		Veličina zrna proizvoda [mm]
Drobljenje	grubo	iznad 125
	srednje	25–125
	fino	do 25
Mlevenje	grubo	3–6
	srednje	0,08–0,8
	fino	0,03–0,08
	veoma fino	0,01–0,03
	ultrafino	do 0,01

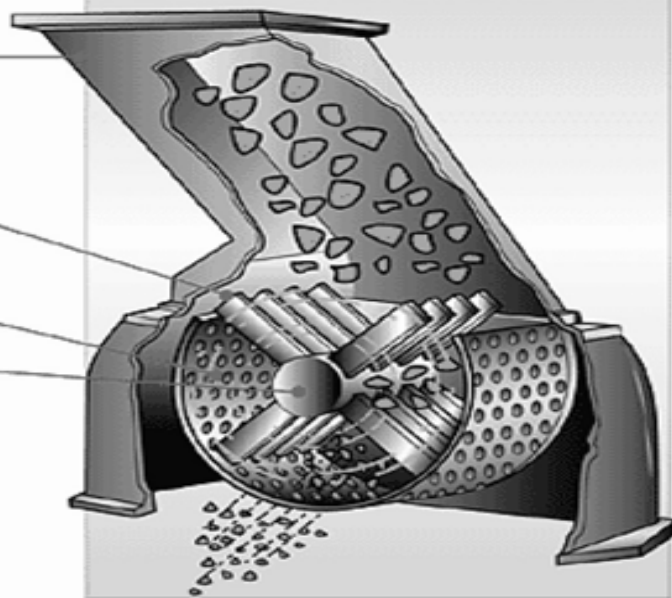
# Generalni princip rada drobilica i mlinova

**ULAZ MATERIJALA  
(OTPADA)**

**SEČIVA**

**SITO**

**ROTOR**



**IZLAZ USITNJENOG  
MATERIJALA  
(OTPADA)**



**SITA**

Jedna od glavnih tehničkih osobina drobilica i mlinova je  
**stepen drobljenja ili mlevenja:**

---

$$s = z_1/z_2$$

gde je:

s-stepen drobljenja

$z_1$ -maksimalna veličina zrna pre drobljenja

$z_2$ -maksimalna veličina zrna posle drobljenja

(on iznosi od 3 do 7 za čeljusne drobilice i do 50 za udarne drobilice)

# Vrste drobljenja kao procesa

---

Prema stepenu do kojeg se drobi materijal.

- ▶ U **primarno drobljenje** ubraja se usitnjavanje materijala prečnika **70 do 100 ili 150 cm**.
- ▶ **Sekundarnim drobljenjem** materijal se usitnjava do **propisanih frakcija**.
- ▶ U **tercijarnom drobljenju dolazi do korekcije ili kompenzacije**, odnosno prerade viška krupnijih frakcija da bi se popunio manjak u sitnim frakcijama.





calcite



limestone



gypsum



feldspar



talc



barite



## Raw Materials

(more than 1000 kinds  
of Raw Materials)

## Finished Products

(80-600mesh)

**Procese drobljenja obično prate procesi mlevenja ukoliko materijal treba dodatno usitniti.**

# Tipovi drobljenja (uobičajeni)

---

- ▶ **drobljenje PRITISKOM**
- ▶ **drobljenje UDAROM,**

---

**Drobljenjem pritiskom** (dominantna kompresiona, tj. **sila pritiska**), proizvode se **delovi različitih veličina.**

**Drobljenjem udarom** (dominantna **udarna sila**) dobija se materijal **jednake veličine i oblika.**

# Tipovi kompresionih (pritisnih) drobilica

---

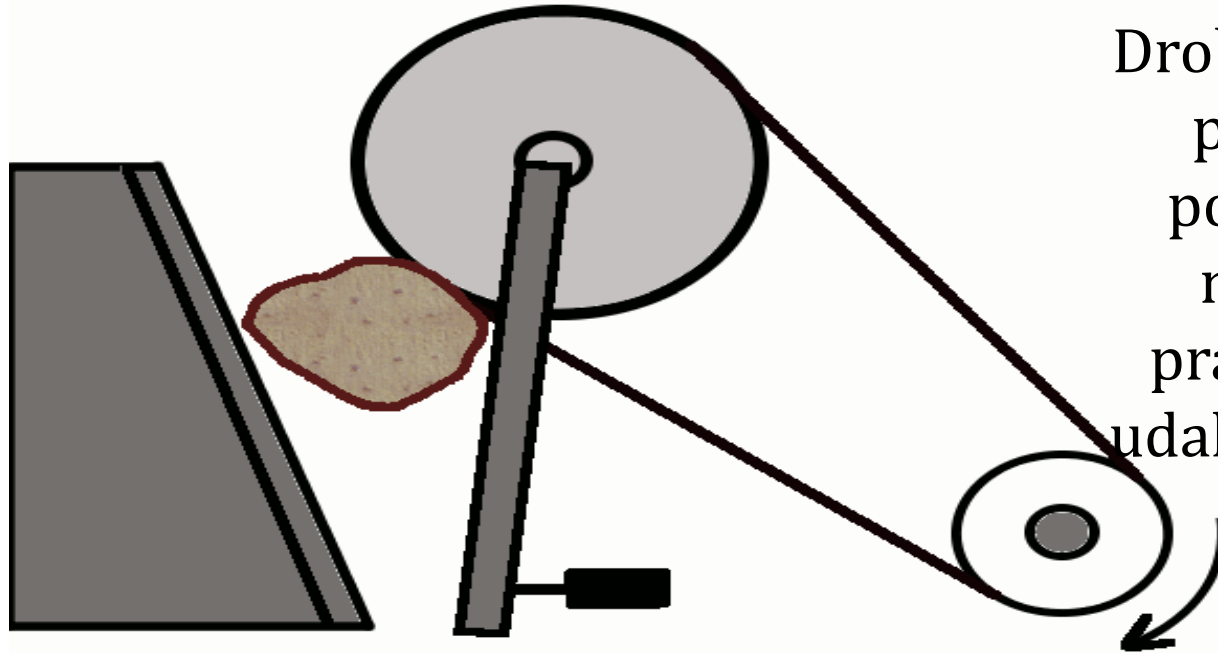
- ▶ **čeljusne,**
- ▶ **konusne,**
- ▶ **valjkaste.**

# Čeljusne drobilice

---

Služe za **grubo drobljenje** uglavnom kamenih materijala (otpad iz kamenoloma i rudnika), bez obzira na njihova fizičko-mehanička svojstva, zatim čvrstog i elastičnog otpada.

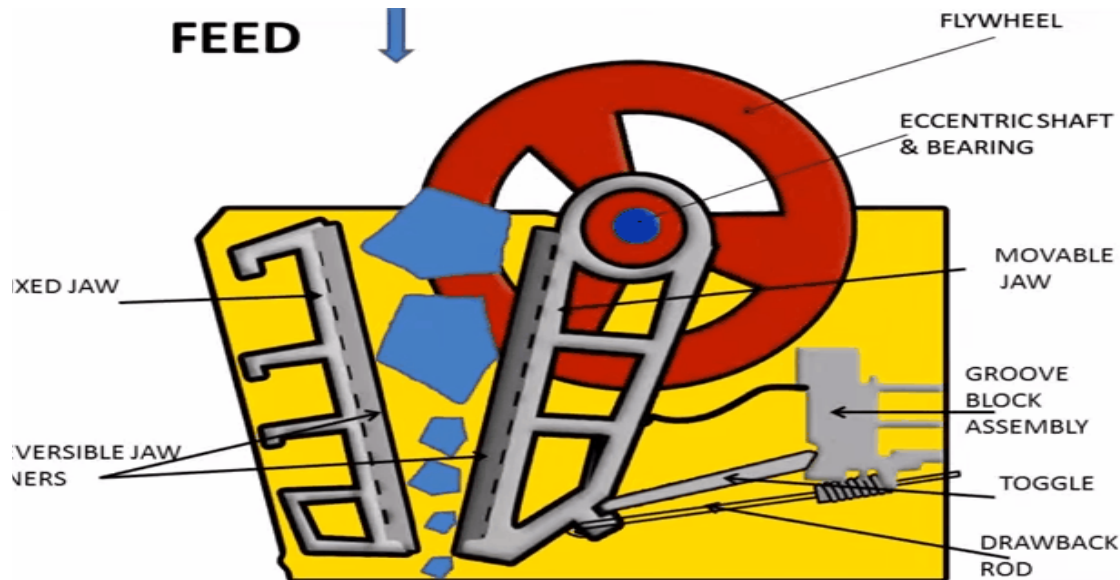
# Drobe otpad u prostoru između **pokretne i fiksirane** čeljusti.



Drobljenje se obavlja približavanjem pokretne čeljusti nepokretnoj, a pražnjenje njenim udaljavanjem od iste.



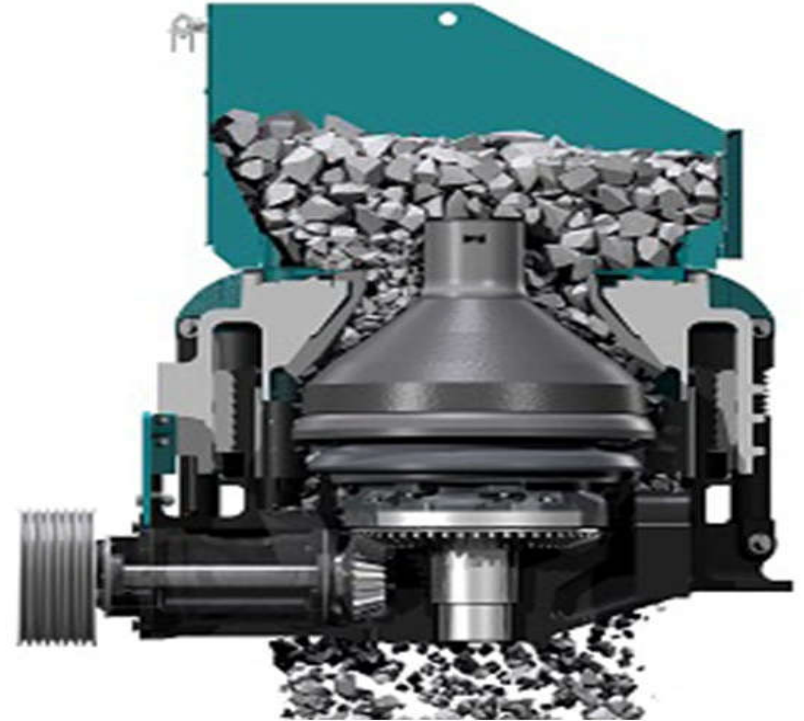
Čeljusne drobilice  
imaju **puni (radni)**  
hod kad se pokretna  
čeljust približava  
nepokretnoj i dolazi  
do drobljenja  
materijala, i prazan  
hod kada se pokretna  
čeljust odvaja, a  
materijal prazni.



# Konusne (rotirajuće) drobilice

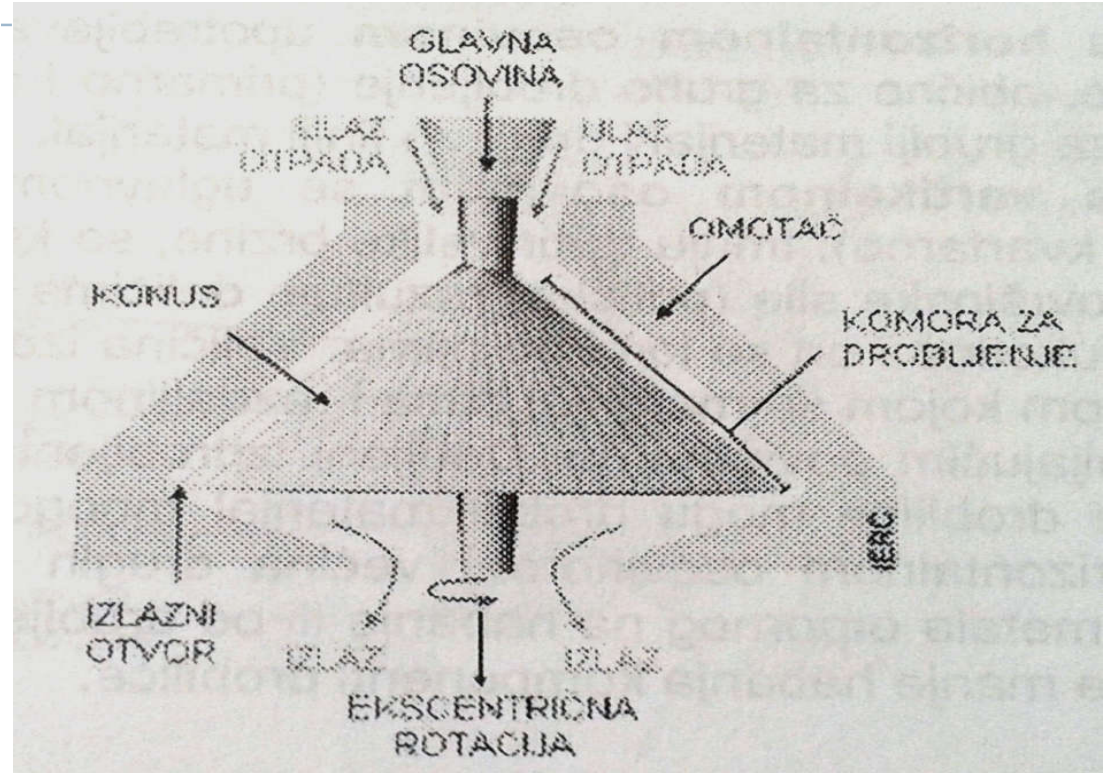
---

Drobe otpad u prostoru između **rotirajućeg konusa** i **fiksiranog spoljašnjeg omotača**.



Otpad ulazi sa gornje strane, pri čemu se delovi lome više puta, jednom na početku, a zatim padaju na niže

▶ pozicije, gde se lome na još manje delove

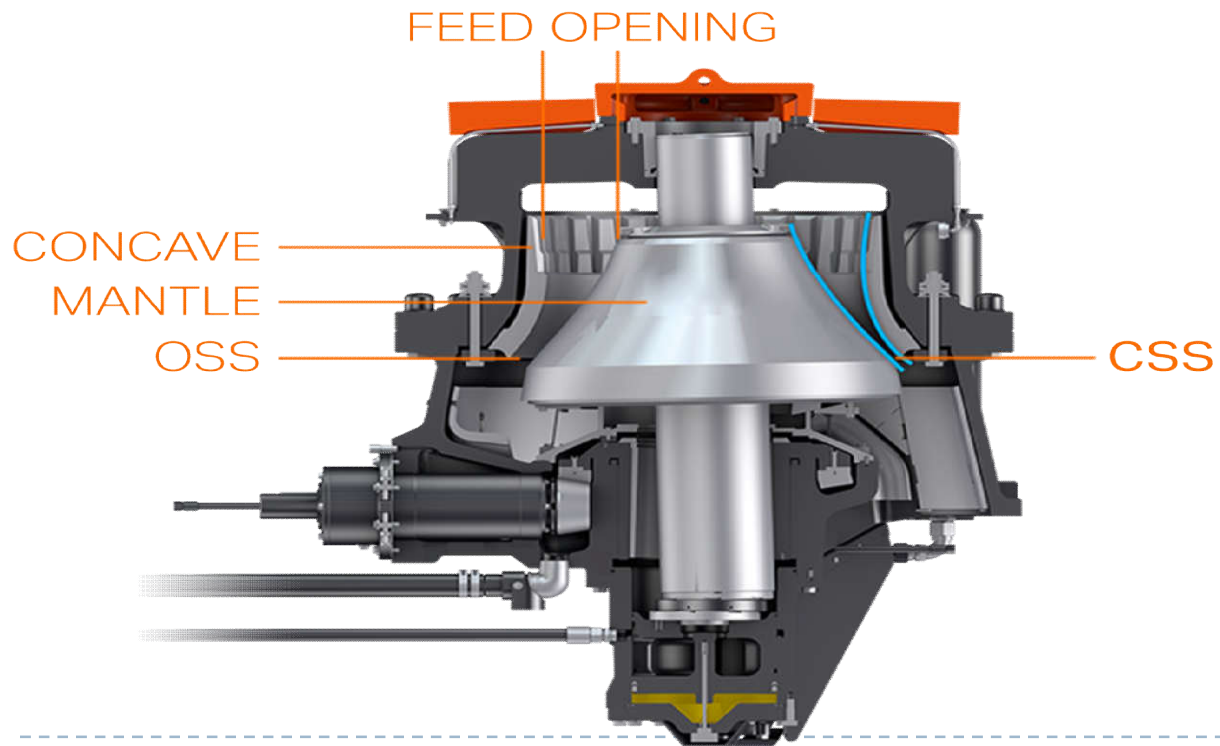


---

Veliki procenat proizvoda redukuje se na veličinu manju od otvora konusa **već prilikom prvog udara**. Taj deo se odmah ispušta u izlazni kanal.

Pojedinačna neredukovana zrna proizvoda se **centrifugalno izbacuju na zid komore uz koji se zatim spiralno penju**. Delovanje rotora na zidove komore stvara veliku smicajnu silu koja deluje na proizvod.

Izlazni kanal je konstruisan tako da obezbedi maksimalni slobodni prostor za materijal koji izlazi i tako spreči moguće nagomilavanje.



KONUS se ekscentrično pomera, stvarajući različit prostor između samog konusa i omotača OSS-najveći prostor

---

Proces se nastavlja sve dok delovi nisu dovoljno usitnjeni da propadnu kroz otvor na dnu drobilice.

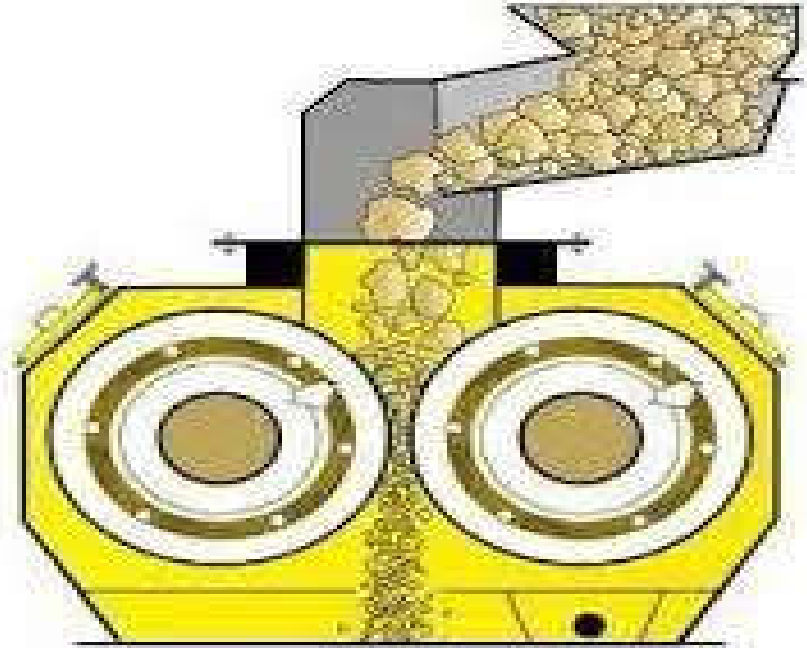


# Valjkaste drobilice

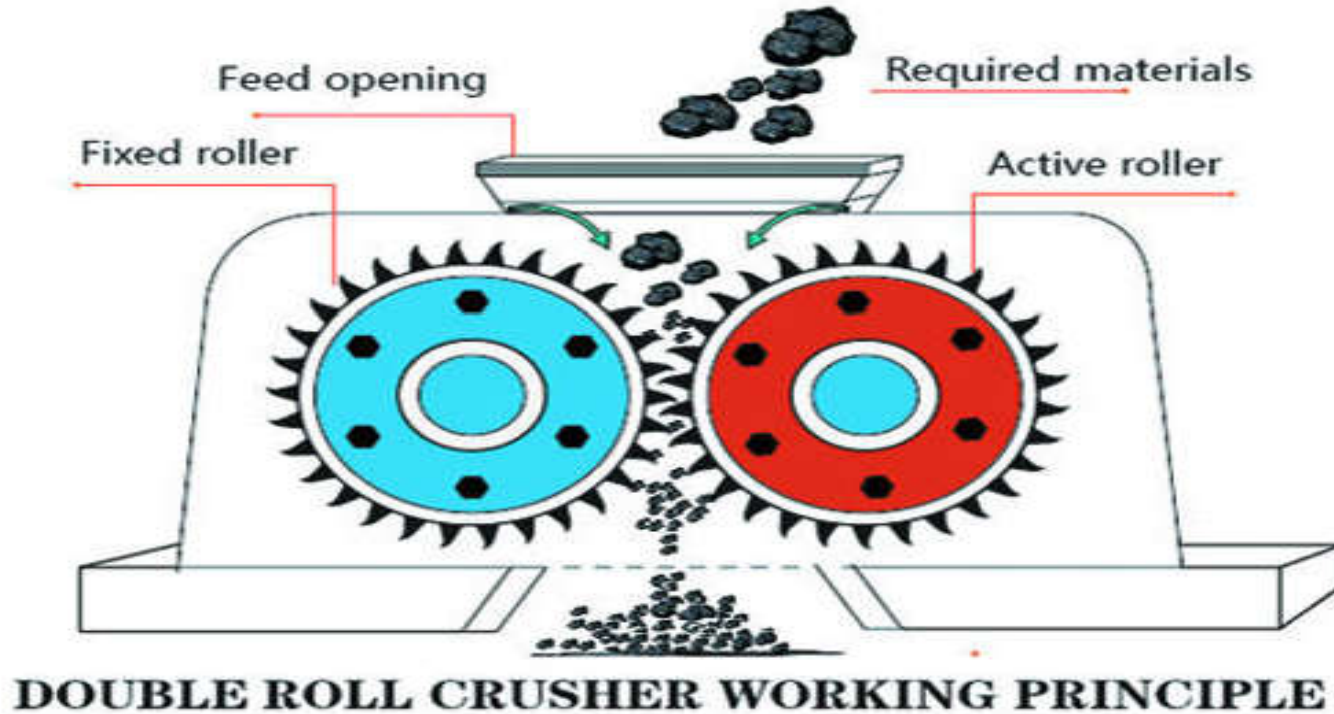
---

Imaju mali protok materijala.

Pogodne su za **trošne, vlažne i lepljive materijale za koje čeljusne i rotirajuće drobilice nisu odgovarajuće.**



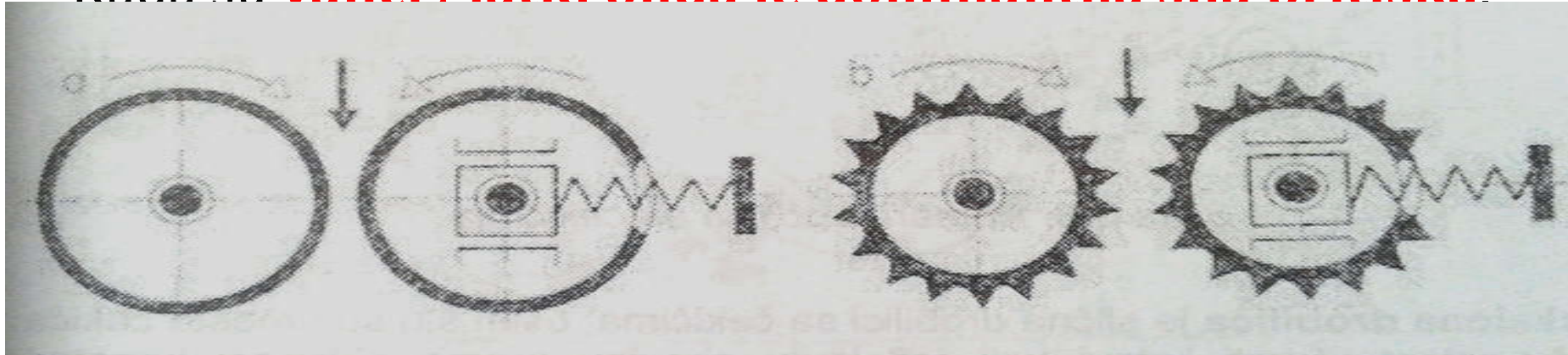
# Koriste kombinaciju udara, smicanja i pritiska za drobljenje.

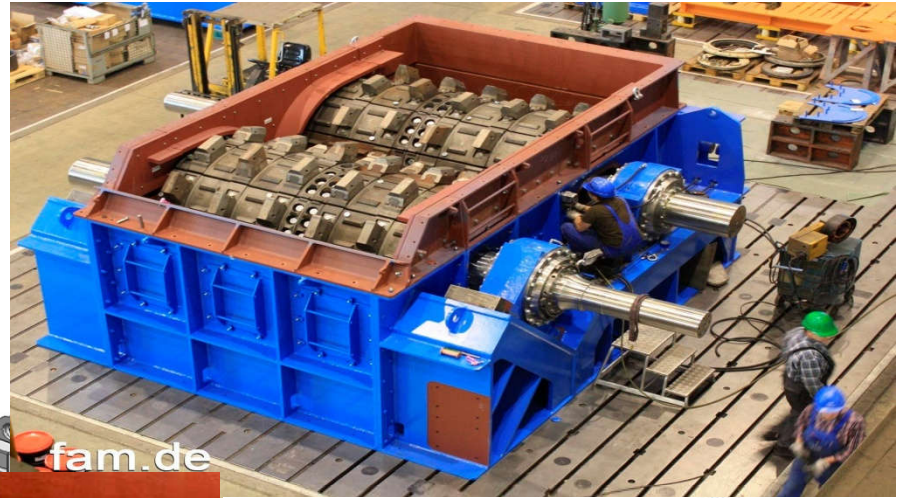
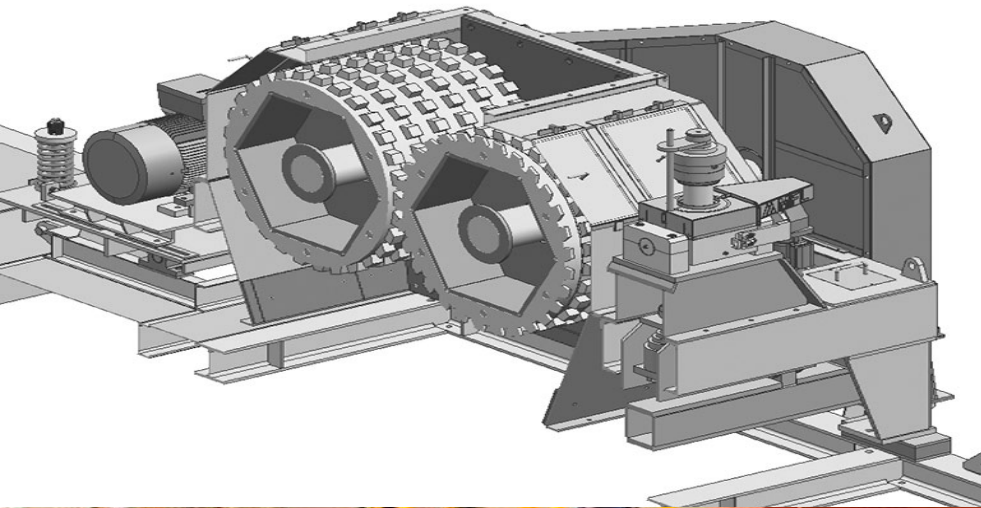


# Mogu imati jedan ili dva valjka

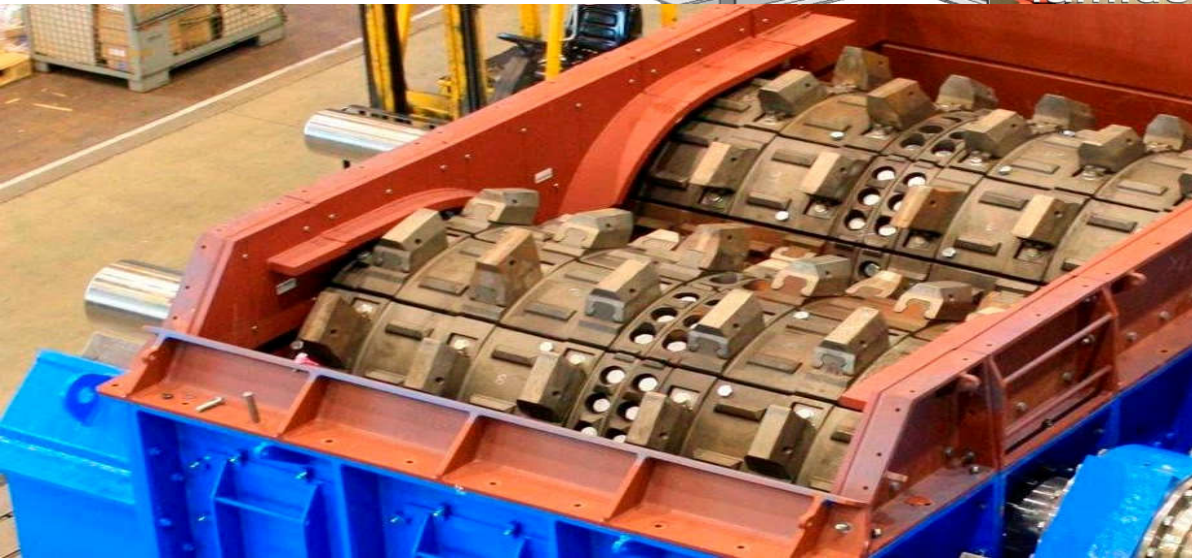
Kod **jednovaljkaste drobilice** postoji **jedan nazubljeni valjak** i naspram njega **ploča**, dok kod **dvovaljkastih** postoje **dva valjka** koji mogu biti **glatki** ili **nazubljeni**.

Kada su **valjci glatki** onda je **dominantna sila pritiska**.



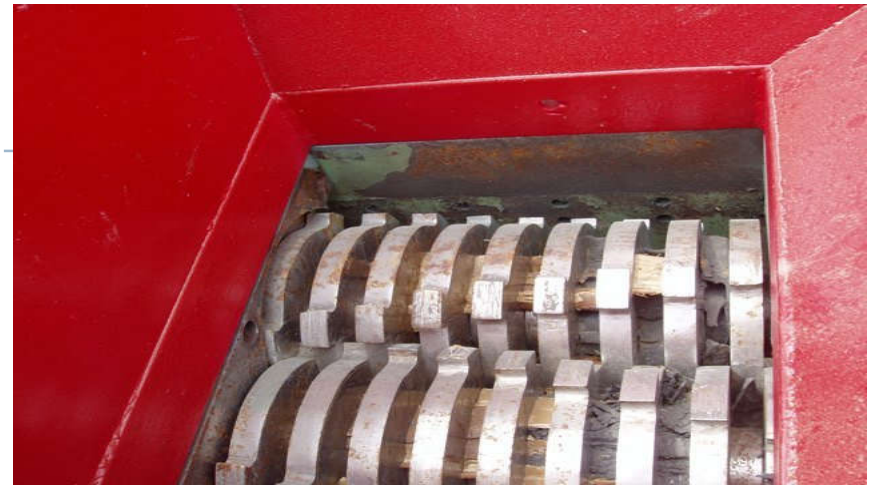


fam.de



1000gje

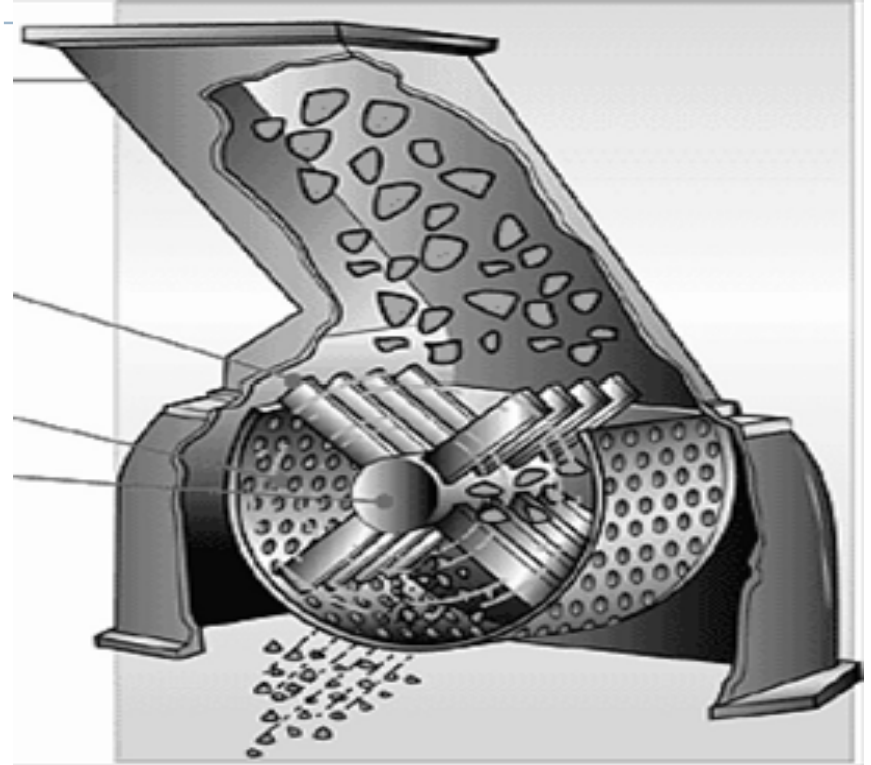




# Udarne drobilice

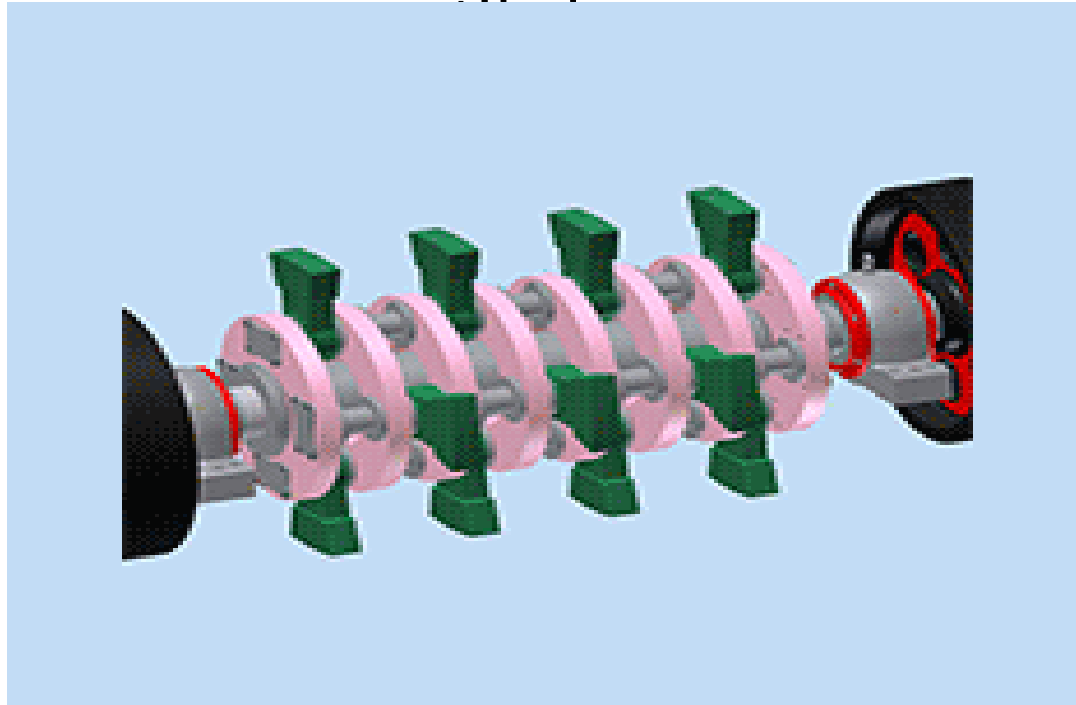
---

Imaju komore za drobljenje obložene odbijajućim površinama (u obliku šipki, ploča, diskova...).



U ovoj komori je **rotor sa metalnim kracima koji mogu biti u obliku čekića, ploča, šipki...**

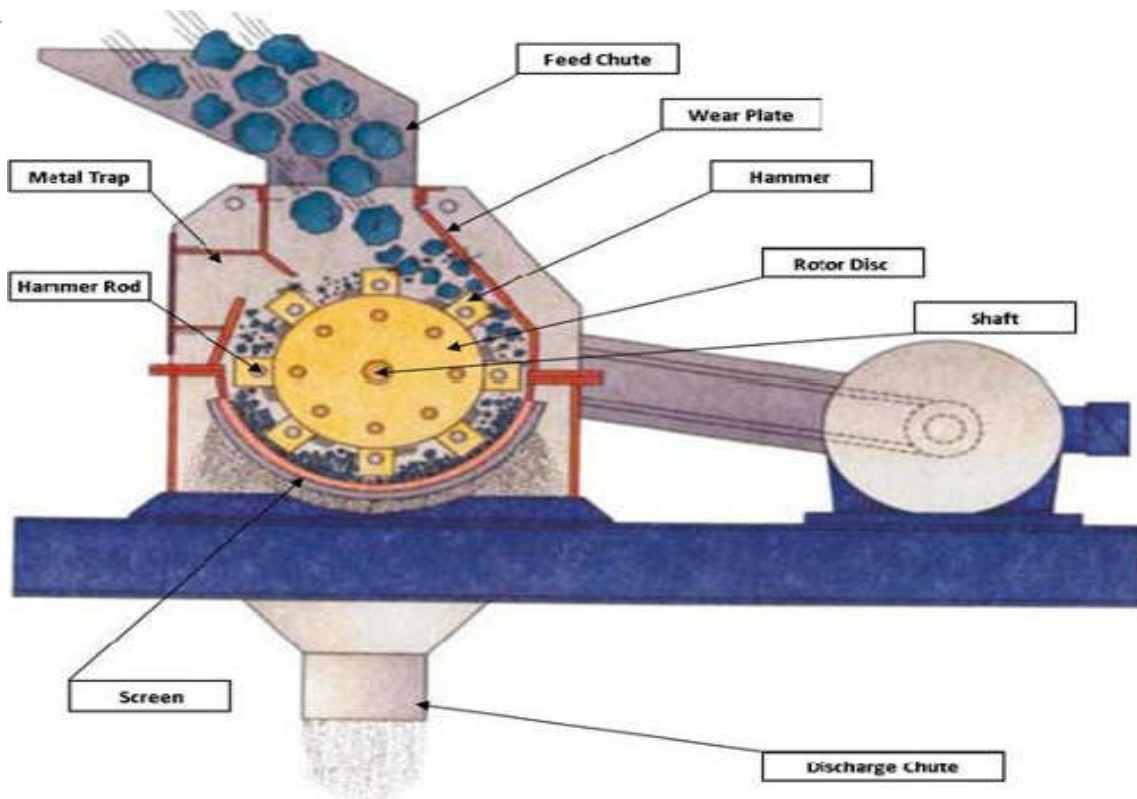
Osovina na kojoj je rotor može biti horizontalna ili



# Udarne drobilice- drobilica sa čekićima

Drobi otpad udarima čekića koji se nalaze na obodu rotora.

Koristi se za drobljenje ishabanih autokaroserija i drugog otpada većih

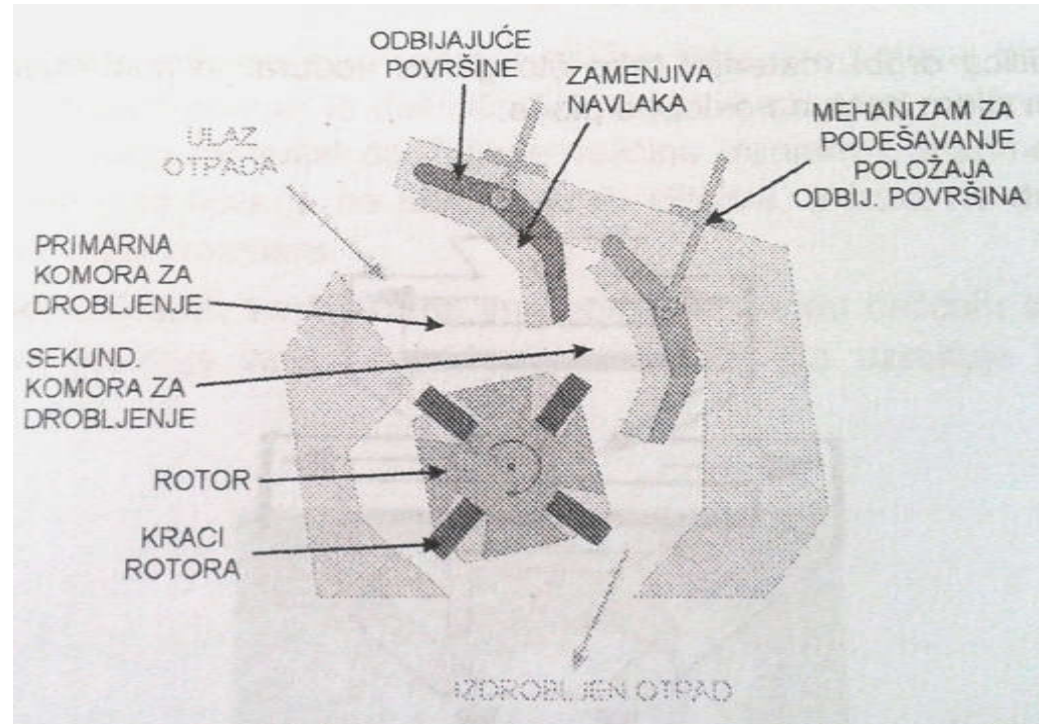




# Udarne drobilice-refleksiona drobilica

Slična drobilici sa čekićima, osim što umesto čekića, **na nosaču rotora ima čvrste listove.**

Materijal koji se usitnjava pada u radnu zonu drobilice gde ga udara rotor udarnim kracima

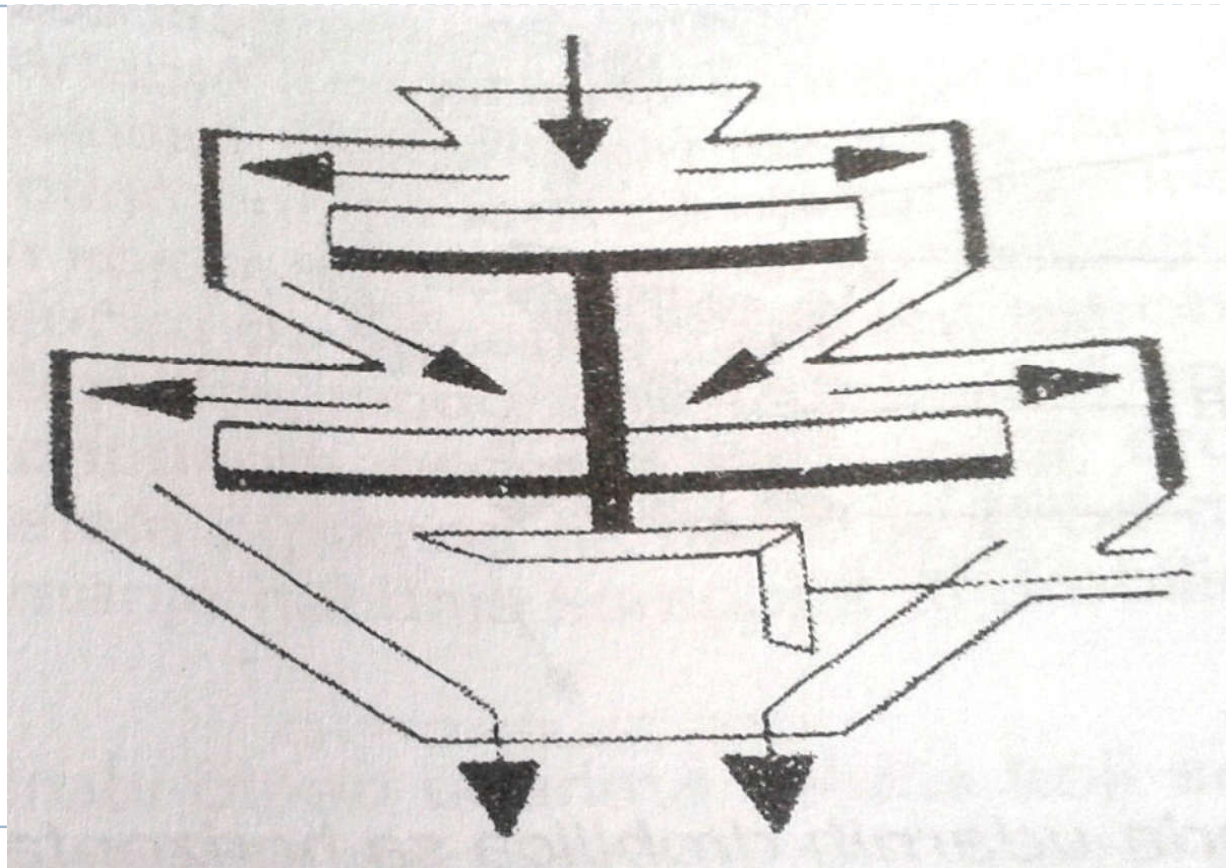


**Zazor između odbojnih ploča i udarnih kraka, koji se reguliše pomeranjem odbojnih ploča, određuje dimenzije usitnjenih delova koji će izaći iz drobilice.**

Veliki uticaj na stepen usitnjavanja ima brzina kretanja rotora (obodna brzina



# Dvostepena rasipna drobilica



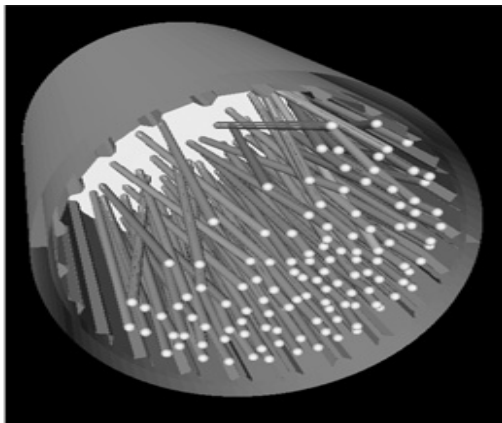
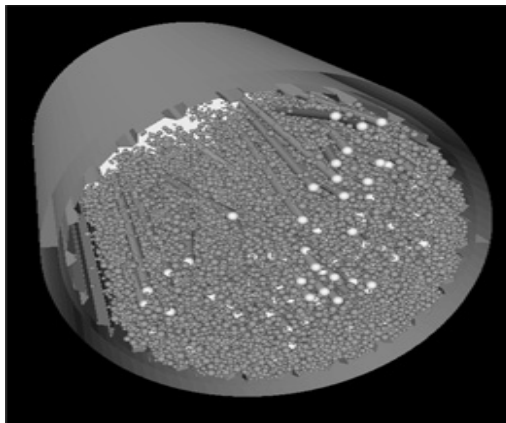
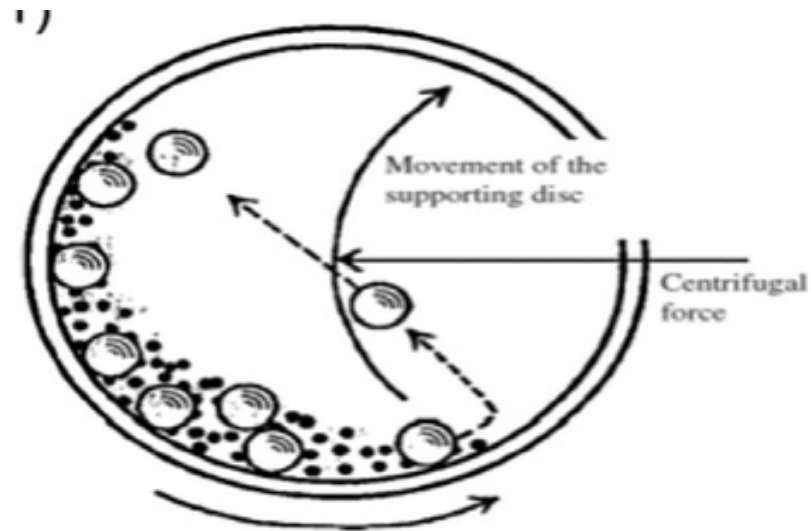
# MLINOVI

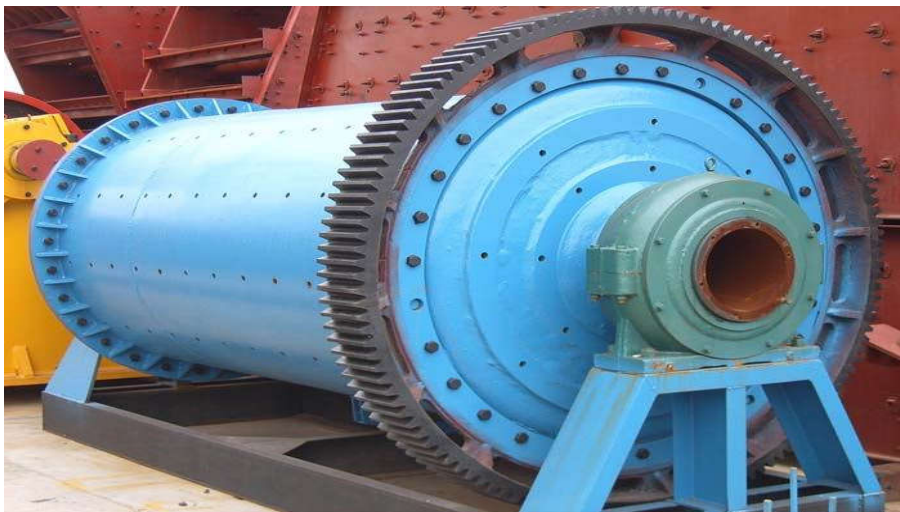
---

Mogu biti **bez punjenja** gde materijal sam sebe melje međusobnim udarima i trenjem delova materijala ili **sa punjenjem**, koje može biti u vidu kamenja, kamenih, gvozdениh ili čeličnih kugli, šipki,



Materijal se melje do željene veličine, **trenjem i udarima** cirkulišućim predmetima (kamenje ili metalne kuglice, šipke itd.)





**Pláš bubnja je  
izveden u obliku sita**  
tako da kroz njega  
prolaze  
dovoljno usitnjene  
čestice

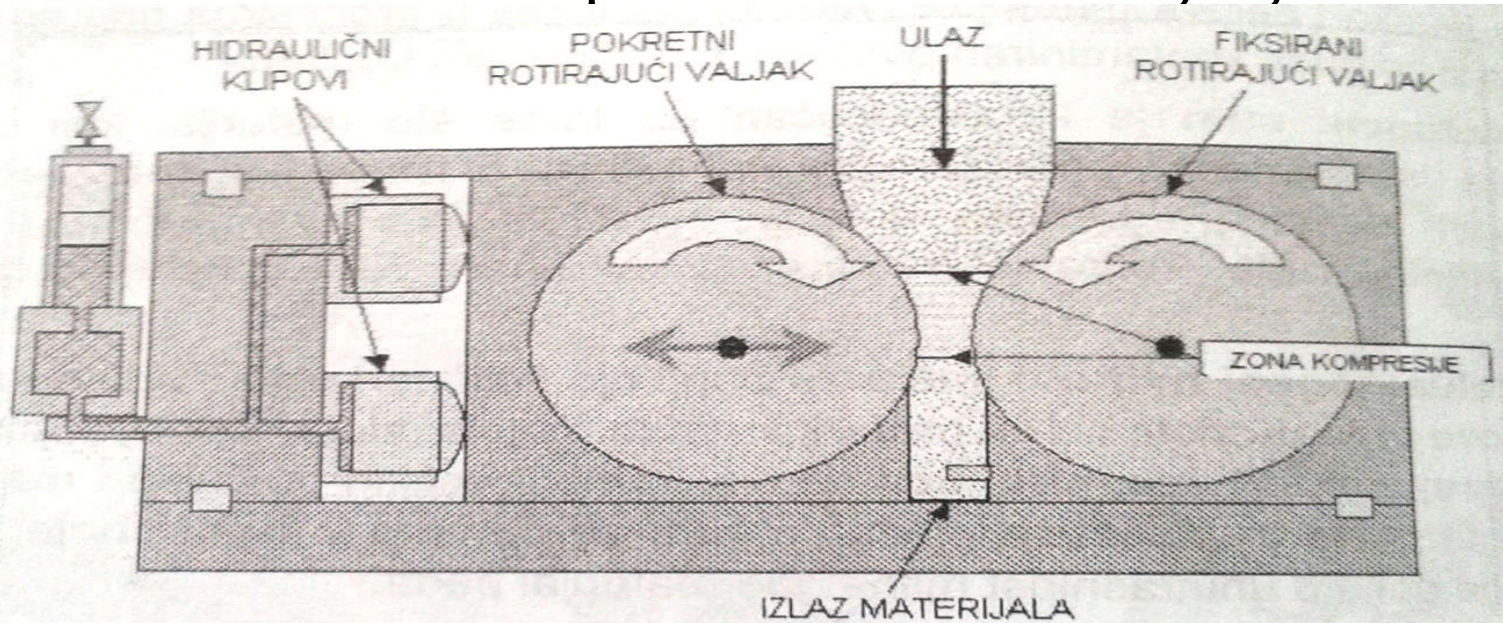


---

Postoje i mlinovi koji konstruktivno i principu rada  
podsećaju na drobilice:  
visokopritisni valjkasti mlin i  
udarni mlin.

# Visokopritisni valjkasti mlin

Materijal se ubacuje **između dva valjka koji se snažno pritiskaju jedan uz drugi i rotiraju u suprotnim smerovima**. Ekstremni pritisak izaziva lomljenje materijala





---

Jedan valjak je povezan sa hidrauličnim klipovima zbog preventive većeg oštećenja delova mlina, ukoliko se u mlinu nađe materijal koji mlin ne može da savlada, odnosno koji je previše tvrd.

# Udarni mlin

---

Koristi slobodne udare materijala sa bočnim pločama.

Koristi se za tvrde i trošne materijale, pri čemu **materijal mora biti suv.**

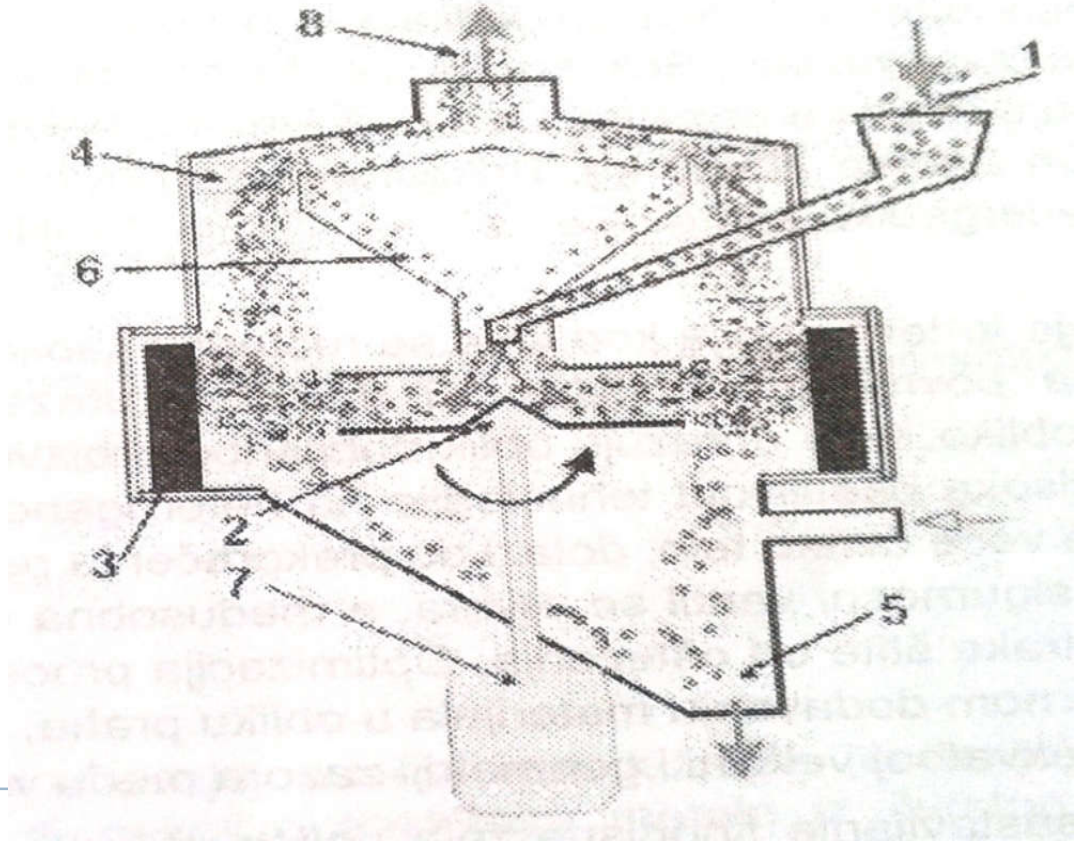
Kapacitet zavisi od karakteristika materijala i zahtevane veličine izlaznog materijala.

# Udarni mlin sa vertikalnom osovinom

Materijal se uvodi kroz levkasti ulaz (1) u akcelerator (2).

Akcelerator rotira velikom brzinom i delići se pod uticajem centrifugalne sile sudaraju sa pločama (3) u komori za mlevenje.

Sudar pri velikoj brzini izaziva usitnjenje delova u deliće različitih veličina.



---

Delići veći od 1mm pod dominantnim uticajem gravitacione sile padaju ka donjem izlazu (5) i ponovo se vraćaju u proces, kroz levkasti ulaz (1).

Delići manji od 1mm se, zbog male mase, podižu strujom vazduha u gornji deo komore gde sečiva (4) usmeravaju struju sa delićima ka gornjem izlazu (8). Delići srednje veličine (1mm) se takođe dižu strujom vazduha, ali ne izlaze kroz gornji otvor, već padaju na konus (6) i ulaze u akcelerator (2)