Kamenolom tehničkog kamena

Batinić, Luka

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:
University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:123:506226

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split

zir.nsk.hr

UNIVERSITY OF SPLIT

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U SPLITU

FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

ZAVRŠNI RAD

Luka Batinić

Split, 2017.

SVEUČILIŠTE U SPLITU

FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Kamenolom tehničkog kamena

Završni rad

Split, 2017.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ:	**PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**
KANDIDAT:	Luka Batinić
BROJ INDEKSA:	4108
KATEDRA:	**Katedra za organizaciju i ekonomiku građenja**
PREDMET:	**Proizvodnja u građevinarstvu**

ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Tema: Kamenolomi tehničkog kamena

Opis zadatka: Student će temeljem dostupne literature i drugih izvora analizirati procese i strojeve u kamenolomu tehničkog kamena. Temeljem analize dat će karakteristike i funkcije pojedine vrste strojeva.

U Splitu, 20. ožujka 2017.

Voditeljica Završnog rada:

Snježana Knezić

Sažetak:

U radu se detaljno opisuju strojevi potrebni za obavljenje radnji i procesa u kamenolomu tehničkog kamena. Rad u kamenolomu sastoji se od više vrsta radova: iskopa, utovara, prerade, prosijavanja i pranja kamenog materijala. Uz opis svake vrste radova, opisane su i funkcije i karakteristike strojeva koji su potrebni za obavljene tih radova. Da bi se dobio frakcionirani kameni agregat, iskopani kameni materijal mora proći kroz dobilicu, mlin, sito, hidraulični separator i stroj za pranje.

Ključne riječi:

Kamenolom, kameni materijal, kompresori, bušilica, hidraulični čekić, drobilica, mlin, sito, hidraulični separator.

Technical stone quarry

Abstract:

This work presents a detailed description of the machinery for operations and processes in a technical stone quarry. The work in a quarry consists of several types of work, such as: excavation, loading, processing, scanning (sieving) and washing of stone material. Along with the description of the mentioned types of works, the functions and characteristics of the machines needed to carry out these works are also described. To get a fractionated stone aggregate, the excavated stone material is processed using crushers, mills, sieves, hydraulic separators and washing machines.

Key words:

Quarry, stone material, compressor, drilling machine, hydraulic hammer, crusher, mill, sieve, hydraulic separator.

Sadržaj

1. Uvod.....1

2. Strojevi za iskope i utovar kamenog materijala.....2

2.1. Kompresori.....2

2.1.1. Rotacijski kompresori.....3

2.1.2. Spiralni kompresori.....4

2.1.3. Stapni kompresori.....5

2.2. Alati za bušenje i razbijanje.....6

2.2.1. Eksploziv.....6

2.2.2. Alati za bušenje i razbijanje pokretani stlačenim zrakom.....6

2.2.3. Alati za bušenje i razbijanje pokretani hidraulikom.....7

2.3. Samopokretne bušilice.....8

2.4. Utovarivači.....9

2.5. Transportne trake.....10

3. Strojevi za preradu kamenog materijala.....11

3.1. Drobilice.....12

3.1.1. Čeljusne drobilice.....13

3.1.2. Kružne drobilice.....14

3.2. Mlinovi.....15

3.2.1. Mlinovi s kuglama.....16

3.2.2. Mlinovi s valjcima.....17

3.2.3. Mlinovi sa šipkama.....18

3.2.4. Udarni mlinovi.....19

3.2.5. Mlinovi čekićari.....20

3.2.6. Vibracijski mlinovi.....21

3.3. Sita.....22

3.3.1. Rotacijsko sito.....23

3.3.2. Rezonantno sito.....24

3.3.3. Vibracijsko sito.....25

3.3.4. Gruba rešetka.....26

3.3.5. Sito sa štapovima.....26

3.4. Hidraulični separatori.....27

3.4.1. Hidraulični separator s okomitim protokom.....27

3.4.2. Hidraulični separator s vodoravnim protokom.....28

3.4.3. Hidrociklon s centrifugalnim protokom.....28

3.5. Strojevi za pranje kamenog materijala.....29

3.5.1. Stroj za pranje s noževima.....29

3.5.2. Stroj za pranje s bubnjem.....30

4. Zaključak.....31

5. Literatura.....32

1. Uvod

Ovim preglednim radom detaljno se opisuju radnje i procesi u kamenolomu tehničkog kamena (u daljnjem tekstu: kamenolom). U radu se također, na temelju dostupnih izvora (tiskana literatura, mrežne stranice itd.), donosi i pregled strojeva za obavljanje radova u kamenolomu te njihove uporabe. Radi što boljeg prikaza strojeva uz svaki stroj je priložena slika te opisan njegov rad.

Organizacija rada u kamenolomu se sastoji od više vrsta procesa, odnosno radova. U ovom radu su po poglavljima analizirane vrste radova te je uz svaku vrstu rada dan i pregled strojeva koji su potrebni za njegovo obavljanje.

Nakon uvoda slijedi drugo poglavlje u kojem je dan pregled strojeva za obavljanje radova iskopa i utovara kamenog materijala. Detaljno je opisan način rada kompresora, alata za bušenje i razbijanje, bušećih kola, utovarivača i transportnih traka. Uz opis svakog stroja je prikazana i njegova slika.

U trećem poglavljuje je dan pregled strojeva koji služe za preradu kamenog materijala. Strojevi potrebni za tu vrstu radova su: drobilice, mlinovi, sita, hidraulični separatori i strojevi za pranje kamenog materijala. Uz svaki stroj je dan njegov opis i prikazana slika. Također, napravljena je usporedba dviju vrsta drobilica te su na temelju usporedbe doneseni zaključci, odnosno mišljenja o njihovoj prikladnosti za upotrebu.

Slijedi poglavlje u kojem su doneseni zaključci o kamenolomima i njihovim posebnostima. Poseban osvrt je dan procesima u kamenolomu koji su vrlo složeni te strojevima koji su potrebni za učinkovit i djelotvoran rad kamenoloma.

Na kraju rada je dan pregled korištene literature.

2. Strojevi za iskope i utovar u kamenu

U ovom poglavlju napravljen je pregled strojeva koji su potrebni za obavljanje radova iskopa i utovara kamenog materijala. Uz opis stroja i njegova rada prikazana je i njegova slika.

2.1. Kompresori

"Strojevi s pomoću kojih se proizvodi stlačeni zrak što služi za pogon drugih strojeva i alata za izravno razbijanje kamene strukture, ili pak za bušenje rupa u kamenoj stijeni, nazivaju se kompresori." (izvor: E. Slunjski, 1995) [1]

S obzirom na način proizvodnje stlačenog zraka postoje tri vrste kompresora:

- rotacijski kompresori,
- spiralni kompresori,
- stapni kompresori.

2.1.1.Rotacijski kompresori

Rotacijski kompresori rade na principu tlačenja zraka pomoću rotora koji je ekscentrično postavljen u čelični valjak. Okretanjem rotora sprječava se prolazak zraka u prostor između lamele i plašta valjka. U valjku se zbog njegove ekscentričnosti smanjuje prostor između lamela i pritom se tlači zahvaćeni zrak. Rotacijski kompresori (slika 1.) rade u dva stupnja tlačenja. U prvom stupnju tlačenja tlače zrak do 400 kPa, a zatim od 600 do 700 kPA. Pri radu proizvode malo buke. [1]



Slika 1. Rotacijski kompresor [2]

2.1.2. Spiralni kompresori

Spiralni kompresori se nazivaju još i vijčanim kompresorima. Sastoje se od čeličnog kućišta u kojem se dvije usporedne osovine sa spiralnim navojem ujednačeno okreću u suprotnim smjerovima. Rade na principu potiskivanja zraka strujanjem u prostoru između spirala i plašta. Spiralni se kompresori (slika 2.) upotrebljavaju kad je potrebno proizvesti veću količinu stlačenog zraka. Zauzimaju malo prostora, a mogu raditi u jednom i u dva stupnja tlačenja. [1]



Slika 2. Spiralni kompresor [3]

2.1.3. Stapni kompresori

Stapni kompresori (slika 3.) su vrsta kompresora koja se najčešće upotrebljava. Rade na principu tlačenja zraka u stublini pomoću stapa. Imaju sposobnost reguliranja tlaka zraka pomoću automatskog regulatora, koji gasi motor nakon što se postigne tlak od 650 do 700 kPa. Ovi kompresori imaju vlastiti spremnik za stlačeni zrak. [1]



Slika 3. Stapni kompresor [4]

2.2. Alati za bušenje i razbijanje

U ovom poglavlju je da pregled alata i strojeva za bušenje i razbijanje stijenske mase. Uz opis svakog alata i stroja priložena je njegova slika i objašnjen način njegova rada.

2.2.1. Eksploziv

Eksploziv se koristi za razaranje stijenske mase. Odgovarajućim alatom se naprave bušotine u stijeni u koje se postavi eksploziv. Aktivira se upaljačima. Aktiviranjem eksploziva nastane eksplozija koja razori stijenu i pretvori je u sitni kameni materijal. Eksplozivi mogu biti u čvrstom, tekućem i plastičnom stanju.

2.2.2. Alati za bušenje i razbijanje pokretani stlačenim zrakom

Koriste se za bušenje stijenske mase u svrhu izrade rupa za postavljanje eksploziva i za razbijanje stijenske mase. Rade na način da sječivom čelične šipke udaraju stijensku masu i pritom stvaraju bušotinu ili razbijaju kamen. U minuti proizvode 1700 - 3000 udaraca. Sredinom presjeka šipke prolazi šupljina veličine 5 - 6 mm kroz koju se mogu utiskivati zrak ili voda radi potrebe otprašivanja ili ispiranja bušotine. [1]

Na slici 4. prikazana je zračna bušilica.



Slika 4. Zračna bušilica [5]

2.2.3. Alati za bušenje i razbijanje pokretani hidraulikom

Za razbijanje kamena najčešće se upotrebljava hidraulični čekić.
Hidraulični čekić (slika 5.) montira se na radnu ruku jaružala te se uz pomoć hidraulike razbija kamen. Hidraulični čekići većeg opsega koriste se za razbijanje, odnosno odvajanje kamene stijene od kamene gromade, dok se oni manjeg opsega koriste za razbijanje već odvojene kamene stijene.



Slika 5. Hidraulični čekić montiran na ruku jaružala [6]

2.3. Samopokretne bušilice

Samopokretne bušilice ili bušeća kola sastoje se od traktora na gusjenicama, s pogonom na stlačeni zrak. Na traktoru se nalazi dubinska bušilica koja pomoću hidraulike ili stlačenog zraka potiskuje šipku sa sječivom. Samopokretne bušilice (slika 6.) koriste se za bušenje rupa u koje se poslije postavlja eksploziv. Rad se sastoji od udaraca i rotacije šipke. Sila pritiska šipke iznosi 22 kN, a brzina bušenja ovisi o vrsti kamena koji se buši i obično iznosi do 3 m/min. Šipka za bušenje se može okretati u svim smjerovima. Za potrebe dubljeg bušenja produljuje se nastavcima. Sredinom presjeka šipke prolazi šupljina kroz koju se mogu utiskivati zrak ili voda radi potrebe ispuhivanja ili ispiranja bušotine. Sadrže i uređaj za skupljanje prašine s filterom. Promjer šipke ovisi o promjeru bušotine. Minimalni promjer šipke je 32 cm a maksimalni 104 cm. [1]



Slika 6. Samopokretna bušilica [7]

2.4. Utovarivači

Utovarivači su strojevi koji se koriste za utovar različitih vrsta materijala. Sastoje od traktora, koji može biti na gusjenicama ili na kotačima s gumama, i od utovarne lopate. Utovarnom lopatom se upravlja pomoću hidraulike. U kamenolomima se najčešće koriste utovarivači gusjeničari (slika 7.), koji služe za utovar razbijenoga ili miniranoga kamenog materijala. Utovarna lopate izrađena je od debelog lima i na njoj su raspoređeni čelični zubi. [1]

Utovarivači manjeg opsega, neovisno o tome jesu li na gusjenicama ili kotačima s gumama, koriste se za prijenos usitnjenog kamenog materijala iz jednog procesa prerade u drugi.



Slika 7. Utovarivač na gusjenicama [8]

2.5. Transportne trake

Transportne se trake u kamenolomima koriste za prijevoz kamenog materijala iz jednog procesa prerade u drugi. Rade kontinuirano.

Transportna traka (slika 8.) je stroj koji se sastoji od čelične rešetke nosača. Poprečno na rešetku, svakih 0,9 do 1,2 m, postavljeni su noseći valjci. Preko valjaka je nategnuta neprekinuta gumena traka, koja je armirana adekvatnim vlaknima. Na jednom kraju nosača nalazi se pogonski valjak, a na drugom zatezni valjak, koji služi za zatezanje trake. Maksimalna duljina transportne trake iznosi 200 metara, a širina može biti od 300 do 1500 mm. [1]



Slika 8. Transportna traka [9]

3. Strojevi za preradu kamenog materijala

U ovom poglavlju napravljen je pregled strojeva koji se koriste za preradu kamenog materijala. Uz svaki stroj je prikazana njegova slika i objašnjen način njegova rada.

Prerada iskopanog ili miniranog kamenog materijala sastoji se od usitnjavanja, prosijavanja i pročišćavanja.
Usitnjavanje kamenog materijala odvija se u tri stupnja prerade.

Prvi stupanj ili primarna prerada

U prvom stupnju prerade obavlja se odvajanje krupnoga kamenog materijala, kako u drobilicu ne bi dospio kameni materijal veličine koju drobilica ne može prihvatiti. Drobljenje kamenog materijala odvija se u primarnoj drobilici, koja je najčešće čeljusnog tipa.

Drugi stupanj ili sekundarna prerada

U drugom stupnju prerade obavlja se drobljenje i prosijavanje kamenog materijala s ciljem dobivanja potrebnoga granulometrijskog sastava.

Treći stupanj ili tercijarna prerada

U trećem stupnju prerade se kamena zrna koja su višak drobe i prosijavaju kako bi se dobile one frakcije zrna koje nedostaju. [1]

3.1. Drobilice

Drobilica je stroj koji drobi i usitnjava kameni materijal. Koriste se kod prvoga i drugoga stupnja prerade.

Prema obliku konstrukcije drobilica može biti:

- čeljusna,
- kružna.

Usporede li se ove dvije vrste drobilica, dolazi se do zaključka da kružne drobilice imaju više prednosti u odnosu na čeljusne.

Prednosti kružnih drobilica:

- konstantno drobe kameni materijal, dok čeljusne drobilice imaju prazan hod;

- prerađena kamena zrna su kubičastog oblika, dok su kod čeljusne drobilice prerađena zrna lističavog oblika;

- kružnim drobilicama nije potreban poseban dodavač, jer uzimaju samo kameni materijal u količini koju prerađuju.

Nedostatak kružnih drobilica je to što su većih gabarita u odnosnu na čeljusne i to što im je nabavna cijena viša, a održavanje skuplje. [1]

3.1.1. Čeljusne drobilice

Čeljusne drobilice koriste se za primarno i sekundarno drobljenje kamenog materijala. Konstrukcija čeljusne drobilice (slika 9.) sastoji se od čeličnog sandučastog plašta u koji su smještene dvije čeljusti od kojih je jedna pomična, a druga nepomična. Nepomična čeljust čvrsto je vezana uz sandučasti plašt. Na čeljustima su postavljene okomito užlijebljene čelične ploče, koje služe za povećanje trenja kamenog materijala koji se drobi pod pritiskom. Drobljenje se obavlja na principu približavanja pomične čeljusti nepomičnoj, pri čemu dolazi do drobljenja kamenog materijala. Udaljavanjem pomične čeljusti zdrobljeni kameni materijal izlazi kroz otvor na dnu drobilice. [1]

Radni hod čeljusne drobilice sastoji se od približavanja pomične čeljusti nepomičnoj i drobljenja kamenog materijala. Prazni hod se sastoji od pražnjenja drobilice pri udaljavanju pomične čeljusti od nepomične.

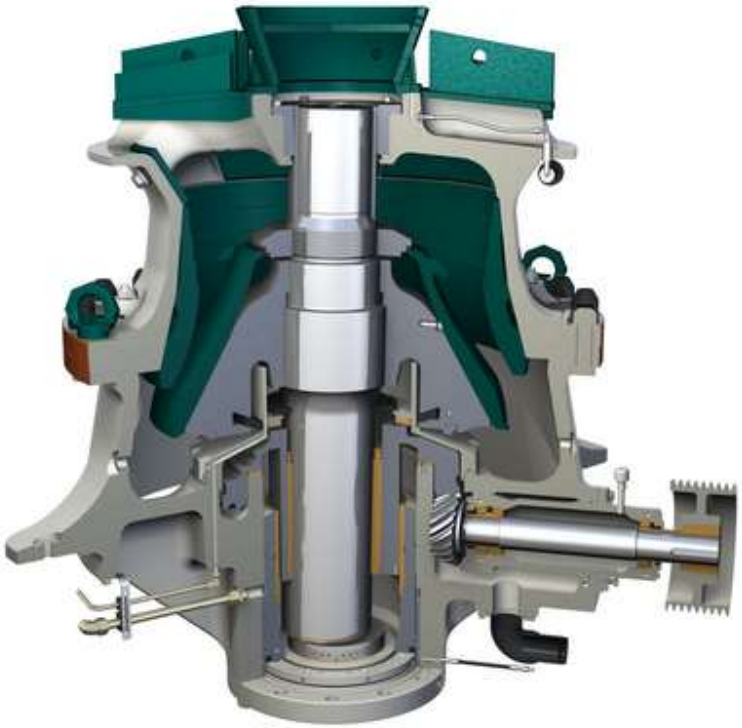
Postoji više tipova čeljusnih drobilica:
-udarna čeljusna drobilica,
-čeljusna drobilica s ekscentrom na pomičnoj čeljusti,
-čeljusna drobilica s dvostrukom koljenastom polugom.



Slika 9. Čeljusna drobilica [11]

3.1.2. Kružne drobilice

Konstrukcija kružne drobilice (slika 10.) sastoji se od čeličnog zvonastog plašta kroz koji prolazi okomito vratilo. Unutrašnjost im je obložena naboranim čeličnim pločama koje služe za povećanje trenja između ploča i kamenih zrna. Na srednjem dijelu vratila nalazi se čelični stožac. Donji dio vratila oslonjen je na ekscentrični ležaj.
Stožac se uz pomoć ekscentričnog ležaja približava i udaljava od plašta drobilice, te se tako drobe kamena zrna. [1]



Slika 10. Shematski prikaz kružne drobilice [12]

3.2. Mlinovi

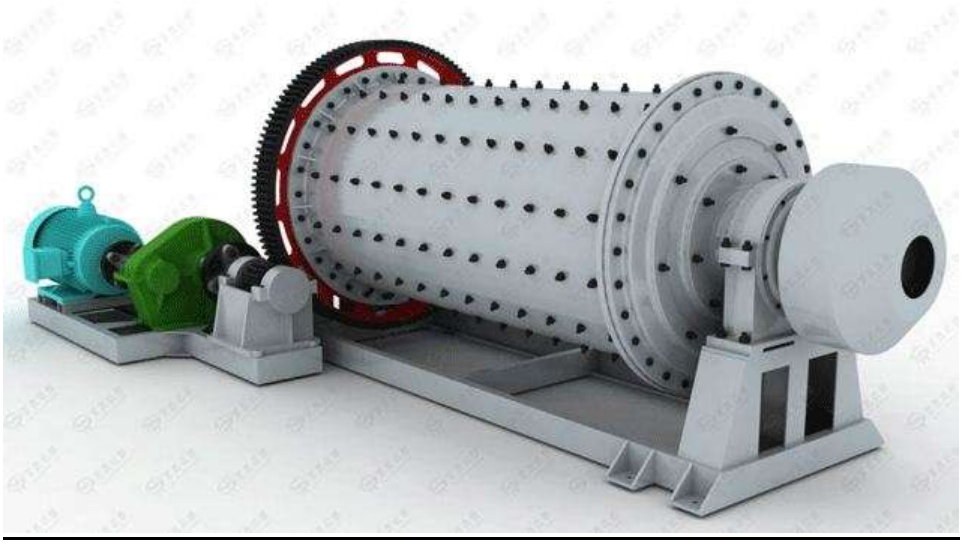
Mlinovi su strojevi koji služe za proizvodnju sitnijih frakcija.
Koriste se u sekundarnom i tercijarnom stupnju prerade. Usitnjuju već prethodno drobljeni kameni materijal obično na veličinu zrna od 0,1 mm do 3 (max. 6) mm.

U odnosu na princip rada na tržištu postoje:

- mlinovi s kuglama,
- mlinovi s valjcima,
- mlinovi sa šipkama,
- udarni mlinovi,
- mlinovi čekićari,
- vibracijski mlinovi.

3.2.1. Mlinovi s kuglama

Konstrukciju mlina s kuglama (slika 11.) čini blago nagnuti čelični valjak koji je postavljen na kuglične ležajeve ili gumene kotače koji služe za njegovo okretanje. Okretanje se odvija pomoću zupčanika koji se nalazi na obodu valjka. Zupčanik pokreče pogonski sklop. Na jednoj bočnoj strani valjak ima ulazni otvor, a na drugoj izlazni. Na ulazni otvor ulaze kamena zrna veličine do 4 mm. Unutrašnjost valjka obložena je čeličnim ili čvrstim gumenim pločama i ispunjena specijalnim čeličnim kuglicama.
Radi na principu da čelične kuglice međusobnim pritiskom i pritiskom s oblogom valjka gnječe i usitnjuju kamena zrna. Usitnjena kamena zrna izlaze kroz izlazni otvor kao kameno brašno (filer). Učinak iznosi 3 - 20 t/h. [1]



Slika 11. Mlin s kuglama [13]

3.2.2. Mlinovi s valjcima

U čeličnoj konstrukciji mlinova s valjcima nalaze se dva ili tri čelična valjka. Radi na principu da se valjci pri dodiru okreću prema unutra u suprotnim smjerovima te tako gnječe i usitnjuju kamena zrna. U minuti naprave 60 - 100 okretaja. U slučaju da u stroj dospije kameno zrno čija je veličina veća od maksimalne veličine koju valjak može primiti, ono će kliznuti pred ulazom u međuprostor valjka. Učinak iznosi 0,7 - 1,2 m^3/h. [1]
Na slici 12. je prikazana konstrukcija mlina s valjcima.

Maksimalna veličina (u cm) koju valjci mogu primiti i usitniti je:

$D_{max} = 0.084 * R + d$ [1]

R- polumjer valjka

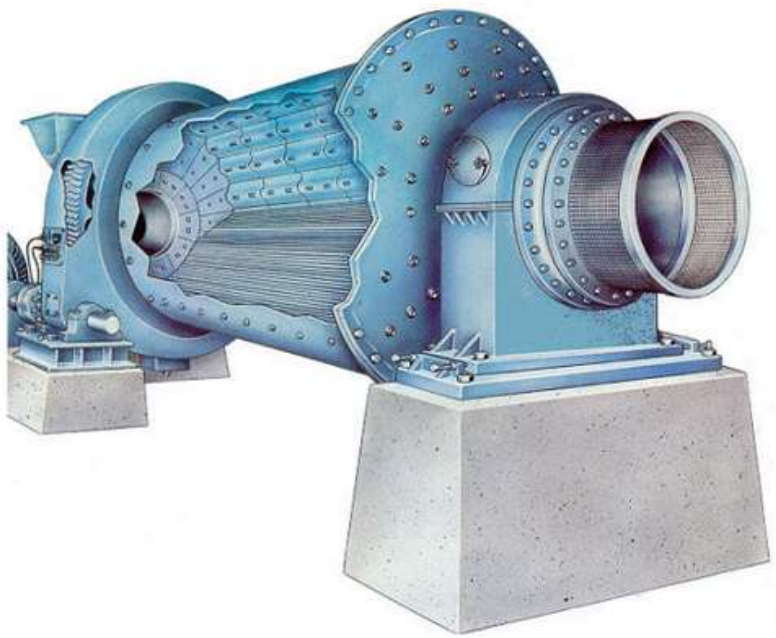
d- razmak između valjaka



Slika 12. Mlin s valjcima [10]

3.2.3. Mlinovi sa šipkama

Konstrukciju mlina sa šipkama (slika 13.) čini čelični valjak koji je položen na kuglične ležajeve ili gumene kotače. Unutrašnjost valjaka je obložena čeličnim ili tvrdim gumenim pločama. U unutrašnjosti se nalazi snop čeličnih šipki čiji promjer može biti od 10 do 20 mm. Kamena zrna veličine 10 - 20 mm mogu ući s obje bočne strane valjka.
Radi na principu da okretanjem valjka dolazi do urušavanja čeličnih šipki niz unutarnju oblogu, pri čemu se kamena zrna usitnjuju. Usitnjena kamena zrna izlaze kroz otvor koji se nalazi na sredini valjka. Učinak iznosi 5 - 20 m^3/h. [1]



Slika 13. Mlin sa šipkama [14]

3.2.4. Udarni mlinovi

Konstrukcija udarnog mlina sastoji se od čeličnog sanduka u kojem je smješten rotor. Na obodu rotora postavljeno je 4 - 6 udarnih greda. Prostor iznad rotora obložen je čeličnim pločama. Rotor u minuti napravi 140 - 200 okretaja.
Udarni mlin (slika 14.) radi tako da se kameni materijal odmah pri ulasku u mlin zahvaća udarnom gredom i odbacuje u čelične ploče, pri čemu se usitnjava. Kamena zrna koja izlaze iz udarnih mlinova kubičastog su oblika. Učinak iznosi 20 - 50 t/h. [1]



Slika 14. Udarni mlin [15]

3.2.5. Mlinovi čekićari

Konstrukcija mlinova čekićara sastoji se od čeličnog sanduka u kojem se nalazi rotor na čijem obodu su raspoređeni čekići. Čekići su raspoređeni u redovima, od 2 do 6, sa po 4 čekića u svakom redu. Mlin čekićar (slika 15.) ima naboranu kružnu oblogu. Rotor u minuti napravi 1500 - 2500 okretaja. Radi na principu da se kamena zrna pri ulasku u mlin zahvaćaju čekićima i odbacuju u oblogu, pri čemu dolazi do njihova usitnjavanja. Na dnu mlina nalazi se izlazni otvor koji je zatvoren čeličnom rešetkom kroz koju izlaze samo kamena zrna čija je veličina manja od veličine otvora na rešetki. [1]



Slika 15. Mlin čekićar [16]

3.2.6. Vibracijski mlinovi

Konstrukcija vibracijskog mlina sastoji se od 4 do 6 šupljih čeličnih valjaka koji su postavljeni na elastične gumene ležajeve. Funkcija ležajeva je da amortiziraju pomake koji nastaju od vibracija koje proizvodi ekscentar s pogonskim motorom. Vibracijski mlin (slika 16.) ima sposobnost drobljenja u više stupnjeva prerade. U unutrašnjosti valjaka nalaze se čelične kugle ili šipke (ovisno o potrebnoj finoći mliva). Princip rada je da čelične kugle ili šipke trenjem i udaranjem usitnjuju kamena zrna. Prerađena kamena zrna izlaze kroz otvore na čeličnoj rešetki. Maksimalno zrno koje može ući u mlin veličine je 30 mm. Veličina izlaznih zrna je 0,02 - 6 mm. Učinak iznosi 7 - 55 t/h. [1]



Slika 16. Vibracijski mlin [17]

3.3. Sita

Sito je stroj koji služi za prosijavanje, odnosno razdvajanje sitnih od krupnih zrna. Prosijavanjem se dobiva više frakcija kamenog agregata.

"Sastoje se od okvirne čelične konstrukcije u koju su ugrađene perforirane čelične plohe s prorezanim izduženim, okruglim ili četvrtastim otvorima. Uređaji za prosijavanje kod kojih su otvori bušeni a ne pleteni nazivaju se rešeta." (izvor: E. Slunjski, 1995) [1]

Prosijavanje se uglavnom obavlja suhim postupkom, a za aluvijalne materijale koristi se mokri postupak. Kod mokrog postupka prosijavanje se obavlja uz veliku količinu vode koja se dodaje prskalicama pod pritiskom koji mora biti ujednačen. [1]

S obzirom na način prosijavanja, postoji:

- rotacijsko sito,
- rezonantno sito,
- vibracijsko sito,
- gruba rešetka,
- sito sa štapovima.

3.3.1. Rotacijsko sito

Konstrukcija rotacijskog sita sastoji se od nagnutog čeličnog valjka u kojem se nalaze četiri perforirana čelična polja s otvorima 8, 12, 30 i 50 mm. Valjak je nagnut pod kutom od 10 stupnjeva i položen na čelične ležajeve. Rotacijsko sito (slika 17.) tijekom okretanja propušta samo kamena zrna čija je veličina manja od otvora na poljima. U minuti napravi 12 - 20 okretaja. Prosijavanje se obavlja tako da se najprije odvajaju najsitnija zrna, a potom ona krupnija. Zbog toga dolazi do oštećenja polja za sitne frakcije, te se zato vrlo rijetko koriste. [1]



Slika 17. Rotacijsko sito [18]

3.3.2. Rezonantno sito

Konstrukcija rezonantnog sita (slika 18.) sastoji se od dva vodoravna čelična okvira. Na svaki okvir su postavljena pletiva s dvije veličine otvora. Okviri su međusobno povezani pomičnim čeličnim polugama i kosim vodilicama s gumenom oblogom. Pogonski sklop s ekscentrom stvara vibracije. Vibracije se s pletiva prenose na kamena zrna i dospijevaju u rezonantno stanje. Zbog vibracija kameni materijal na pletivu poskakuje i povećava učinak. Prednosti ovog sita su: ujednačen i ekonomičan učinak, mala visina, pristupačnost te svojstvo da se površina sita može prilagoditi granulometrijskom sastavu kamena koji se prosijava. [1]



Slika 18. Rezonantno sito [19]

3.3.3. Vibracijsko sito

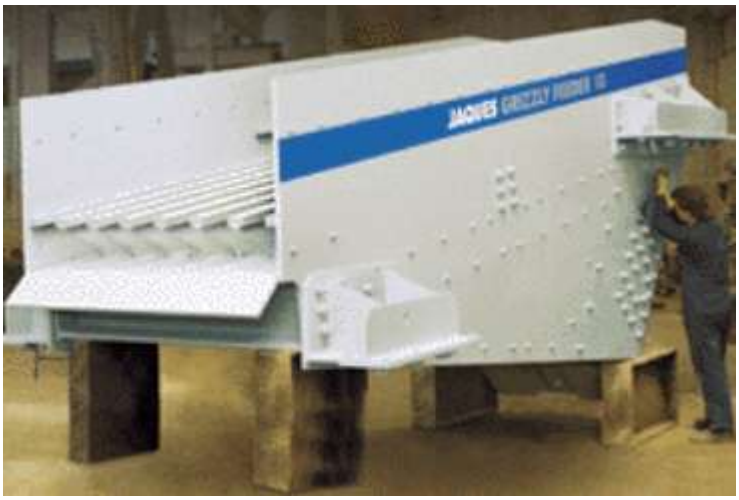
U čeličnu konstrukciju vibracijskog sita smještene su 2 do 4 mreže od pletene mangančelične žice, pod kutom od 17 do 25 stupnjeva. Na slici 19. prikazano je vibracijsko sito. Radi na principu da se na početku na gornjoj mreži, pomoću vibracija koje proizvodi pogonski sklop s vibratorom, odvajaju zrna koja su veća od otvora na mreži. Postupak se ponavlja sve do zadnje mreže, gdje izlaze najsitnija zrna. Vibrator u minuti proizvede 1000 - 1500 vibracija. [1]



Slika 19. Vibracijsko sito [20]

3.3.4. Gruba rešetka

Gruba rešetka (slika 20.) sastoji se od čelične konstrukcije u koju su, na razmacima od 100 do 150 mm, uzdužno postavljeni čelični nosači. Tako poredani nosači tvore sustav rešetke. Iznad rešetke nalazi se sandučasti čelični lijevak u koji se dostavlja kameni materijal koji zatim klizi prema rešetki. Ispod rešetke nalazi se još jedan čelični lijevak, koji služi za prihvat kamenog materijala koji prođe kroz otvore između rešetaka. [1]



Slika 20. Gruba rešetka [10]

3.3.5. Sito sa štapovima

Sito sa štapovima sastoji se od čeličnog sanduka koji služi za prihvat kamenog materijala te čeličnog lijevka. Na stražnjem dijelu sanduka koso su postavljena dva reda okruglih čeličnih štapova. Razmak između štapova sprječava da u lijevak dospiju krupnija zrna, tako da takva zrna samo kliznu po štapovima izvan lijevka. Kamena zrna koja prođu kroz razmak između štapove skupljaju se u čeličnom lijevku. Održavanje ovakvog sita nije zahtjevno i u principu se odnosi samo na promjenu potrošenih čeličnih štapova. [1]

3.4. Hidraulični separatori

Hidraulični separatori su strojevi koji razdvajaju kamena zrna raspona 0 - 4 mm.

S obzirom na način rada, na tržištu postoji:

- hidraulični separator s okomitim protokom,
- hidraulični separator s vodoravnim protokom,
- hidrociklon s centrifugalnim protokom.

3.4.1. Hidraulični separator s okomitim protokom

Hidraulični separator s okomitim protokom je zapravo sustav okomito spojenih posuda. U posude pod pritiskom ulazi mješavina kamenih zrna veličine 0 - 4 mm i vode u omjeru 1 : 9. Mješavina ulazi kroz cijevi na gornjem dijelu. Pritisak se može regulirati te se tako može utjecati na brzinu protoka. Brzina protoka smanjuje se u proširenim dijelovima, te zrna promjera 1 - 4 mm tonu na dno i ispuštaju se kroz otvor. Zrna promjera 0,1 - 1 mm lebde te zajedno s vodom i česticama mulja izlaze na preljev. Učinak iznosi 4 - 25 t/h. [1]

3.4.2. Hidraulični separator s vodoravnim protokom

Hidraulični separator s vodoravnim protokom sastoji se od 4 do 5 posuda koje su na gornjem dijelu međusobno spojene u niz posuda. Kroz gornji dio određenom brzinom ulazi mješavina kamenog materijala veličine zrna 0 - 4 mm i vode u omjeru 1 : 3.
Pri prolasku mješavine kroz posude dolazi do razdvajanja zrna. Zbog zakona gravitacije najprije tonu teža zrna, a zatim lakša. Zrna se talože na dnu i ispuštaju kroz otvor. Ostatak zajedno s vodom izlazi na preljev. U prve dvije posude dospijevaju kamena zrna veličine 1 - 4 mm. U druge dvije ili tri posude dospijevaju zrna veličine 0,02 - 1 mm. [1]

3.4.3. Hidrociklon s centrifugalnim protokom

Hidrociklon s centrifugalnim protokom se sastoji od okrenute konusne posude. Mješavina kamenih zrna veličine 0- 1 mm i vode ulazi u posudu kroz cijev na gornjem dijelu i pritom stvara centrifugalni tok u posudi. Pod utjecajem centrifugalnih sila krupnija se zrna pomiču prema plaštu posude i zatim klize prema dnu posude, gdje se ispuštaju kroz otvor. Mulj i nečistoća izlaze s vodom kroz cijev koja je spojena na crpku. [1]

3.5. Strojevi za pranje kamenog materijala

Kameni materijal ne smije biti obavijen glinom ili muljem, zato što će se takva kamena zrna poslije koristiti kao sastav betona; u slučaju da prethodno nisu isprana, mogu u betonu prouzročiti negativne posljedice. Zbog toga se obavlja pranje kamenog materijala.

S obzirom na način rada, postoji:
-stroj za pranje s noževima,
-stroj za pranje s bubnjem.

3.5.1. Stroj za pranje s noževima

Konstrukcija stroja za pranje s noževima (slika 21.) sastoji se od korita od čeličnih limova. Kroz korito prolazi vodoravna osovina s čeličnim noževima ili spiralama.
Radi na principu da se kameni materijal pri pranju nastoji što više raščlaniti pomoću čeličnih noževa ili spirala. Kotač s vjedricom iz vode izvlači oprana kamena zrna veća od 3 mm. Mulj i ostale nečistoće izlaze s vodom na preljev. Nedostatak ove vrste stroja je što s muljem i vodom kroz preljev izlaze i uporabljive veličine kamenih zrna. [1]



Slika 21. Stroj za pranje s noževima [21]

3.5.2. Stroj za pranje s bubnjem

Konstrukcija stroja za pranje s bubnjem (slika 22.) sastoji se od korita od čeličnih limova. Kroz korito prolazi vodoravna osovina s perforiranim bubnjem. Unutrašnjost bubnja je ispunjena lopaticama ili spiralama koje okretanjem bubnja čiste kamena zrna.
Kotači s vjedricama iz vode izvlače oprana kamena zrna čija veličina može biti i manja od 1 mm. Za razliku od strojeva za pranje s noževima, kod ovih strojeva kroz preljev s vodom izađe puno manje uporabljivih zrna. [1]



Slika 22. Stroj za pranje s bubnjem [22]

4. Zaključak

Kamenolom tehničkog kamena je postrojenje u kojem se vrši iskop, utovar i prerada kamenog materijala s ciljem dobivanja frakcioniranog kamenog agregata, koji će se poslije upotrebljavati za radove u građevinarstvu. Rad u kamenolomima vrlo je bučan, te su zbog toga kamenolomi najčešće izmješteni iz naseljenih područja. Prije uspostave kamenoloma treba izraditi studijun utjecaja na okoliš i studiju izvodljivosti i rentabilnosti.

Procesi u kamenolomu sastoje se od više vrsta radova, koji se odvijaju sekvencijalno. Za svaku vrstu radova potrebni su odgovarajući alati i strojevi od kojih svaki ima veliku ulogu u prerađivanju kamenog materijala. Organizacija rada u kamenolomu vrlo je slična industrijskoj proizvodnji, te zbog toga rad strojeva mora biti usklađen, odnosno sinkroniziran kako bi se ostvarila maksimalna funkcionalnost. U ovom radu obrađeni su procesi koji svojom složenošću utječu na djelotvornost rada u kamenolomu.

Da bi se dobio frakcionirani agregat, iskopani kameni materijal mora proći kroz drobilicu, mlin, sito, hidraulični separator i stroj za pranje. Organizacija rada strojeva (broj i vrsta stroja) ovisi o količinama frakcioniranog agregata koji treba proizvesti. U radu je dan detaljan opis funkcija i karakteristika strojeva u kamenolomu.

5. Literatura

[1] Eduard Slunjski (1995), Strojevi u građevinarstvu, Hrvatsko društvo građevinskih inženjera

[2] http://www.dar.hr/vijcani-kompresori/hydrovane-rotacioni-kompresori/industrijski-rotacijski-kompresori-hv01-hv04/#!prettyPhoto[pg_1]/1/ (zadnji pristup: rujan, 2017)

[3] http://www.presing-doo.hr/pd/2826/pg/2810/Vijcani-kompresor-Parise-PHO3S150-CM-8-2-2-kW.wshtml#!prettyPhoto[gallery]/0/ (zadnji pristup: rujan, 2017)

[4] http://www.air-compressor-guide.com/learn/compressor-types/reciprocating-compressor (zadnji pristup: rujan, 2017)

[5] http://prodrill.en.made-in-china.com/product/VSXJpLTubWcC/China-Yn27j-Air-Drill-Jack-Hammer-Type-Air-Compressor-Rock-Drill.html (zadnji pristup: rujan, 2017)

[6] http://www.npkce.com/product-categories/hydraulic-hammers/gh12/ (zadnji pristup: rujan, 2017)

[7] https://www.machinio.com/listings/21089386-2006-atlas-copco-roc-d7-01-rrc-in-upplands-vasby-sweden (zadnji pristup: rujan, 2017)

[8] https://www.deere.com/en/loaders/ (zadnji pristup: rujan, 2017)

[9] https://www.alibaba.com/product-detail/Reliable-operation-OEM-rubber-conveyor-belt_1125223032.html?spm=a2700.details.maylikever.9.697a8c3e8wlpaU (zadnji pristup: rujan, 2017)

[10]http://gradst.unist.hr/Portals/9/docs/katedre/Organizacija%20i%20ekonomika/PSG%20Proizvodnja/kamenolomi.pdf (zadnji pristup: rujan, 2017)

[11] http://drobilice.com/pages/proizvodi/keestrack.php (zadnji pristup: rujan, 2017)

[12] http://www.metso.com/products/cone-crushers/cone-crusher-nordberg-gp/ (zadnji pristup: rujan, 2017)

[13 http://www.bailingmachinery.com/products/ballmill/22.html (zadnji pristup: rujan, 2017)

[14] https://www.911metallurgist.com/blog/how-to-charge-a-rod-mill-charging (zadnji pristup: rujan, 2017)

[15] http://www.bhs-sonthofen.de/en/products/crushing-technology/impact-crusher-impact-mill.html (zadnji pristup: rujan, 2017)

[16] http://www.mesin.review/73/mesin-hammer-mill-harga-jenis-dan-cara-kerja.html (zadnji pristup: rujan, 2017)

[17] http://pharmapproach.com/vibration-mill/ (zadnji pristup: rujan, 2017)

[18] http://newgradeko.com/2013/06/07/rotirajuca-sita/ (zadnji pristup: rujan, 2017)

[19] http://vibratech.ba/proizvodi/ (zadnji pristup: rujan, 2017)

[20] http://oprema-vrbovec.hr/vibrosita/ (zadnji pristup: rujan, 2017)

[21] https://wholesaler.alibaba.com/product-detail/chrome-wash-plant-sand-stone-spiral_60645938197.html (zadnji pristup: rujan, 2017)

[22] http://www.hnlzzg.com/products/zhishaji/484.html (zadnji pristup: rujan, 2017)