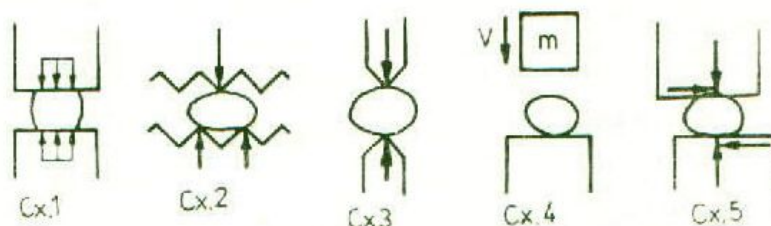


## V. Машини за дробене и смилане.

**Определение** - раздробяването е процес за намаляване на размерите на твърдите материали в резултат на което се увеличава значително тяхната повърхност.

Раздробяването се прилага широко в химичните технологии, тъй като: улеснява процеса разтваряне, ускорява химичните реакции, осигурява пълното им протичане и предава на готовия продукт вид удобен за употреба. На раздробяване се подлагат изходни суровини, полуфабрикати и готови продукти.

Начини на раздробяване – съществуват различни начини за раздробяване, като: **натиск на смачкване, огъване, разчупване, разцепване, удар, стриване**. Тези начини са представени на фиг.4 и се реализират в различни машини.



Фиг.4. Основни начини на раздробяване

Често в практиката в една дробилна машина се реализират комбинирани начини за раздробяване (Табл.1).

Основни начини на раздробяване

Начини	Натиск на смачкване	Огъване, разчупване	Разцепване	Удар	Стриване
Напрежения	$\sigma_{нат}$ напрежения при натиск	$\sigma_{ог}$ напрежения при огъване	$\sigma_k$ контактни напрежения	$E_k$ кинетична енергия	$\sigma, \tau$ нормални и тангенциални напрежения
Машини	челюстни и конусни трошачки с износени брони	с нови брони	челюстна трошачка (рядко)	чукова трошачка топкова мелница	колерганг. хаван

Таблица 1. Основни начини на раздробяване

В зависимост от най-големия характерен размер на раздробения материал, раздробяването се дели на натрушаване и смилане.

От своя страна натрушаването се дели на:

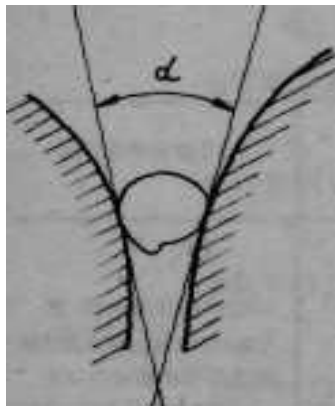
- **грубо натрушаване** – с характерен размер до 100 мм;
- **средно натрушаване** - с характерен размер до 30 мм;
- **ситно натрушаване** – с характерен размер до 3 мм;
- **финно натрушаване** – с характерен размер до 0,5 мм.

Смилането от своя страна се дели на:

- **грубо смилане** – с характерен размер от 0,3– 0,1 мм;
- **финно смилане** – с характерен размер 0,1 – 0,04 мм

**Раздробяване** - раздробяването се характеризира с коефициент на раздробяване, представляващ съотношението на характеристичния размер  $D_0$  на един къс от материала преди раздробяването със съответния характерен размер  $D_k$  на получените след раздробяването късове ( $i = D_0 / D_k$ ) където „i” е коефициент на раздробяване или степен на раздробяване. Изборът на начин за раздробяване зависи от физичните свойства на материала и най-вече от твърдостта му.

**Граничен ъгъл на захващане** - при много дробилни машини, материалът се раздробява между две наклонени една спрямо друга повърхнини. Ъгълът образуван между тези две повърхнини, е от голямо значение за правилната работа на дробилната машина. Този ъгъл се нарича ъгъл на захващане и е заключен между двете тангенциални равнини, прекарани през допирните точки между материала и дробещите повърхнини на машината(фиг.5). Той не трябва да надвишава определена гранична стойност, за да може материала да се задържи от триенето между дробилните повърхнини.



Фиг.5. Ъгъл на захващане при раздробяване

Дробилните машини се класифицират според степента на раздробяване или според начина за раздробяване. Според степента на раздробяване машините се обединяват в 4 групи:

- **машини за едро раздробяване;**
- **машини за средно и ситно раздробяване;**
- **мелници за финно смилане;**
- **колоидни мелници.**

При избора на дробилна машина има значение размера на изходните късове, степента на раздробяване и особено физическите свойства на материала. Трябва да се знае твърдостта на материала, както и съпротивлението на смачкване, съпротивлението на удар, структурата на материала(кристална, аморфна, пореста, влакнеста), влажността, опасността от samozапалване вследствие на нагриването при смилане и др.

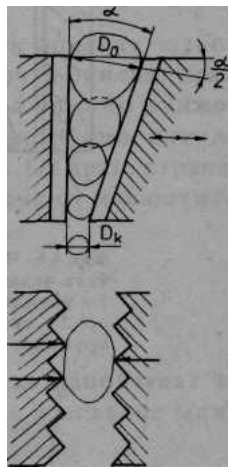
При тези машини е значителен разхода на енергия, която в някои случаи достига до 40 % от общите разходи. За това основно правило при раздробяването е “да не се раздробява нищо излишно“, т.е. раздробяването да се провежда до такава степен, каквато е необходима. Изразходваната енергия при раздробяването трябва да отива само за преодоляване на силите на сцепление без отделяне на топлина.

## **1. Основни конструкции дробилни машини(дробилки).**

С тези машини се извършва едро раздробяване, което е подготовка на материала за следваща обработка. Тези машини се наричат дробилки или трошачки, като най-често използвани са: **челюстни, конусни, валцови, колерганти, чукови дробилки и дезинтегратори.**

### **1.1. Челюстни дробилки.**

Те се използват за първично или вторично раздробяване. При тях материала попада между две челюсти поставени под известен наклон. Едната е подвижна и периодично се приближава спрямо другата неподвижна челюст. Ъгълът на захващане се определя конструктивно и не се влияе от големината на падащите късове. Най-често този ъгъл е от 15-20 градуса. За да се предпазят от износване челюстите са снабдени със сменяеми дробилни плочи, изработени от твърда стомана, легирана с манган. Тези плочи имат надлъжни ребра, за да се увеличи огъващия ефект при раздробяването(фиг.6).

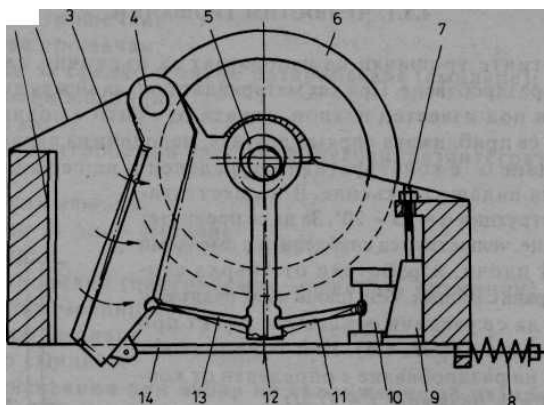


Фиг.6. Челюсти, снабдени с дробилни плочи

Най-често използвани в практиката са челюстни дробилки с просто действие на подвижната челюст (фиг.7) и челюстна трошачка със сложно движение на подвижната челюст (фиг.8), като последната се използва предимно за вторично натрушаване на материала.

### Челюстна трошачка с просто движение на подвижната челюст.

Неподвижната челюст 1 е свързана с рамката 2 на трошачката. Подвижната челюст 3 се върти около оста 4 и се задвижва чрез упорните плочи 11 и 13 от мотовилката 12. Мотовилката от своя страна се задвижва от ексцентриковия вал 5, който се върти около геометричната ос О. Двата маховика 5 осигуряват по-равномерен ход на машината, като акумулират механична енергия през време на неработния ход. Големината на изходния процеп се регулира чрез клиновете 9 и 10 посредством винта на гайката 7. Подвижната челюст се притиска чрез пръта 14 и пружината 8 към упорната плоча 13. За да се предпази трошачката от саморазрушаване при случайно попадане на стоманен предмет между челюстите, едната упорна плоча, наречена предпазна, е оразмерена така, че да се счупва при претоварване. На фиг.4 мотовилката е начертана в горно крайно положение, което отговаря на края на работния ход на подвижната челюст. С прекъсвана линия е означено положението на подвижните части, когато мотовилката е в крайно долно положение - това отговаря на края на свободния ход, при който изпада раздробеният материал. От схемата става ясно, че подвижната челюст се люлее около неподвижната ос 4, при което всяка нейна точка описва дъга от окръжност.



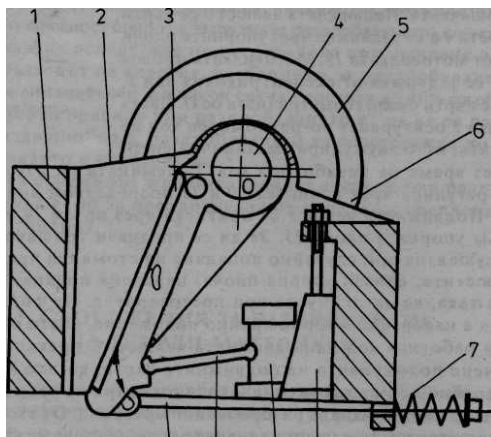
Фиг.7. Челюстна трошачка с просто движение на подвижната челюст

1 - неподвижна челюст; 2 - рамка; 3 - подвижна челюст; 4 -ос; 5 - ексцентриков вал; 6 - маховик; 7 - винт и гайка; 8 -пружина; 9, 10 - клинове; 11, 13 - упорни плочи; 12 – мотовилка, 14-прът

### Челюстна трошачка със сложно движение на подвижната челюст.

Неподвижната челюст 1 е свързана с рамката 2 на трошачката. Подвижната челюст 3 се задвижва от ексцентриковия вал 4, който се върти около геометричната ос О. В долния си край

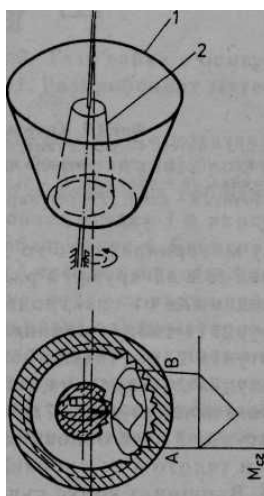
подвижната челюст се притиска чрез пръта 11 и пружината 7 към упорната предпазна плоча 10. Големината на изходния процеп се регулира чрез клиновете 8 и 9 посредством винта и гайката 6. Двата маховика 5 осигуряват по-равномерен ход на машината. Движението на подвижната челюст е аналогично на движението на мотовилката при трошачката, показана на фиг.5. Точките в горния и в долния край на челюстта описват затворени криви, близки до окръжност. Междинните ѝ точки описват продълговати затворени криви. Благодарение на това сложно движение на челюстта материалът се раздробява по-еднородно, отколкото при трошачките с просто движение на челюстта. От друга страна, челюстите със сложно движение се износват повече от челюстите с просто движение.



Фиг.8. Челюстна трошачка със сложно движение на подвижната челюст  
 1 - неподвижна челюст; 2 - рамка; 3 - подвижна челюст; 4 - ексцентриков вал; 5 - маховици;  
 6 - винт и гайка; 7 - пружина; 8, 9 - клинове; 10 - предпазна плоча; 11 – прът

### 1.2. Конусни дробилки.

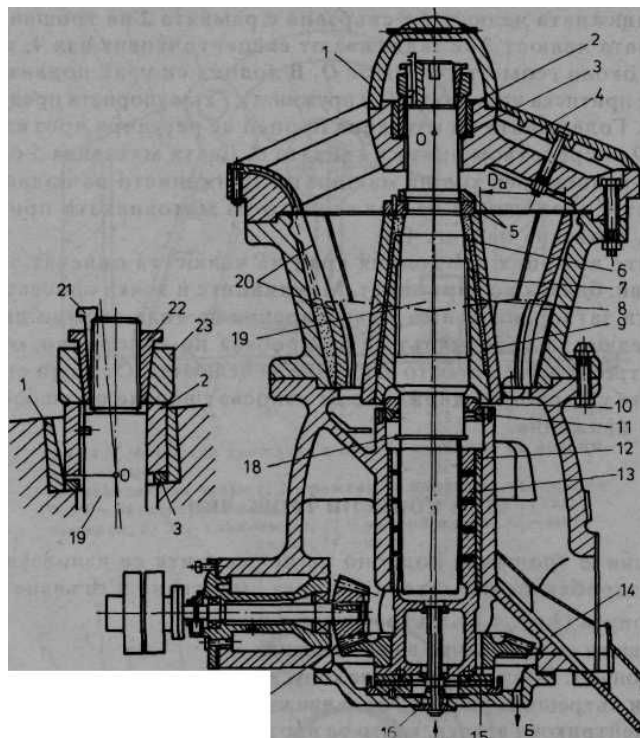
Конусните дробилки се използват също за грубо раздробяване на материали чрез смачкване и огъване между два конуса (фиг.9). Вътрешният конус 2 се движи ексцентрично в неподвижния външен конус 1. При всички видове конусни дробилки, вътрешния конус 2 се задвижва чрез ексцентрикова втулка, която се върти от подходяща конусна зъбна предавка. Дробилният процес при конусните дробилки наподобява дробилния процес при челюстните дробилки с тази разлика, че е непрекъснат и тук ъгъла на захващане е конструктивно определен и не се влияе от големината на попадащите късове. Дробилните повърхнини са изработени от твърда манганова стомана и имат надлъжни ребра, за да се увеличи огъващия ефект.



Фиг.9. Принципа схема на конусна дробилка

Едни от най-използваните в практиката дробилки са: конусната с подвижна ос и горен лагер представена на фиг.10 и конусната дробилка с неподвижна ос представена на фиг.11.

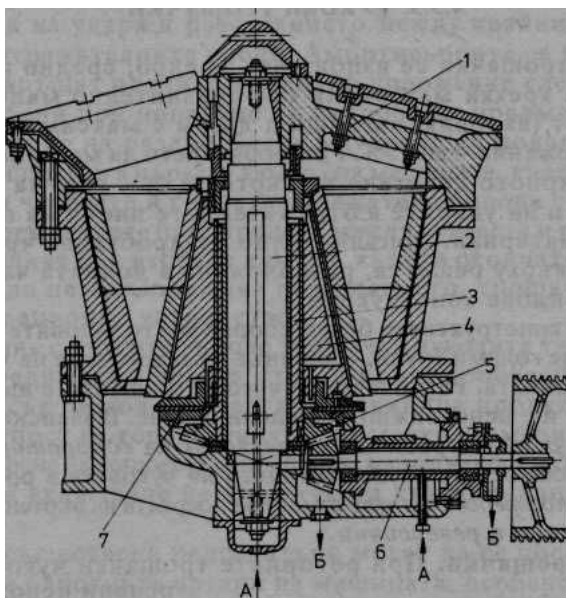
На фиг.10 е показана конусна трошачка с подвижна ос и горен лагер. Оста 19 на дробящия конус е лагерирана в горния радиално-аксиален лагер 1,2,3 и в радиалния лагер, наклонено изработен в ексцентриковия вал 13. По този начин дробящият конус може свободно да се търкаля върху материала, като го дроби, без да го стрива. Ексцентриковият вал 13 е лагериран в радиалния лагер 12 и аксиалния лагер 15 и се задвижва от електродвигателя чрез еластичен съединител и конусната зъбна предавка 17. Горният лагер се състои от конусната втулка, поставена неподвижно в напречника 4, цилиндричната втулка 2(закрепена неподвижно към оста 19) и от пръстена 3. По този начин втулката 2 може свободно да се плъзга и търкаля в конусната втулка 7 и по основния пръстен 3. Хлабината между броните 7 и 9 и тялото 8 на дробящия конус е изпълнена с цинковата заливка 6. Външният конус също е брониран с плочи 20. Едрината на изходния продукт може да се регулира чрез гайката 22, която чрез развиване чрез носовия клин 21. Раздробеният материал се изнася от наклонения улей 14. Междинната втулка 23 поддържа втулката 2. Тази гайка е осигурена срещу развиване чрез носовия клин 21. Раздробеният материал се изнася от наклонения улей 14.



Фиг.10. Конусна дробилка с подвижна ос и горен лагер

1,2,3- лагер; 4 - напречник; 5 - гайка; 6 - заливка; 7,9- брони; 8 - тяло на дробящия конус; 10, 11 - уплътнителни пръстени; 12 - лагер; 13 - ексцентриков вал; 14 - улей; 15 - гайка; 16 - пружина; 17 - зъбна предавка; 18 - маслоотбиващ пръстен; 19 - ос; 20 -плочи; 21 - клин; 22 - регулираща гайка; 23 - втулка; А - подаване на масло; Б - отвеждане на масло

На фиг.11 е показана конструкция на конусна трошачка с неподвижна ос. Неподвижната ос 2 е закрепена централно върху напречника 1 и основата на трошачката. Около тази ос се върти ексцентриковата втулка 3 и върху нея е поставен свободно бронираният дробящ конус 4. Ексцентриковата втулка се върти от междинния вал 6 чрез конусната зъбна предавка 5. По този начин дробящият конус, който се върти свободно около ексцентриковата втулка, се търкаля върху материала и го дроби. Следователно ексцентриковата втулка тук поема и функциите на ексцентриковия вал. Описаната трошачка е предназначена за грубо първично натрошаване и няма специално предпазно устройство против претоварване. При случайно попадане на твърд материал трошачката спира.

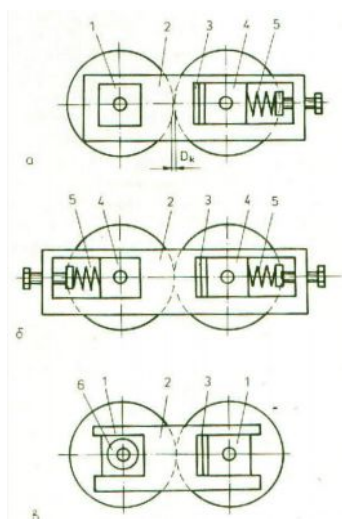


Фиг.11. Конусна дробилка с неподвижна ос  
 1 - напречник; 2 - неподвижна ос; 3 - втулка; 4 - дробящ конус; 5 - зъбна предавка; 6 - вал;  
 А, Б - подаване и отвеждане на масло

### 1.3. Валцови дробилки.

Валцовите дробилки се използват за средно и ситно раздробяване на немного твърди материали, като глина, фелдшпат и др. При тях материалът се раздробява непрекъснато чрез смачкване и стриване между два цилиндрични валца, които се въртят противоположно с еднаква и различна периферна скорост. Валците могат да бъдат гладки, назъбени или надлъжно оребрени. Крайният размер на раздробения материал се определя от разстоянието между двата валца. За да се предпазят валците от повреди, ако между тях попадне твърд предмет се вземат предохранителни мерки. Различават се принципно три конструкции (фиг.12):

- валцова дробилка с един подвижно лагериран валц;
- валцова дробилка с два подвижно лагерирани валци;
- валцова дробилка с неподвижно лагерирани валци;



Фиг.12. Видове валцови трошачки  
 а – с един подвижно лагериран валц; б – с два подвижно лагерирани валца; в – с неподвижно лагерирани валци

При първата конструкция лагерите 1 на левия валц са неподвижни, а лагерите 4 на десния валц се притискат чрез силните пружини 5 към неподвижните опори 2. Поставените между лагера 4 и опората 2 пластини 3 регулират разстоянието  $D_k$  между валиите. Силата на пружините е избрана така, че при нормална работа лагерите 4 да са винаги притиснати до опорите 2 и пластините 3.

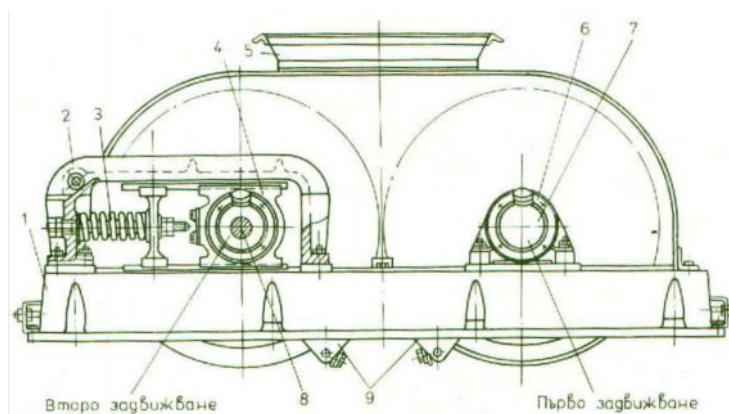
Случайно попадналият между валците твърд предмет отмества подвижно лагерувания валц, като преодолява силите на пружините и преминава с материала между валците. Тъй като се премества само единия от валците машината и фундамента изпитват хоризонтални удари.

При втората конструкция не се получават такива удари, тъй като и двата валца могат да се отместват, когато помежду им попадне твърд предмет. Тази конструкция е усложнена и се среща по-рядко. И при двете конструкции попадналите между валците твърди предмети преминават с материала и го замърсяват.

При третата конструкция валците са лагерувани неподвижно и през тях не могат да преминават случайно попаднали твърди тела. Валците се задвижват чрез прост предпазен съединител, който изключва машината при претоварване.

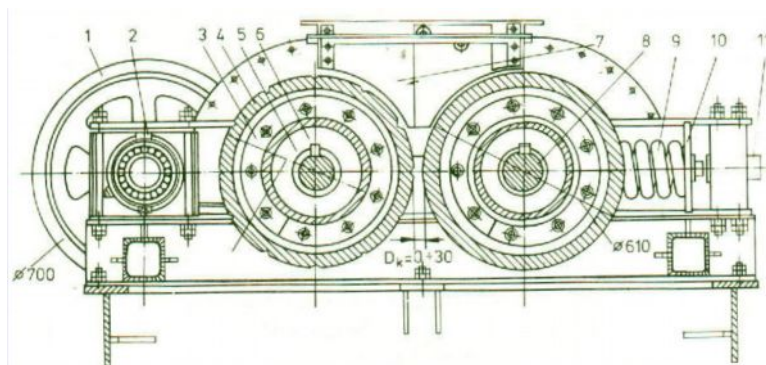
На фиг.13 са представени дробилки с индивидуално задвижване на всеки валц , а на фиг.14 - дробилка с един набразден и един гладък валц.

На фиг.13 е показана валцова трошачка с индивидуално задвижване на всеки валц от отделен електродвигател чрез ремъчна предавка. Тази конструкция дава възможност да се избират подходящи ъглова скорост и мощност на всеки валц съобразно с конкретния случай. Когато материалът трябва само да се раздробява или мачка, избират се еднакви ъглови скорости и мощност за двата валца. Ако материалът трябва да се стрива, избират се различни ъглови скорости и мощности. Валците 7 и 8 са монтирани върху общата чугунена рама 1 и се задвижват от ремъчни шайби. Десният валц 7 е лагеруван в неподвижните лагерни кутии 6, а левият 8 - в подвижните лагерни кутии 4, които може да се отместват в рамките 2, като преодоляват силата на двете пружини 3. Силата на пружините и разстоянието между двата валца се регулират чрез гайки. Повърхнината на гладките валци се почиства чрез стъргалките 9. Валците са защитени от ламаринен кожух, през чийто отвор 5 се подава материалът. Разгледаната машина е предназначена за смилане на меки материали.



Фиг.13. Валцова трошачка с индивидуално задвижване на всеки валц  
рама; 2 – рамка; 3 – пружина; 4, 6 – лагерни кутии; 5 – отвор; 7, 8 – валци; 9 – стъргалки

На фиг.14 е показана валцова трошачка с един набразден и един гладък валц. Предназначена е за раздробяване на по-груб материал. Задвижва се от един двигател чрез ремъчната шайба 1, междинния вал 2 и зъбна предавка. Набразденият валц 4 се задвижва направо от зъбно колело, а гладкият 8 - от вала 5 на набраздения валц чрез специална зъбна предавка. Разстоянието  $D_k$  между двата валца може да се променя чрез деформация на пружината 9. Силата на пружината се регулира чрез винта 11 и специална гайка. Когато между валците попадне голям твърд предмет, гладкият валц се отмества, като преодолява силата на пружините. Ако това отместване не е достатъчно, срязва се предпазната шайба 10. Валиите са снабдени със сменяеми цилиндрични брони, които са закрепени към главините 6 чрез разцепените двойноконусни пръстени 3. Това улеснява бързото подменяне на износените брони. Материалът се подава през хранващата фуния 7. В грубата керамика се използват каменоотделителни дробилки, за да отделят съдържащите се в глината камъни. При тях материалът се подава между два валца с различен диаметър и съответно с различна периферна скорост. При удара върху гладкия валц, който има много ниска скорост, глината се деформира пластично, губи своята кинетична енергия и преминава между двата валца. Камъните остават и се изхвърлят от дробилката

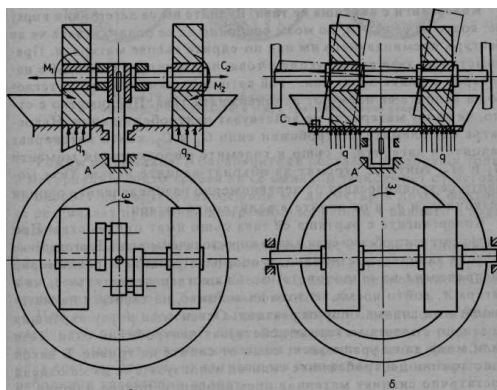


Фиг. 14. Валцова трошачка с един набразден и един гладък валц

1 - ремъчна шайба; 2 - вал; 3 - двойноконусен пръстен; 4 - набразден валц; 5 - задвижващ вал; 6 - главина; 7 - хранваща фуния; 8 - гладък валц; 9 - пружина, регулираща разстоянието; 10 - предпазна шайба; 11 - регулиращ винт

#### 1.4. Колерганги.

Колергангите се използват за смилане на сухи или влажни материали при осигуряване на периодичен или непрекъснат процес. Извършва се смачкване или стриване между (по-рядко конусни) валци и плоската повърхност на тава. Колергангите могат да бъдат с неподвижна тава и два обикалящи по нея валца или с въртяща се тава и неподвижни валци (фиг.15). И двете конструкции имат свои предимства и недостатъци, като изборът се извършва в зависимост от материала за обработване и степента на обработка.



Фиг. 15. Видове колерганги

а - с неподвижна тава и обикалящи около нея валци; б - с въртяща се тава и неподвижни валци

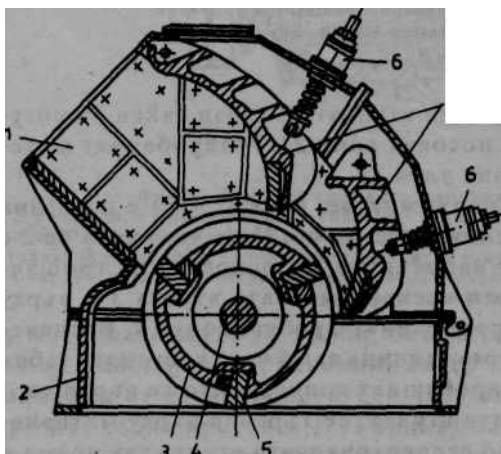
#### 1.5. Чукови дробилки.

Чуковите трошачки се използват за едро, средно и ситно раздробяване на крехки материали със сравнително малка твърдост и абразивност (варовик, въглища и др.) и с максимално допустимо влагосъдържание - до 15%. Раздробяването на материала се дължи главно на ударното действие на въртящи се с голяма скорост чукове, а също и на ударите в отражателните плочи на отхвърления от чуковете материал. Допълнително раздробяване чрез стриване се извършва върху решетка, разположена в долната част на кожуха на някои видове конструкции.

Основният конструктивен белег, според който чуковите трошачки се разделят на две големи групи, е начинът на закрепване на чуковете към ротора на машината. Различават се чукови трошачки с шарнирно закрепени чукове и с неподвижно закрепени чукове. В зависимост от броя на роторите чуковите трошачки се разделят на **еднороторни** и **двуроторни**, в зависимост от разположението на чуковете в роторите - на **едноредови** и **многоредови** и в зависимост от посоката на въртене на роторите - на **неревърсивни** и **реверсивни**.



При **роторните** трошачки чуковете са закрепени неподвижно към ротора на машината. Благодарение на участието на цялата маса на ротора при удара ефектът от раздробяването е значително по-голям отколкото при подвижно закрепване. Това дава възможност чувствително да се намали диаметърът. На фиг.16 е показана конструкцията на еднороторна двукамерна трошачка за едро раздробяване тип СМД- 86. Корпусът на машината се състои от две части - горната 1 и основната 2. Горната част е облицована отвътре с плочи от легирана стомана и е свързана шарнирно с долната част. В масивния стоманен корпус на ротора 3, монтиран върху вала 4, са закрепени чрез клинове чуковете 5. В горната част на корпуса са окачени шарнирно отражатели 8, в долния край на които се намират сменяемите плочи 7. Отражателите са свързани с амортизаторите 6, чрез които се регулират силата на удара и разстоянието между крайните ръбове на чуковете и отражателните плочи. Амортизаторите връщат плочите в изходно положение след отклоняването им встрани при попадане на недробими предмети.



Фиг.16. Чукова трошачка с неподвижно закрепени чукове

Подлежащия на раздробяване материал се подава чрез пластинчат транспортър в първата камера на машината, където вследствие на ударите в чуковете и горната отражателна плоча се раздробява частично. Преминалите през процеп между чуковете и горната плоча частици попадат във втората камера, където окончателно се раздробяват. За да не се запрашава помещението, трошачката е снабдена с аспирационно устройство.

В сравнение с другите видове трошачки чуковите трошачки имат следните предимства: висока степен на раздробяване при значително по-нисък разход на енергия на единица продукция; простота и компактност на конструкцията; по-малки размери; възможност за автоматизиране на технологичната линия; херметичност на конструкцията, позволяваща включване на трошачката към аспирационна система и др.

Като по-съществени недостатъци могат да се посочат бързото износване на работните органи на машината, особено при раздробяване на абразивни материали, необходимостта от точно динамично и статично балансиране на въртящите се елементи и неравномерността на зърнестия състав на крайния продукт.

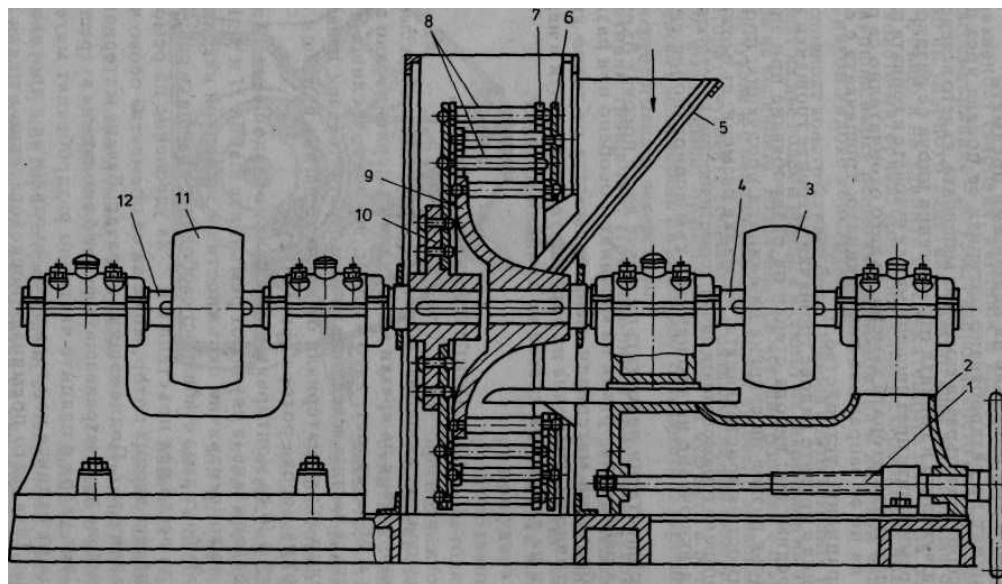
### 1.6. Дезинтегратори.

Дезинтеграторите се използват широко в силикатната промишленост за ситно раздробяване на крехки материали със сравнително малка твърдост и абразивност, като каолин, варовик, въглища и др. Раздробяването се постига вследствие на многократните удари, нанасяни последователно върху материала от палците на два въртящи се в противоположна посока ротора (фиг.17).

Роторите 9 и 10 са монтирани върху двата отделни вала 12 и 4 с независимо задвижване (в случая от ремъчните шайби 11 и 3). Към всеки ротор по концентрични окръжности са закрепени няколкото реда палци 8. За по-голяма стабилност свободните краища са свързани с отделните за всеки ред пръстени 6 и 7. За улеснение на ремонта супортът 2, носещ десния ротор, може да се премества осово чрез винтовия механизъм 1. Подлежащият на раздробяване материал се подава равномерно през захранващата фуния 5 в зоната на вътрешния ред палци. След удара в палците частично раздробеният материал се посреща от палците на втория ред, въртящи се в

противоположна посока. Така, като преминава последователно от един ред на друг, окончателно раздробеният материал се събира в долната част. За да се осигури равномерна работа на машината, захранването и се осъществява от дозатор.

Като недостатъци на дезинтегратора могат да се посочат бързото износване на палците, трудната им замяна и необходимостта от точното балансиране на въртящите се части на машината.

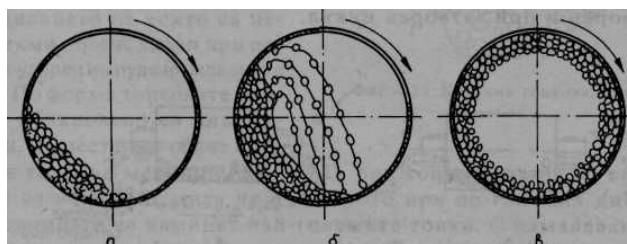


Фиг.17. Дезинтегратор

1 - винтов механизъм; 2 - супорт; 3, 11 - ремъчни шайби; 4, 12 - валове; 5 - захранваща фуния; 6, 7 - пръстени; 8 -палци; 9, 10 – ротори

## 2. Основни конструкции машини за смилане(мелници).

Машините за смилане имат за цел ситно раздробяване и финно смилане на материалите. Обработката в тях се осъществява вследствие ударите на свободно падащи мливни тела(най-често топки), които имат изтривашо действие. Това е принципа на действие на най-често използваните топкови мелници, които представляват барабани въртящи се около хоризонтална ос(фиг.18).

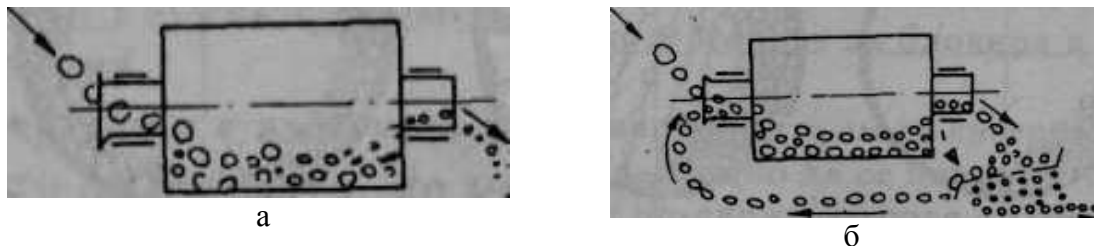


Фиг.18. Режим на работа на топковите мелници

а - лавинен; б - водопаден; в - при критична ъглова скорост

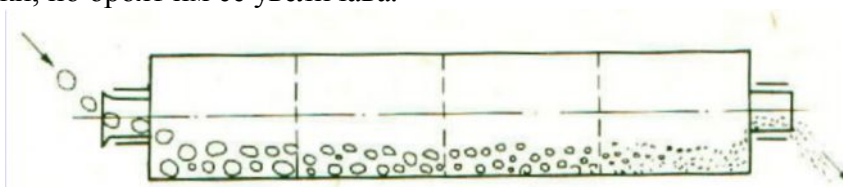
В барабаните се поставят подходящи топки и материалът за смилане. В зависимост от неговата скорост на въртене, вътрешния му диаметър и други фактори, се различават принципно два режима на работа – **лавинен** и **водопаден**. При лавинният режим, ъгловата скорост е сравнително малка. Материалът и мливните тела се увличат от въртящия се барабан до известна височина, след което се свличат периодично надолу срещу движението на барабана(фиг.18а). При водопадният режим ъгловата скорост е по-висока и благодарение на центробежната сила материалът и мливните тела успяват да се издигнат над хоризонталната централна равнина(фиг.18б), след което се отделят от вътрешната повърхнина и политат по параболични траектории надолу. С увеличаване на ъгловата скорост, мястото на отделяне на мливните тела и материала от повърхнината на барабана се издига все по-нагоре, като се образува общ концентричен слой. В този момент мелницата престава да работи(фиг.18в), като тази скорост се нарича критична ъглова скорост.

Материалът в мелницата може да бъде сух или омокрен, което определя и режима на смилането - сухо и мокро смилане. Смилането може да се извършва периодично или непрекъснато - фиг.19, като при непрекъснатото смилане се реализират отворен или затворен цикъл.



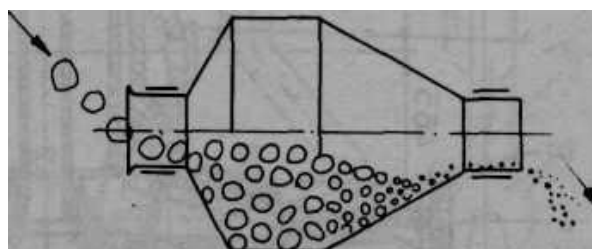
Фиг.19. Начини за смилане  
а – при отворен цикъл ; б – при затворен цикъл

Мелниците могат да бъдат еднокамерни или многокамерни. При многокамерните мелници (фиг.20) барабана е разделен с решетки на отделни камери в които са поставени различни по големина мливни тела. Материалът постъпва в първата камера и се раздробява от ударите на големите топки. От тук той преминава през решетките в следващите камери, където мливните тела стават все по-малки, но броят им се увеличава.



Фиг.20. Многокамерна мелница

Съществуват обаче и конусни топкови мелници(фиг.21), при които топките от само себе си се нареждат, така че в началото при по-големия диаметър на мелницата се намират най-големите топки. С намаляването на диаметъра топките стават все по-малки. Така в началото на конусните мелници материалът се смилва при водопаден режим, а в края им се стрива при лавинен режим.



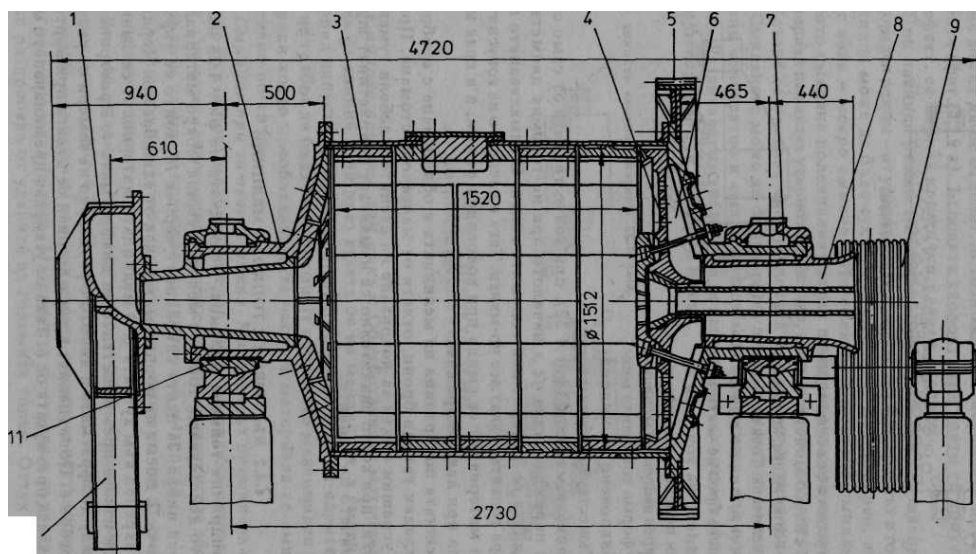
Фиг.21. Конусна тоикона мелница

Вътрешната повърхнина на мелницата е облицована с оребрени или гладки твърди брони, отлети от манганова стомана. Правени са успешни опити за покриване на стените с дебели гумени облицовки, при което значително се намаляват неприятният шум и износването на плочите.

## 2.1. Топкови мелници. - цилиндрични топкови мелници

Топковите мелници обикновено са цилиндрични. Цилиндричната топкова мелница на фиг.22. е непрекъснато действаща топкова мелница и смилва мокро материала в затворен цикъл. За целта спиралният черпак 10, който се върти от кухата ос 2, поема на порции материала от един басейн. Черпакът е прикрепен към кутията 1. В мелницата материалът се смилва отчасти и излиза през решетките на диафрагмата 4. Пространството между диафрагмата и дъното е разделено на камери от радиалните ребра 6. Попадналият в тях материал се издига при въртенето и излиза през кухата ос 8. Така се ускорява преминаването му през мелницата. След като излезе от мелницата, материалът се сепарира, при което едрата фракция се връща за досмилане. Барабанът 3 е облицован

с твърди стоманени плочи, които се подменят през отвора, и се крепи от двата самонагаждащи се лагера 7 и 11. Не са предвидени горни лагерни черупки, тъй като голямото тегло на мелницата действа само надолу. Мелницата се задвижва от електродвигател чрез клиноремъчната предавка 9 и зъбното колело 5.

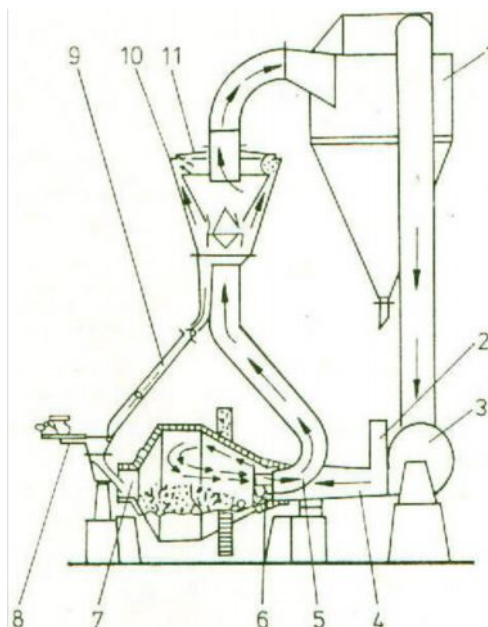


Фиг.22. Цилиндрична въртяща се топкива мелница

1 - кутия; 2 - ос; 3 - барабан; 4 - диафрагма; 5 - зъбно колело; 6 - ребра; 7, 11 - лагери; 8 - ос; 9 - клиноремъчна предавка; 10-спирален черпак

#### - конусни топки мелници

При тях топките от само себе си се нареждат, така че в началото при по-големия диаметър на мелницата се намират най-големите топки. С намаляването на диаметъра – топките стават все по-малки. Така в началото на конусните мелници, материалът се смилва при водопаден режим, а в края им – при лавинен режим. Вътрешната повърхност на мелниците е облицована с оребрени или гладки твърди брони, отлети от манганова стомана.



Фиг.23. Конусна въртяща се топкива мелница

На фиг.23 е показана конусна мелница за сухо смилане в затворен цикъл. Барабанът ѝ се състои от две конусни части, съединени чрез цилиндрична част. Задвижва се чрез зъбна предавка. При сухо смилане в затворен цикъл материалът подава от дозатора 8 постъпва в барабана през кухата ос 7 и излиза от него през кухата ос 6. Същевременно вентилаторът 3 вдухва въздух през

тръбата 4 и кухата ос 6. Въздухът увлича ситните частици и преминава през тръбата 5 в сепаратора 10. Тук той попада в широко пространство и намалява скоростта си, при което най-едрите частици се отделят и се връщат по тръбата 9 обратно в мелницата за досмилане. В горния край на сепаратора въздухът заедно с по-ситните и най-ситните частици преминава тангенциално през направляващите лопатки 11 във вътрешната конусна част на сепаратора 1, която изпълнява функциите на циклон. Тук по-ситните частици се свличат по стените надолу и също се връщат през тръбата 9 за досмилане, а най-ситните частици се увличат от въздуха и се отделят в циклона. От циклона очистеният въздух се засмуква през вентилатора 11, с което цикълът на движението му се затваря. За да не се вдига прах и да не се замърсява околната среда, цялата система работи при налягане, по-ниско от атмосферното. Въздухът, засмукан през оста 7 и през другите недостатъчно уплътнени места, се изпуска след вентилатора през тръбата 2. На това място са поставени две клапи. Едната притваря тръбата 4 така, че сред нея налягането на въздуха да бъде малко по-ниско от атмосферното. Другата клапа е поставена пред тръбата 2 и регулира количеството на въздуха, което трябва да се изпусне в атмосферата. Конусните мелници може да работят и по мокрия начин.

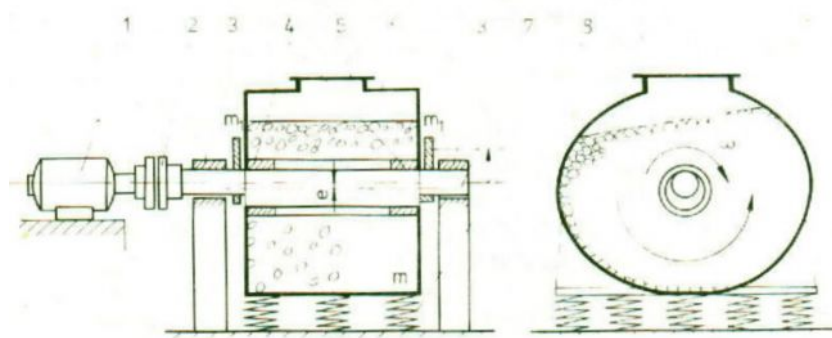
#### - тръбна топкова мелница

При производството на цимент се използват тръбни мелници, разделени с решетки на няколко камери. В първите камери се поставят по-големи топки, а в следващите - по-малки. В последната камера мливните тела обикновено са цилиндрични, изработени от прътов материал.

Съществуват и **вибрационни топкови мелници**, предназначени за фино смилане. При тези мелници барабанът не се върти, а вибрира с голяма честота. Това предизвиква бързо движение на поставените в него малки стоманени топки. Вследствие на честите удари между топките и на стриващото им действие, материалът се смилва сравнително бързо и много фино. Барабанът има кръгла или овална форма. Вибрационните топкови мелници се използват за всички начини за смилане – сухо или мокро, периодично или непрекъснато, при отворен или затворен цикъл. В зависимост от начина на задвижване се различават две принципно различни конструкции: **ексцентрикова вибрационна топкова мелница** (фиг.24) и **инерционна топкова мелница** (фиг.25).

#### - ексцентрикова вибрационна топкова мелница

Тялото 6 (фиг.24) се задвижва от ексцентриковия вал 7 чрез лагерите 4. Ексцентриков вал е лагеруван неподвижно в лагерите 3 и се върти от електродвигател чрез еластичния съединител 2. Общото тегло на мелницата, включително на топките и материала, се поема от пружините 8. Материалът се сипва през отвора 5. Допълнителните маси уравновесяват възникващата при движението на мелницата центробежна сила.

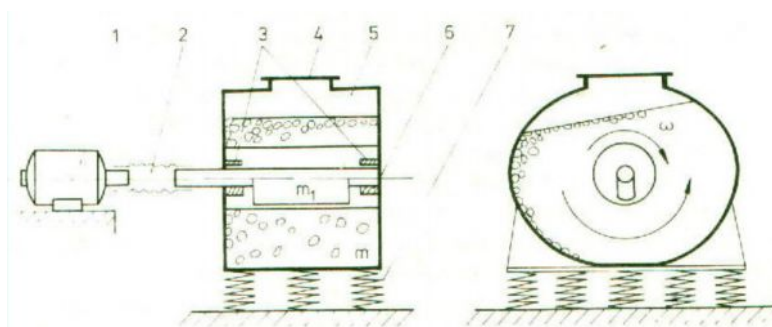


Фиг.24. Ексцентрикова вибрационна топкова мелница  
1 - двигател; 2 - съединител; 3 - лагери; 4 - лагери; 5 - отвор; 6 - тяло;  
7 - ексцентриков вал; 8 - пружини

#### - инерционна вибрационна топкова мелница

Тази мелница има по-голямо разпространение от ексцентриковата. Тялото ѝ 5 (фиг.25) е поставено върху пружините 7 и се задвижва от центробежната сила на въртящата се маса,

закрепена към вала-вibrator 6. Валът 6 е лагериан само в лагерите 3 на тялото и се върти от електродвигателя 1 чрез еластичния съединител 2, благодарение на който вибрациите на мелницата не се предават върху двигателя. Материалът постъпва през отвора 4. Поставената върху пружини мелница с маса представлява система, която може да трепти от възбуждащата сила на vibratora.



Фиг.25. Инерционна топкива мелница

1 – двигател; 2 – съединител; 3 – лагери; 4 – отвор; 5 – тяло; 6 – вал; 7 – пружини

## 2.2. Пръстенови мелници

Работният орган на пръстените мелници се състои от стоманени ролки или топки, които се търкалят по пръстен. Търкалящите се ролки или топки се притискат към пръстена под действието на центробежна сила или пружини. Смилането на материала става чрез натиск, смачкване и стриване. На фиг.3-70, Желязков, 1959 са показани схеми на пръстенови мелници.

## 2.3. Колоидни мелници

Когато раздробяването на материала трябва да бъде много фино(с части от микрона) се използват колоидни мелници. Размерите на най-едрите частици смлян материал при тях е от 1 до 0,4  $\mu\text{m}$ . Те се използват и за получаване на колоидни суспензии за емулгиране и приготвяне на хомогенни разтвори. Смилането на материала в колоидните мелници се извършва чрез триене или удари по **мокър** или **сух** начин.

### - за мокро смилане

На фиг.3-78 и 3-79, Желязков, 1959 са представени колоидни мелници за мокро мелене, чрез триене и съответно с удар. При тези мелници течността с плуващите в нея твърди частици постъпват през специални отвори, като при първата мелница скоростта на въртене на вертикалния ротор е много висока от 30 – 125 м/сек. и разстоянието между ротора и гнездото е много малко (0,05 мм). При другият тип мелница суспензията се подлага на многобройните удари на палците, при което се постига ефектът на фино смилане. Колоидните мелници работят обикновено в затворен цикъл, при което суспензията се обработва толкова дълго, докато се получи желаното съотношение на смилане. На фиг.3-80, Желязков, 1959 е представена конструкция на такава мелница.. Мокрото смилане е най-разпространеният и достъпен начин за приготвяне на колоидни разтвори.

### - за сухо смилане

За фино сухо колоидно смилане се използват центробежно - топкиви колоидни мелници. Те се пълнят с голям брой топки (от 1000 - 100 000), с диаметър от 8 до 15 мм. При бързото въртене на тарелката, топките с голяма скорост се изхвърлят от центробежната сила към периферията на работната камера, където се смесват с обработвания материал. Материалът се подава от специално захранващо устройство, а готовия продукт се извежда с помощта на въздушен сепаратор. За сухо смилане могат да се използват и ударно - дискови мелници, при които дисковете се въртят с много голяма скорост. Смилането на материалът по сух начин не осигурява достатъчно малък размер на колоидните частици.

