5. Triedenie surovín

Triedenie je proces rozdelenia rudy na triedy podľa veľkosti zŕn z rozličných substrátov v rozsahu limitovanej veľkosti.

Triedenie sa môže vykonávať: **1.Mechanicky 2.Hydraulicky**

Mechanické triedenie -sa robí na osievadlách. Veľkosť častíc rôznych tvarov nie je možné definovať, avšak možno popísať povrch plochy s otvormi, cez ktoré môžu prejsť zrná rôznej veľkosti; prejdú len čiastočne zrná určitých veľkostí, alebo neprechádzajú žiadne zrná.

Už použitie povrchu s rovnakými otvormi triedi určité množstvo substrátu do dvoch tried určených rozsahom veľkostí zŕn. Pri preosievaní minerálov, rúd a pod. prvé-primárne osievanie je obyčajne spojené s oddelením prachu. Ruda sa redukuje čo do veľkosti na želaný stupeň cenný pre ďalšie spracovanie a odpad, alebo jalovinu.

Triedu, ktorá prepadla otvormi sita alebo roštu nazývame ***podsitnou***, alebo podroštovou triedou. Pochopiteľne táto trieda obsahuje aj zrná menšie ako sú otvory sita.

Triedu, ktorá zostala na site alebo rošte nazývame ***nadsitnou***, alebo nadroštovou triedou.

Kombináciou viac sít s postupne vyššou hustotou otvorov doplnené s drvením prípadne aj s premývaním substrátu môžeme dosiahnúť vysoko-čistý ultrajemný substrát. Ak triedime na jednom site dostávame dva produkty, ak triedime na ***n***- sitách dostaneme ***n+1*** produktov.

Treba však poznamenať, že v takomto prípade proces osievania pozostáva okrem samotného osivania aj s prepieraním a klasifikáciou veľkosti zŕn.

Podľa účelu rozdeľujeme triedenie na:

1.Pomocné triedenie- pred drviče sa dávajú rošty, alebo osievadlá, aby sa vytriedili zrná, ktoré sú menšie ako výpustný otvor drviča, čím sa zvyšuje výkonnosť drviča

2.Prípravné triedenie- rozomletá ruda sa rozdelí na triedy podľa veľkosti zŕn a každá trieda sa upravuje zvlášť

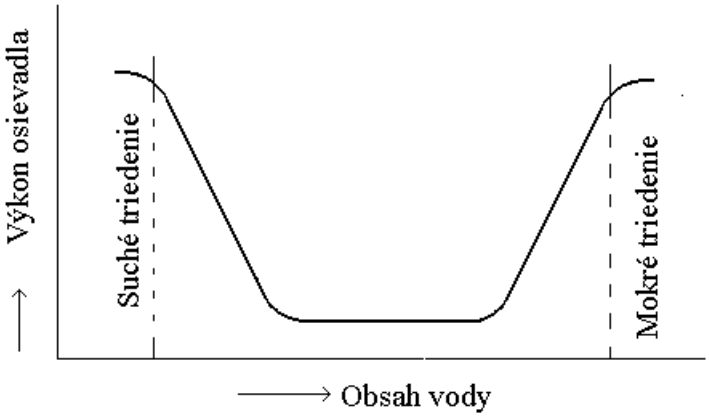
3.Konečné triedenie-v niektorých prípadoch úprava spočíva len v rozdelení úžitkového nerastu na triedy podľa veľkosti (napr.uhlie)

4.Výberové triedenie- ak sa úžitkový minerál líši od jaloviny tvrdosťou možno triedením dosiahnúť aj rozdruženie

Účinnosť triedenia závisí od celého radu činiteľov, z ktorých najdôležitejšie sú tvar zŕn, množstvo nepriaznivých zŕn a obsah vody v materiále. Zrná guľatého alebo viac-hranatého tvaru sa triedia lepšie ako ploché, ktoré na site tvoria vrstvy a neprepadnú otvormi.

Nepriaznivé zrná sú také, ktorých rozmery sú blízke rozmerom otvorov sita. Obsah vody pri suchom triedení nie je vítaný. Voda vytvára na zrniečkach kapilárne sily, následkom čoho sa jemné vlhké zrná zliepajú, vytvárajú agregáty a neprepadajú otvormi. Pri prekročení obsahu vody 4-5% účinnosť triedenia rýchlo klesá. Pri ďaľšom zvýšení obsahu vody už prebieha triedenie mokrou cestou a účinnosť triedenia opäť rastie. (Obr.5.1)

Efektívnosť triedenia sa vyjadruje koeficientom účinnosti triedenia η_t. Definuje sa ako pomer množstva podsitného k rovnakému množstvu nadsitného podielu rovnakej veľkosti vo východzom materiále, vyjadrené v %



Obr.5.1 Závislosť výkonu osievadla od obsahu vody

Predpokladajme, že triedime na site o veľkosti otvorov *d*. V podsitnom podiele nebudú žiadne zrná väčšie ako priemer *d*, ale v nadsitnom podiele bude podľa účinnosti triedenia väčšie alebo menšie množstvo zŕn menších ako *d*. Môžeme to vyjadriť vzťahom:

$$\eta_t = \frac{B}{A} 100[\%] \tag{5.1}$$

kde *B*-je množstvo podsitného podielu

A- je množstvo zŕn menších ako *d* vo východzej rude

η_t - je účinnosť triedenia

Účinnosť triedenia sa určuje na základe sitových analýz východzej rudy a nadsitného podielu.

Pretože sa v podsitnom podiele nenachádzajú zrná väčšie ako otvor sita *d*, platia pre ideálny proces triedenia nasledovné rovnice:

1.Množstvo východzej rudy sa rovná súčtu množstva nadsitného a podsitného, čo vyjadríme rovnicou

$$Q=N+P \tag{5.2}$$

kde *Q* – je množstvo triedenej rudy

N- je nadsitné množstvo

P- je podsitné množstvo

2.Ak *a*-je obsah zŕn menších ako otvor sita *d* vo východzej rude vyjadrené v [%], čo môžeme vyjadriť zlomkom $\frac{a}{100}$, *b*-je množstvo zŕn menších ako *d* v nadsitnom, čo môžeme

vyjadriť zlomkom $\frac{b}{100}$, potom rovnicu (4.2) môžeme vyjadriť v tvare $Q.\frac{a}{100} = N.\frac{b}{100} + P$ a po úprave

$$Q.a = N.b + P.100 \tag{5.3}$$

Pre nadsitný podiel z rovnice (5.2) platí vzťah

$$N = Q - P \tag{5.4}$$

Po dosadení (5.4) do (5.3) a úprave, pre podsitné dostaneme vzťah:

$$P = \frac{Q(a-b)}{100-b} \tag{5.5}$$

Pomerom podsitného a nadsitného zo vzťahu (5.3) podľa definičného vzťahu (5.1) , pre koeficient účinnosti triedenia vyplýva vzťah

$$\eta_t = \frac{100.P}{Q.a}.100$$

Dosadením (5.4) do (5.5) dostaneme pre účinnosť vzťah:

$$\eta_t = \frac{10000(a-b)}{a(100-b)} \tag{5.6}$$

hodnoty *a*, *b* sa určia z priemerných vzoriek východzej rudy a nadsitného množstva sitovou analýzou. Pri sitovej analýze sa osieva na site s rovnakými otvormi ako má sito, ktorého účinnosť skúmame.

Príklad: Pri sitovej analýze východzej rudy bolo podsitné množstvo 60% a sitovou analýzou nadsitného množstva z osievadla bolo zistené 5% zŕn menších ako *d*. Potom účinnosť triedenia bude

$$\eta_t = \frac{10000(a-b)}{a(100-b)} = \frac{10000(60-5)}{60(100-5)}[\%] = 96{,}5\%$$

Pomer plochy otvorov sita k celkovej ploche sita sa nazýva účinnou plochou sita. Ak na 1m^2 sita pripadá „n“ otvorov o ploche otvoru „S“ v [mm^2], bude celková plocha otvorov ***n.S***. Ak je celková plocha sita „B“ v [mm^2], účinná plocha sita bude

$$K = \frac{n.S}{B}.100[\%] \tag{5.7}$$

Podľa druhu triediacej plochy a spôsobu činnosti delíme triediče na:

1. ***Rošty*** : Skladajú sa z pevných alebo pohyblivých paralelných profilových tyčí-***roštníc***
2. ***Osievadlá*** : Triediaca plocha-***sito*** je buď dierovaný plech alebo drôtove pletivo, pre špeciálne účely textil, alebo výplet z uhlíkových vlákien.

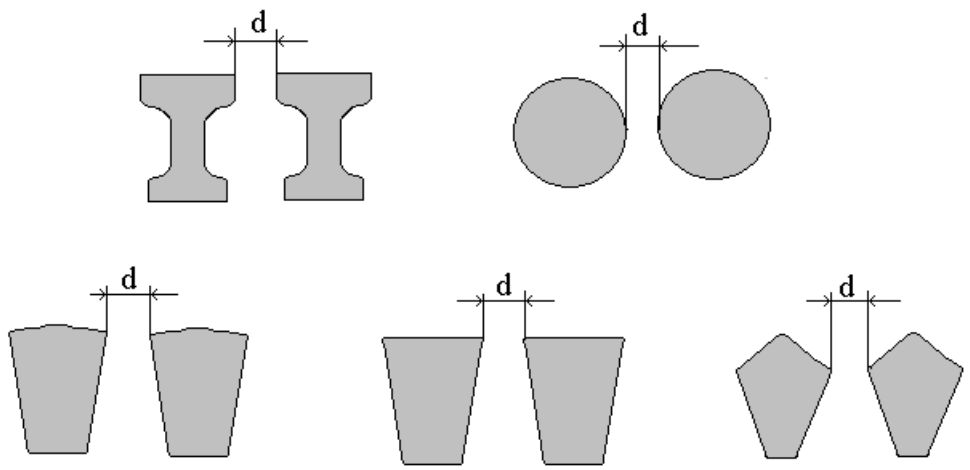
5.1 Triedenie na roštoch

Sú najjednoduchšie a najrozšírenejšie triediče. Pozostávajú z paralelne v určitých vzdialenostiach usporiadaných profilových tyčí-***roštníc***. (Obr.5.2)

Všetky profily sa vyznačujú tým, že širšiu základňu majú hore, takže sa rošty natoľko neupchajú a sú pevnejšie. Rošty sa stavajú s úklonom 35-50^0,aby sa materiál posúval vlastnou tiažou. Rošty nepotrebujú vlastný pohon , sú jednoduchej konštrukcie, avšak ich účinnosť triedenia je len 60-70%. Priemerný výkon roštov je asi 60 t rudy za hodinu na 1m^2 pri vzdialenosti roštníc 25mm.

Na zvýšenie výkonu a odstránenie nedostatkov pevných roštov, používajú sa pohyblivé rošty.U týchto roštov sa roštnice(kruhové tyče) otáčajú okolo svojich pozdĺžných osí a následkom malého úklonu roštu sa pohybuje triedený materiál po povrchu roštu, pričom jemné triedy prepadávajú medzi valčekovými roštnicami.

Oceľové prúty sú voľne upnuté v ráme, v ktorom sa môžu voľne otáčať okolo svojej osi. Ich pohyb zabezpečuje samotný pohyb rámu. Použitie tohto typu je obmedzené upchatím jemnými časťami a otvory spravidla vyhovujú rozmerom osievaných častíc 5-10mm.



Obr.5.2 Profily roštníc

Rošt z tyčí klinovitého profilu je z nehrdzavejúcej ocele zo zbiehavosťou klinu ***od 2 do 1mm a hrúbkou 4mm***. Tieto rošty majú rozsah otvorov na hornej ploche ***1*** a na dolnej ***0,25mm***. Zvyšných 5% roštu je platňa z kovu alebo gumy perforované štvorcovými , alebo kruhovými otvormi.

Čoraz viac sa používa perforovaný povrch ***z polyuretanu*** pretože má výnimočnú odolnosť voči opotrebovaniu. Taký je aj napr. ***duroplast pretkaný polyuretanom*** **a** ***termoplast s lineárnym polyuretanom***. Tieto často majú zapustenú výstuž z jemnej nehrdzavejúcej ocele alebo z pružinovej ocele, čo vytvára pnutie a zabezpečuje potrebnú vnútornú pevnosť.

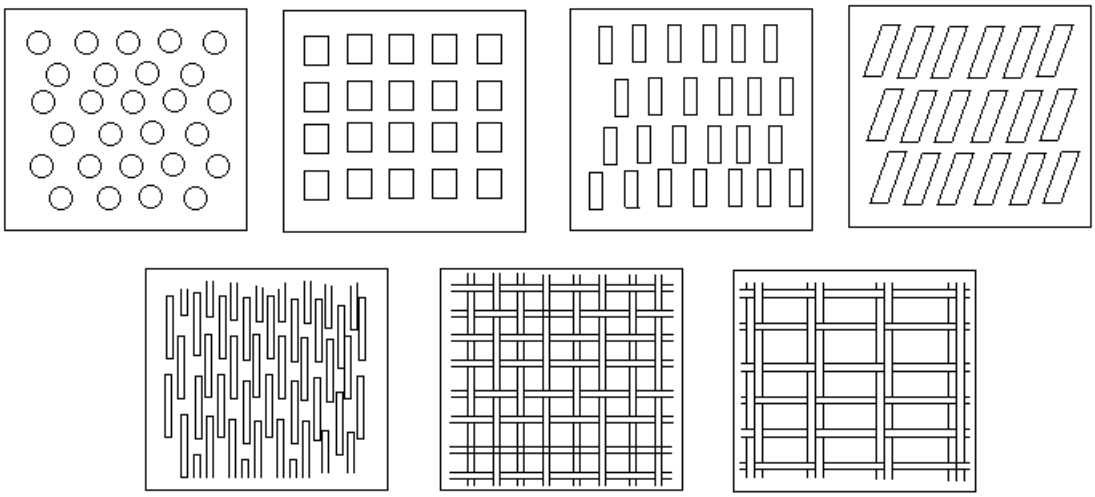
Iný zvyčajne používaný nekovový povrch je tvrdá oteruvzdorná guma. Taký povrch je použitý na širokom rozsahu otvorov od ***300mm nižšie do 20mm***. Avšak všetky nekovové povrchy vykazujú jednu nevýhodu a to percentuálne znižovanie otvorov počas prevádzky v dôsledku čoho ich reálna kapacita otvorov sa zmenšuje.

5.2 Triedenie na osievadlách

Na triedenie rudy jemnej, niekedy aj strednej zrnitoti, používajú sa osievadlá s plochými sitami. Sitová plocha býva z drôteného pletiva,syntetického pletiva, alebo z dierovaného plechu. Sito je upevnené v ráme, ktoré je spojené s pohonným mechanizmom.

Zdanlivo jednoduchý výber sita je často zavádzajúci. Pravda, primárny faktor- požadovaný rozmer otvorov a percento voľného priestoru vo väčšine prípadov možno jednoducho zistiť.

Avšak ani rovnaké rozhodnutia nie sú stanovené jednoducho, vyžadujú sa skúsenosti a úsudok. K tomu treba pridať potrebnú frekvenciu voľby tvaru otvorov a vhodného spôsobu tkania, dierkovania alebo šablóny pri voľbe konštrukčného materiálu osievadla



Obr.5.3 Rôzne druhy dierovaného plechu a pletiva sít

Tieto požiadavky sú však normalizované, čo akceptujú všetci výrobcovia. Katalógy často používaných sít vyrobených z rôzneho textilu, alebo tkaných zo špeciálnych drôtov popisujú údaje o výrobku a záruky, že spĺňajú určité požiadavky prevádzky. Dokonca niektoré patentované špičkové výrobky majú v popise štandardizované dodávky, mieru uniformity a špecifikujú procedúru usporiadania .

Priemyselné sitá sú tkané (štvorcové, alebo pozdlžné dierovanie) alebo perforované plochy (kruhové, štvorcové alebo štrbinové otvory). Tie majú rozdielne národné štandardy, ktoré sa nachádzajú na veku-obale sitového média. Napríklad BS 481(parts 1 and 2), BS 1669, DIN 4192, 24041, 24042, 24043, ASTM E 454.

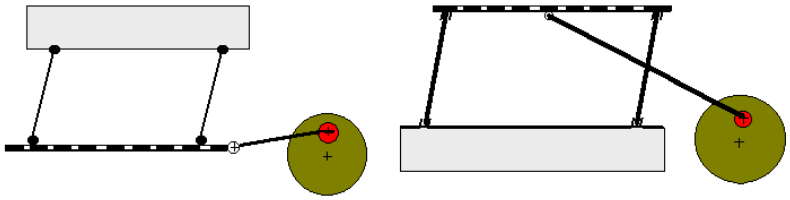
Tkané sitá obyčajne majú povrch zhotovený z uhlíka alebo nehrdzavejúcej ocele sú používané asi na 80% v bežnej prevádzke.

5.3 Konštrukcie osievadiel

Podľa pohonného mechanizmu a konštrukcie, delíme osievadlá na: 1.Nátrasné; 2.Vibračné; 3.Rezonančné; 4.Pásové.

Účelom pohybu osievadiel je posun materiálu po site a natriasanie triedeného materiálu tak, aby sa všetky zrná dostali k ploche sita a menšie mohli prepadnúť otvormi. Pri pohybe je dôležitý smer, či je pohyb len v smere plochy, alebo je aj kolmý na plochu, jeho frekvencia a amplitúda. Tieto parametre sú u jednotlivých druhov osievadiel rôzne.

1.Nátrasné osievadla:Nátrasné osievadlá sa skladajú zo sita upevneného v ráme, ktorý je zavesený alebo uložený na perách a poháňaný od excentra (Obr.5.4).



Obr.5.4 Schéma nátrasných osievadiel

Excenter udeľuje osievadlu 60-400 kmitov za sekundu pri výkyve 15-35mm po priamočiarej, kruhovej, alebo eliptickej dráhe.

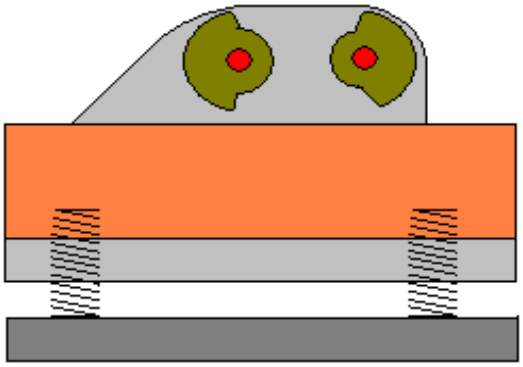
Plocha sita má mierny úklon do 18^0. Na nátrasných osievadlách sa triedi ruda zrnitosti 1 až 100mm, dobré výsledky sa však dosahujú pri zrnitosti do 50mm. Účinnosť nátrasných osievadiel býva okolo 70 až 95%. Niekedy sa tieto osievadlá používajú ako podávače do drvičov, pričom jemná trieda, ktorú netreba drviť sa odtriedi. Výkonnosť nátrasného osievadla na $1m^2$ plochy sita závisí od charakteru materiálu, veľkosti otvoru sita, počtu otáčok a veľkosti výkyvov

2.Vibračné osievadlá: Bývajú najčastejšie jednoplošné, ale môžu mať aj viac sitových plôch nad sebou. Tie sú umiestnené v spoločnom ráme pružne podoprenom alebo zavesenom na oceľových pružinách.

Chvenie vibrátora býva vyvolané u väčšiny konštrukcií rýchlym otáčaním nevyváženej hmoty alebo elektromagnetickým rozkmitaním sita. Počet kmitov býva 250-3000 min^{-1} pri zdvihu 15-30mm. Výkon sít závisí na druhu triedenej suroviny, na ich vlhkosti a výške vrstvy na site, na veľkosti otvorov sita, na jeho konštrukcii a na granulometrickom zložení suroviny.

Podľa princípu pohybu, sa vibračné osievadlá delia : a)nárazové, b)excentrové, c)zotrvačné d)elektrovibračné

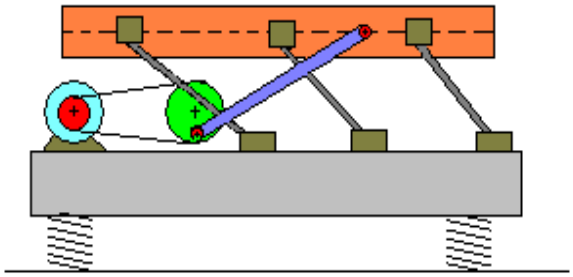
Nárazové osievadlá – pracujú na princípe využitia zotrvačnej sily nevyváženej otáčajúcej sa zotrvačnej hmoty (Obr.5.5). Na ráme osievadla uloženého na pružinách sú



Obr.5.5 Schéma nárazového osievadla

nevyvážené zotrvačníky. Pri otáčaní zotrvačníkov sa sito vplyvom odstredivých zotrvačných síl dostáva do kmitania na perách.

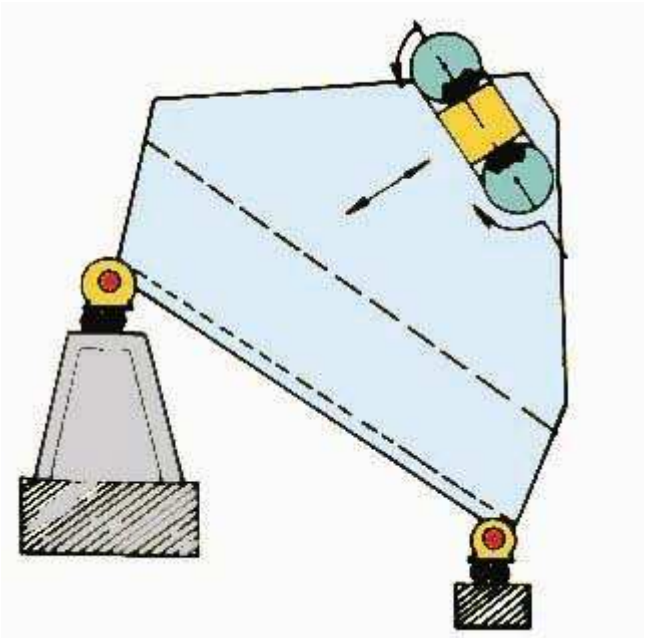
Excentrové osievadlá sú uložené na perách a pohybujú sa pomocou zalomeného hriadeľa s ojnicou (Obr.5.6)



Obr.5.6 Stolicové osievadlo s protibežným mechanizmom

Zotrvačné osievadlá- v súčasnosti sú veľmi rozšírené zotrvačné osievadlá s priamočiarym pohybom tzv.samobalančné osievadlá. Tieto osievadlá majú dva protismerne sa otáčajúce hriadele (Obr.5.7) s nevyváženými zotrvačníkmi.

Vzájomná nadväznosť oboch hriadeľov je zabezpečená samosynchronizáciou. Amplitúda triediča závisí od jeho hmotnosti a od hmotnosti prídavných teliesok na zotrvačníkoch.

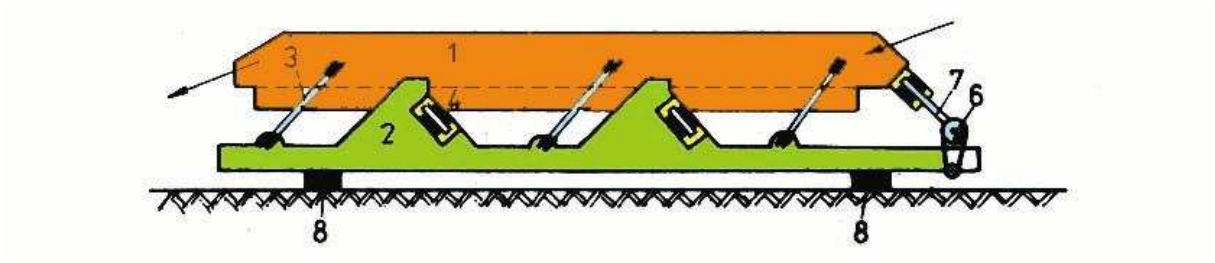


Obr.5.7 Schéma princípu kmitania zotrvačného osievadla

3.Rezonančné osievadlá: Sú také, ktorých kmitajúca sústava sa pohybuje v rytme vlastného kmitočtu. Teda počet otáčok výstredníkového hriadeľa zodpovedá vlastnej frekvencii kmitajúcich hmôt. K udržaniu sústavy v pohybe stačí malá energia. Keby bol triedič poháňaný väčšou energiou ako je energia zodpovedajúca vlastnej frekvencii, mohli by zotrvačné sily nadobudnúť takých veľkých hodnôt, že by sa triedič vážne mechanicky poškodil.

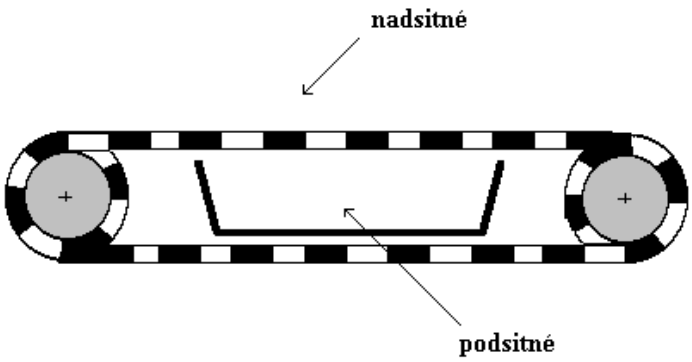
Rám osievadla začne kmitať po dosiahnutí rezonančného kmitočtu. Obyčajne sa osievadlo konštruuje tak, že na vyváženie hmôt sa použije ešte jedno sito, ktoré však kmitá s fázovým posunom 180°.

Sitá sú spojené pružnými spojkami . Počet otáčok rezonančných osievadiel býva 380-650 min^{-1}. Výkonnosť 30-400t/hod.



Obr.5.8 Schéma rezonančného osievadla

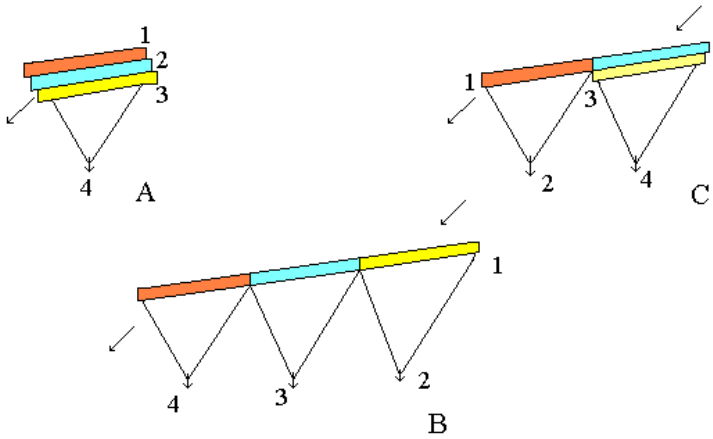
Pásové osievadlo- tvorí nekonečný pás s plochou z drôteného pletiva. Triediacou plochou je horná vetva sitovej plochy medzi bubnami, pod ktorou je žľab na odvádzanie podsitného podielu. Pásové osievadlo sa používa na triedenie aj mokrých subtrátov. Jeho účinnosť je malá pri vysokoj spotrebe vody a má pomerne vysokú amortizáciu.



Obr.5.9 Shéma pásového osievadla

5.3.1 Zoraďovanie viacplošných osievadiel

Podľa poradia v akom získavame jednotlivé veľkostné triedy, teda aj podľa poradia sít, podľa veľkosti otvorov, poznáme tri spôsoby triedenia:



Obr.5.10 Zoraďovanie viacplošných osievadiel

A-triedenie od hrubého k jemnému zrnu
B-triedenie od jemného k hrubému zrnu
C-triedenie kombinované

A-Pri triedení od hrubého k jemnému zrnu sú sitá usporiadané pod sebou. Materiál sa privádza na horné sito, ktoré má najväčšie otvory. Každé ďaľšie sito má jemnejšiu okatosť, potom na jemnejších sitách je stále menšie množstvo materiálu, účinnosť triedenia je dobrá. Takéto zoradenie sa vyznačuje malou plošnou rozlohou a väčšou výškou. Nedostatkom je horšia kontrola stavu spodných sít.

B-Pri triedení od jemného k hrubému zrnu sú sitá usporiadané za sebou a prvé sito má najmenšie otvory a každé ďaľšie vždy väčšie. Toto usporiadanie má menšiu účinnosť, pretože na najjemnejšom site je všetok materiál a až postupne sa zmenšuje, ale má rad predností. Je jednoduchšia údržba, kontrola a možno pohodlne odvádzať jednotlivé produkty triedenia do zásobníkov.

C-Kombinovaný spôsob triedenia má čiastočne odstrániť nevýhody oboch zariadení. Každý zo spôsobov triedenia môže prebiehať na suchej alebo mokrej ceste. Pri mokrom triedení sa materiál sprchuje silným prúdom vody, ktorý splachuje hlinité čiastočky.

5.3.2 Sitová analýza

Je analytická metóda na stanovenie granulometrického zloženia jemnozrnných kryštalických látok. Pomocou sitových analýz sa určuje zrnitosť východzej rudy a produktov drvenia, mletia a rozdružovania.

Aby granulometrické zloženie poskytlo objektívnu informáciu je nevyhnutné vychádzať zo správne odobratej vzorky, ktorá má reprezentovať skúmaný materiál. Analýza sa uskutočňuje na sérii laboratórnych sít, kontroluje sa ňou práca drviacich a mlecích zariadení a tiež technologický proces rozdružovania tak, že sa zistí zrnitosť východzej rudy a produktov.

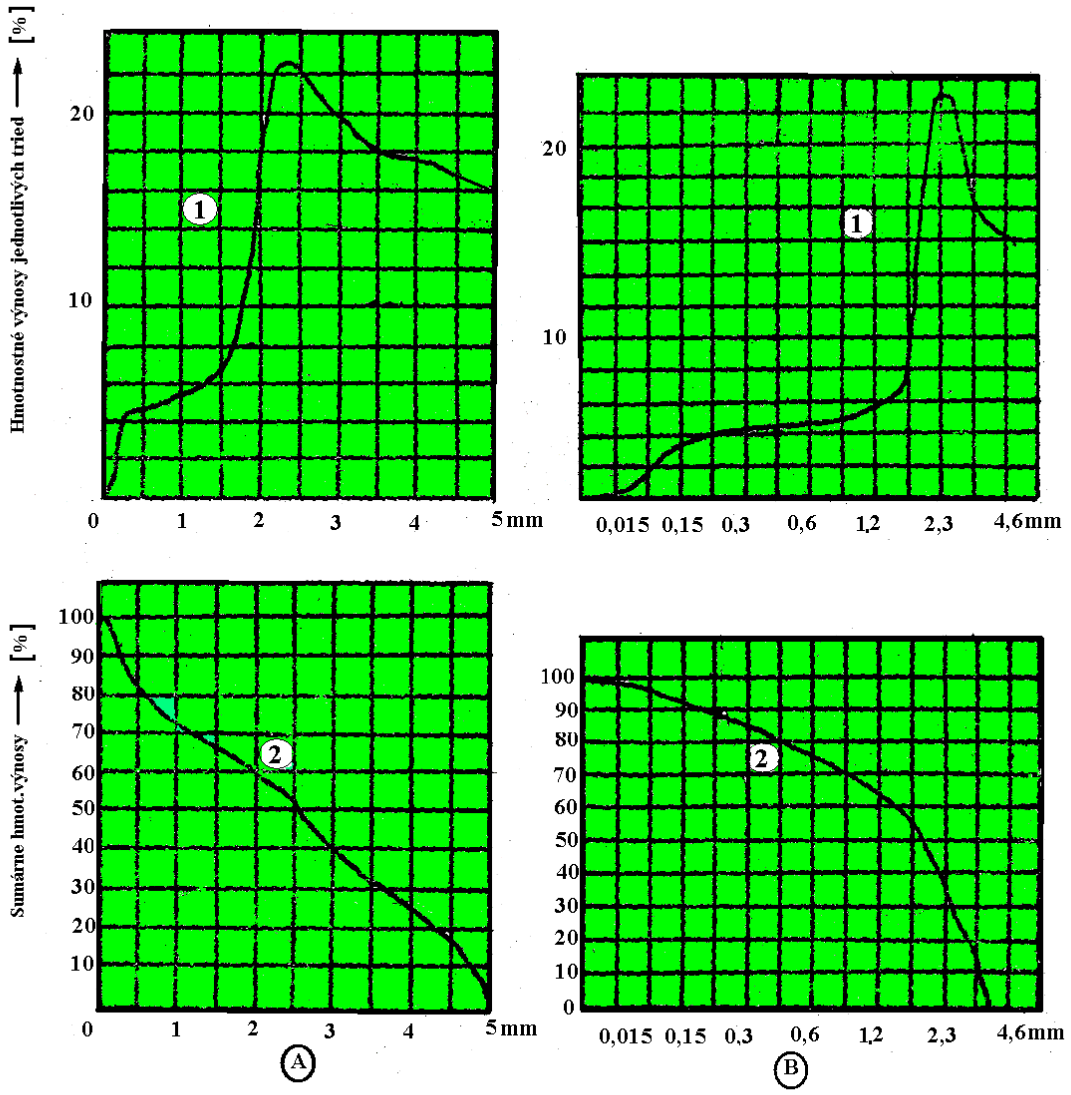
Laboratórne sitá sú väčšinou okrúhle valce s dnom zo sitového pletiva. Veľkosť sita býva udaná v ***mm*** . Pomer rozmeru otvorov k rozmeru otvorov ďalšieho sita je veličinou stálou a nazýva sa **súčiniteľom sitovej stupnice**. Najčastejšie býva:

$$n = \sqrt[2]{2} = 1{,}414 \qquad n = \sqrt[4]{2} = 1{,}189 \qquad n = \sqrt[10]{10} = 1{,}060$$

Pre sitové analýzy berie sa štandardná sada sít podľa STN. Navážka priemernej vzorky o hmotnosti 100-250g sa nasype na horné najhrubšie sito. Celá sada sa potom natriasa frekvenciou 15-20min^{-1} na natriasacom zariadení.

Materiál , ktorý ostane na každom site sa zváži a určí sa percentuálny hmotnostný výnos každej triedy, pričom materiál,ktorý ostal na site sa označí znamienkom (+) a materiál, ktorý prepadne cez sito znamienkom (-). Výsledky analýz sa zostavujú do tabuľky a znázorňujú graficky.

Na horizontálnu os sa nanášajú rozmery zŕn alebo veľkosti otvorov sita a na zvislú os percentuálne hmotnostné výnosy. Krivka (**1**) znázorňuje hmotnostné výnosy jednotlivých tried a krivka (**2**) sumárne hmotnostné výnosy všetkých tried po túto veľkosť.



Obr.5.11 Diagramy sitovej analýzy; A-lineárna mierka; B-logaritmická mierka

Priebeh kriviek charakterizujú buď rovnomernosť zrnenia, alebo ktorá zrnitosť prevláda. Ak je priebeh krivky blízky priamke, materiál je rovnomerne zrnitý. Vypuklá krivka ukazuje, že v produkte prevládajú hrubé triedy, ak je krivká ohnutá prevládajú jemné triedy. Je výhodné na horizontálnu os naniesť logaritmickú mierku, čím sa oblasť jemných tried ktorých je najviac rozšíri a diagram je priehľadnejší.

Sitová analýza produktu drvenia **Tab.5.1**

Trieda (mm)	Hmotnostný výnos triedy (%)	Sumárny hmotnostný.výnos triedy(%)
+3,30	16,1	16,1
3,30- 2,30	18,2	34,3
2,30- 1,65	22,4	56,7
1,65- 1,20	8,1	64,8
1,20- 0,85	5,4	70,2
0,85- 0,60	5,1	75,3
0,60- 0,42	4,6	79,9
0,42- 0,30	4,5	84,4
0,30- 0,21	4,3	88,7
0,21- 0,15	4,1	92,8
0,15- 0,10	3,3	96,1
0,10-0,07	2,5	98,6
-0,07	1,4	100,0

5.4 Hydraulické triedenie

Hydraulické triedenie je rozdelenie zmesi minerálnych zŕn na triedy s rovnakými vlastnosťami pádu vo vode. Zrná sa triedenia podľa súpadnosti. V súpadných triedach sú zrná rôznej veľkosti a rôznej hustoty ale s rovnakou rýchlosťou padania vo vode.

Pri hydraulickom triedení na rozdiel od suchého triedenia okrem veľkosti zrna rozhoduje teda jeho hustota. Súpadná trieda pri hydraulickom triedení bude obsahovať hrubé zrná ľahkého minerálu a jemné zrná ťažkého minerálu. Aby mohlo prebiehať úspešné triedenie nemajú byť veľké rozdiely v hustotách zmesi zŕn.

Od triedenia sa odlišuje rozdružovanie podľa súpadnosti tým, že sa tu rozdeľujú zrná podľa hustôt a vylučuje sa vlyv veľkosti zŕn tým, že sa materiál predtriedi.

Zákony padania telies vo vodnom prostredí sú dôležité tak pre hydraulické triedenie, ako pre gravitačné rozdružovanie.

5.4.1 Zákony pádu zŕn v tekutom prostredí

Teleso padá v určitom prostredí pomalšie ako vo vákuu, pretože proti pádu pôsobí dynamický odpor prostredia a trenie.

a) Pre jemné zrná od 0,15mm do 0,015mm je rozhodujúce trenie a zanedbávame hydrodynamický odpor
b) Pre zrná od 0,15mm do 1,5mm sa uvažuje s hydrodynamickom odpore aj s trením
c) U zŕn nad 1,5mm sa uvažuje len hydrodynamický odpor prostredia

Na teliesko guľovitého tvaru o priemere d > 1,5 mm pôsobí tiažová sila $G = \frac{\pi d^3}{6}\rho.g$; proti tiažovej sile pôsobí (podľa Archimeda) vztlaková sila $F_{vz} = \frac{\pi d^3}{6}\rho_0 g$, kde ρ *-je hustota materiálu telieska* ρ_0 *-je hustota vody* . Proti pádu pôsobí aj hydrodynamický odpor, ktorý je úmerný štvorcu rýchlosti pohybu(pádu). $R = \frac{1}{3}\frac{\pi d^2}{4}v^2\rho_0$ Pre výslednicu síl G,F_{vz},R platí rovnica:

$$F=G-F_{vz}-R \tag{5.8}$$

Z rovnováhy síl po dosadení do (4.8) dostaneme:

$$m.\frac{dv}{dt} = \frac{\pi d^3}{6}\rho g - \frac{\pi d^3}{6}.\rho_0 g - \frac{1}{3}\frac{\pi d^2}{4}v^2\rho_0 \tag{5.9}$$

kde $\frac{1}{6}\pi d^3$ -je objem padajúceho zrna (guľky)

$\frac{1}{6}\pi d^3\rho$ je hmotnosť guľky

$\frac{1}{3}\frac{\pi d^2}{4}$ -je plošný prierez padajúceho zrna(guľky

Delením rovnice (5.9) hmotnosťou $m=\frac{1}{6}\pi d^3\rho$ a úpravou dostaneme

$$\frac{dv}{dt} = g - \frac{\rho_0}{\rho}g - \frac{1}{2}\frac{v^2\rho_0}{\rho d}$$

$$\frac{dv}{dt} = g\left(1-\frac{\rho_0}{\rho}\right) - \frac{1}{2}\frac{v^2\rho_0}{\rho d} \tag{5.10}$$

$$\frac{dv}{dt} = g_0 - g_1 \tag{5.11}$$

Vzťah (5.12) vyjadruje výsledné zrýchlenie pádu ako rozdiel dvoch zrýchlení, t.j. gravitačného zrýchlenia a zrýchlenia g_1 v prostredí o hustote ρ_0.

Zrýchlenie g_0 je konštantné a g_1 má vzrastajúci kvadratický priebeh, následkom čoho po určitom čase dochádza k stavu keď $g_0 = g_1$. Vtedy je pád zrna rovnomerný t.j. v=konšt. Túto rýchlosť nazývame **konečnou rýchlosťou padania** a označujeme ju $\boldsymbol{v_0}$

Ak $v = konšt.$ potom $\frac{dv}{dt} = 0$ a z rovnicu (5.10) môžeme upraviť nasledovne:

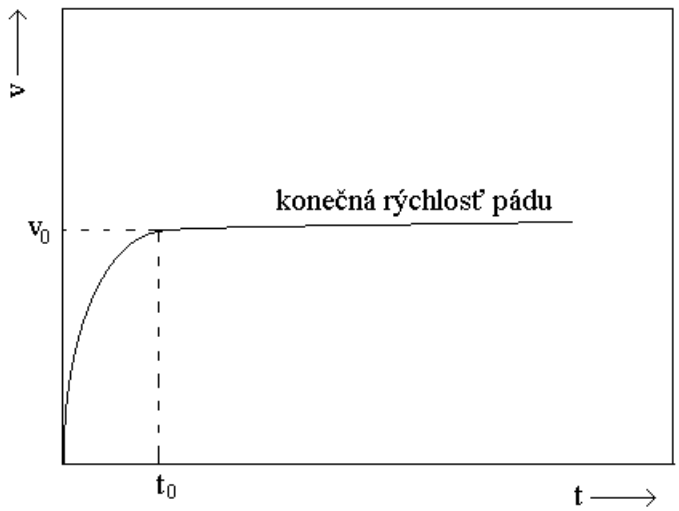
$$g\left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) = \frac{1}{2}\frac{v_0^2 \rho_0}{d\rho}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{2gd(\rho - \rho_0)}{\rho_0}} \tag{5.12}$$

Ak označíme $\sqrt{2g} = k$, resp.pre vodné prostredie , kde uvažujeme $\rho_0 = 1kg.dm^{-3}$ vzťah (5.12) bude v tvare:

$$v_0 = k\ \sqrt{d.(\rho - 1)} \tag{5.13}$$

Vzťah (5.13) platí pre zrná, kde sme uvažovali o tvaru gule pri $d \rangle 1{,}5mm$. V praxi má zrno rôzny tvar a v plyv tvaru sa zahrňuje do konšt. ***k***, ktorý sa určuje empiricky.
Pád zrna graficky znázorňuje (Obr.5.12). Z obrázka je zrejmé, že v prvej fáze zrno padá zrýchleným pohybom a po prekročení hodnoty konečnej rýchlosti pádu v_0 sa rýchlosť pádu nemení.



Obr.5.12 Konečná rýchlosť pádu zrna veľkosti d>1,5mm

a)Pri páde veľmi jemných zŕn 0,15-0,015mm je rýchlosť veľmi malá. Hydrodynamický odpor možno zanedbať, ale treba uvažovať s odporom prostredia. Pre zrná rozmeru 0,15-0,015mm možno podobným postupom odvodiť vzťah pre konečnú rýchlosť:

$$v_0 = k.d^2 \frac{\rho - \rho_0}{\eta} \qquad \text{a vo vode} \qquad v_0 = kd^2(\rho - 1) \tag{5.14}$$

kde η je absolútny súčiniteľ viskozity (vo vode ρ =1 η=0,01)

b) Pre zrná od 1,5-0,15mm treba uvažovať aj s hydrodynamickým odporom a s trením. Pre zrná rozmeru 0,15-1,5mm rýchlosť pádu je:

$$v_0 = kd.\sqrt[3]{\frac{(\rho - \rho_0)^2}{\eta \rho_0}} \qquad \text{a vo vode} \qquad v_0 = k.d.\sqrt[3]{(\rho - 1)^2} \tag{5.15}$$

V praxi obyčajne pracujeme vo vodnom prostredí a vedľajšie faktory vplývajúce na pád zrna sú zahrnuté v koeficientoch $\boldsymbol{k_N}$ $\boldsymbol{k_A}$ $\boldsymbol{k_S}$. Konečné rýchlosti sú zhrnuté v tabuľke

Tab.5.2

Zrná 15 – 1,5mm	$v_0 = k_N \sqrt{d(\rho - 1)}$
Zrná 1,5 – 0,15mm	$v_0 = k_A d \sqrt[3]{(\rho - 1)^2}$
Zrná 0,15 – 0,015mm	$v_0 = k_S d^2(\rho - 1)$

Ak predpokladáne, že hustota zŕn je rovnaká, bude ich konečná rýchlosť závisieť od priemeru.Vo všetkých troch vzťahoch v tabuľke má „*d*“ iný exponent, ktorý rastie od ½ do 2. Pre zrná 15-1,5mm je exponent ½ ; pre zrná 1,5- 0,15mm exponent je 1 a pre najjemnejšie zrná 0,15-0,015 exponent je 2.

Ak vo vodnom prostredí padajú zrná o rôznom priemere a rôznej mernej hmotnosti, budú padať väčšie zrná ľahšieho materiálu rovnakou rýchlosťou ako menšie zrná ťažšieho materiálu. Minerálne zrná, ktoré majú rôzny priemer a rôznu mernú hmotnosť, ale padajú rovnakou konečnou rýchlosťou sa **nazývajú súpadné**.

Príklad: Zrno kremeňa o priemere d=10mm ρ=2,6 g.cm^{-3} bude padať vo vode konečnou rýchlosťou

$$v_{SiO_2} = k\sqrt{d(\rho - 1)} = 29\sqrt{1(2{,}6 - 1)} = 37 cm.s^{-1}$$

Rovnakou rýchlosťou bude padať zrniečko galenitu

$$v_{PbS} = k\sqrt{d(\rho - 1)} = 33\sqrt{d(7{,}5 - 1))} = 37 cm.s^{-1}$$

Pretože konečné rýchlosti pádu sú rovnaké, môžeme urobiť rovnosť oboch výrazov z ktorých vyplýva,že

$$d = \frac{37^2}{33^2(7{,}5-1)} = 0{,}2cm$$

Zrnko kremeňa priemeru 10mm bude súpadné so zrnkom galenitu o priemere 2mm. Pomer priemerov dvoch súpadných zŕn sa nazýva **koeficient súpadnosti e.** Pre uvedený prípad:

$$e = \frac{d_1}{d_2} = \frac{10}{2} = 5$$

Koeficient súpadnosti si môžeme vypočítať na základe rovnosti konečných rýchlostí pádu, ktoré sme pre jednotlivé veľkosti uviedli. Pre zrno väčšie ako 1,5mm je výpočet nasledovný:

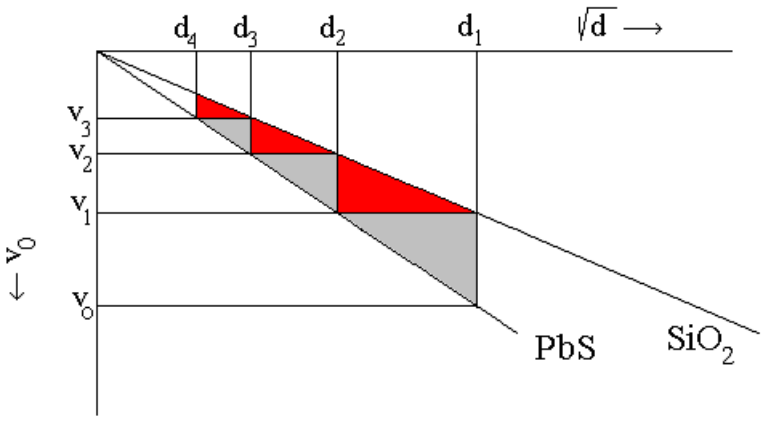
$$v_1 = k_1\sqrt{d_1(\rho_1 - 1)} \qquad v_2 = k_2\sqrt{d_2(\rho_2 - 1)}$$

$$v_1 = v_2 \qquad \Rightarrow \qquad k_1\sqrt{d_1(\rho_1 - 1)} = k_2\sqrt{d_2(\rho_2 - 1)}$$

$$e = \frac{d_1}{d_2} = \left(\frac{k_2}{k_1}\right)^2 \frac{\rho_2 - 1}{\rho_1 - 1} \tag{5.16}$$

Ak prostredím nie je voda, potom namiesto hustoty vody sa dosadzuje hustota príslušného prostredia. Pre zrná menších ako 1,5mm sa počíta s konečnou rýchlosťou pádu podľa vzťahov v tabuľke Tab.5.2

Koeficienty súpadnosti pre zrná $d \rangle 1{,}5$ môžeme určiť z Czeczottovho diagramu



Obr.5.13 Czeczottov diagram pre SiO_2 a PbS

V rovnici $v_0 = k\sqrt{d.(\rho - 1)}$ môžeme označiť konštantu $k\sqrt{(\rho - 1)} = A$ a dostaneme tvar

$$v_0 = A\sqrt{d} \tag{5.17}$$

Rovnica (5.17) pre A=konšt je rovnicou priamky, ktorej smernica $A=tg\alpha$. Ak pri experimentálnych meranich , na horizontálnu os nanášame hodnoty odmocnín priemerov zŕn $\sqrt{d}$ a na zvislú os rýchlosť pádu v_0, dostaneme obraz lineárnej závislosti, z ktorej vieme odčítať hodnotu $A = tg\alpha = k\sqrt{(\rho - 1)}$ a jej sklon bude závisieť od hustoty minerálu. Z grafu, ktorý má názov podľa svojho autora je zrejmé, že minerály s väčšou hustotou majú uhol sklonu väčší, minerály s menšou hustotou uhol sklonu menší.

Horeuvedené vzťahy pre konečnú rýchlosť platia pre pád zrna v neohraničenom tekutom prostredí.

V praxi padajú zrná v stiesnených podmienkach. Navzájom sa ovplyvňujú a odpor prostredia sa tiež mení podľa množstva padajúcich zŕn. Hovoríme o stiesnenom páde pre ktorý experimentálne bol odvodený vzťah

$$v_{st} = v_o\sqrt{\Theta^n} \tag{5.18}$$

kde v_{st}- je rýchlosť stiesneného pádu
v_o-je konečná rýchlosť pádu jednej častice
Θ-je súčiniteľ rozptýlenia zŕn v prostredí
n-exponent, ktorý má obyčajne hodnotu 6

Súčinititeľ rozptýlenia sa určí zo vzorca

$$\Theta = \frac{\rho - \rho_n}{\rho} \tag{5.19}$$

kde ρ -je hustota minerálu
ρ_n -je násypná hustota minerálu

5.4.2 Hydraulické triediče

Pri hydraulickej klasifikácii delia sa zrná vo vodnom prostredí na triedy podľa ich rýchlosti pádu. Proces prebieha v hydraulických triedičoch, kde voda prúdi horizontálne,alebo vzostupne takou rýchlosťou, aby vynášala zrná určitých rozmerov.

Väčšie zrná, ktorých rýchlosť padania je väčšia ako rýchlosť vodného prúdu klesajú na dno odkiaľ sa odoberajú.

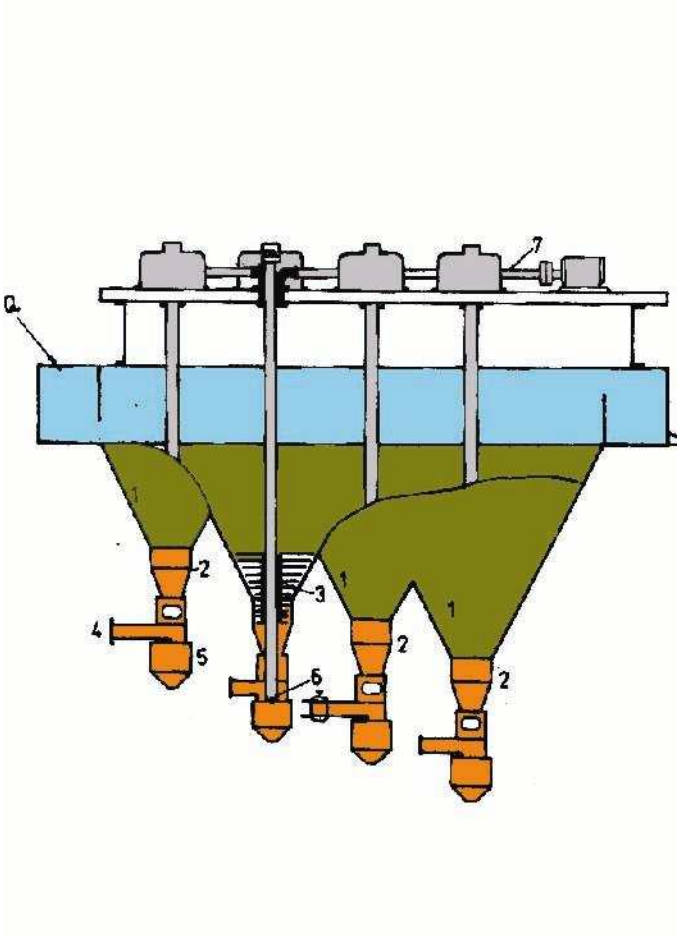
Podľa spôsobu práce možno hyraulické triediče rozdeliť na štyri skupiny:

1.Hydraulické protiprúdové triediče – roztriedia rmut na viac ako dve súpadné triedy. Majú tri až šesť ihlanovitých komôr s postupne zmenšujúcou sa vzostupnou rýchlosťou protiprúdu vody.

2.Mechanické triediče- roztriedia rmut na jemný produkt a piesky; používajú sa pri mletí v uzavretom cykle.

3.Kužeľové hydraulické triediče – triedia rmut na kaly a piesky; používajú sa na odkaľovanie.

4.Odstredivé hydraulické triediče (hydrocyklóny) – na rozdiel od predchádzajúcich troch skupín delia materiál na základe rozličných rýchlostí spôsobených odstredivou silou a nie gravitačnou silou; uplatňujú sa pri mletí v uzavretom cykle aj pri odkaľovaní pieskov



Obr.5.14 Protiprúdový triedič s tiesneným padaním

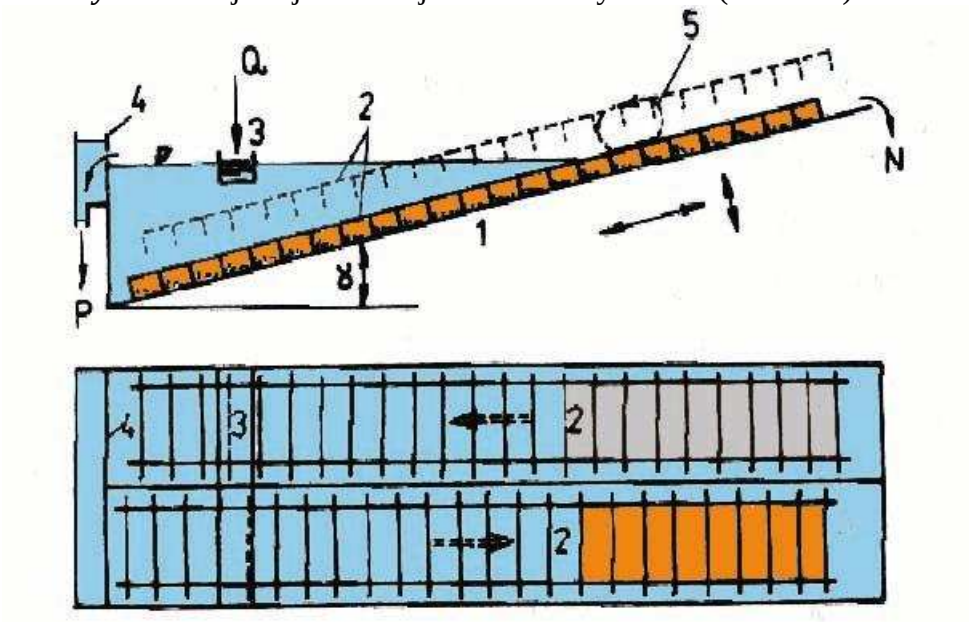
Protiprúdový triedič na (Obr.5.14) patrí do **1.**skupiny hydraulických triedičov, má štyri ihlanovité komory (1), ktoré sa postupne smerom k vyústeniu zväčšujú. Spodok každej komory sa skladá z viacdielnej valcovitej časti (2).

V prvej časti (3) sa rmut rozmiešava radiálnymi ramenami miešadla. Druhá časť má sklenený priezor, aby sa dalo ľahko pozorovať a regulovať triedenie. Do spodnej časti (4) sa privádza voda. Pod týmto valcom je nádržka (5), ktorou sa odvádza cez periodicky sa otvárajúci otvor sedimentujúci materiál.

Otvor je ovládaný poľguľovitým uzavieracím ventilom, ktorý je umiestnený na spodku tyče (6). Tyč prechádza dutým valcom. Otáčanie dutého valca s miešadlom je vyvolané otáčaním spoločného horizontálneho hriadeľa (7) cez kužeľové prevody. Výkon triediča je 15 až 25t tuhých látok za hodinu. Triedič s tiesnenýým padaním sa obyčajne predraďuje pred splavy.

Do **2.**skupiny mechanických hydraulických triedičov patria hrabľové, skrutkové, škrabákové triediče a misové hydroseparátory, ktoré sú charakteristické tým, že majú pohyblivý mechanizmus, ktorý stále premiešava rmut, čím sa zabraňuje sedimentácii jemných zrniečok, ktoré odtekajú prepadom, takže z nich získane piesky sú čisté, bez kalu.

Hrabľový triedič – je najrozšírenejší mechanický triedič. (Obr.5.15). Podstatnou



Obr.5.15 Schéma hrabľového triediča

časťou hrablového triediča je nahnutý žľab (1) z ocele alebo betónu, v ktorom sa pohybujú hrable (2). Rmut sa privádza do priečneho žliabku (3), z ktorého prepadáva do triediča. Hrubšie rudné zrná z rmutu klesajú na dno triediča a jemné zrná unáša pretekajúca voda cez prednú prepadovú stenu triediča (4).

Hrubé zrná, ktoré klesli na dno žľabového triediča, sa postupne z dna vyhrabávajú, lebo ich zachytia priehriadky hrablí (2), ktoré sa pohybujú po dne smerom hore, potom sa nadvihnú odo dna, vracajú sa po krivkovej dráhe dolu, znovu klesnú na dno a po dne sa pohybuje hore atď.(krivka 5).

Na prácu hrabľových triedičov má vplyv veľa faktorov: Od úklonu žľabu závisí veľkosť usadzovacej plochy teda aj rýchlosť sedimentácie. Pri veľkom úklone dostávajú sa do popredia aj hrubšie zrná a v pieskoch triediča bude málo jemných zŕn.

Sklon žľabu je 10-15^0. Pri zväčšovaní množstva privádzaného rmutu zväčší sa aj podiel hrubších zŕn v prepade. Hustota rmutu vplýva na zrnitosť prepadu a možno ju meniť zmenou množstva privádzanej vody.

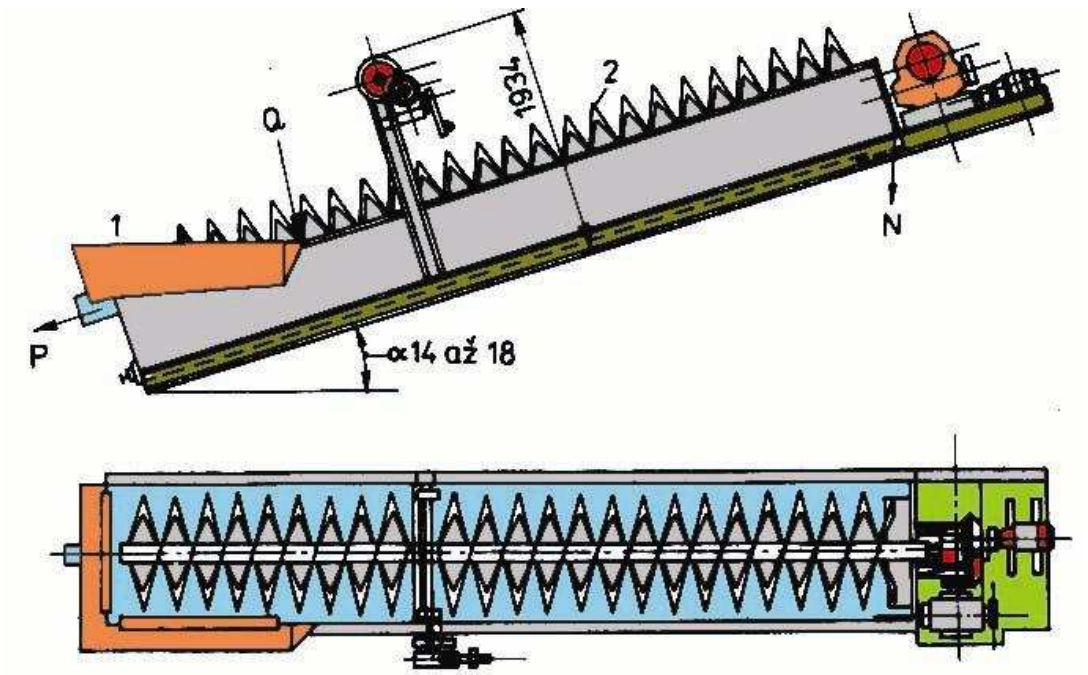
Počet chodov hrablí býva 12 až 30 za minutu. Ak má byť prepad veľmi jemný, počet chodov je malý, zmenší sa tým premiešavanie rmutu, súčasne však piesky obsahujú viac jemných zŕn. Výkon hrabľového triediča býva 15-20 t pieskov za hodinu na 1m šírky žľabu pri zrnitosti prepadu 150μm.

Hrablové triediče sa konštruujú s jedným, dvoma, troma až štyrmi hrabľami. Pri dvojhrabľovom triediči je pohyb hrablí vzájomne fázovo posunutý o 180°.

Skrutkové triediče –sa používajú často v rudných upravniach. Usadené piesky zo dna žľabu vyhŕňa skrutka, ktorá sa otáča rýchlosťou 4-20 otáčok za minutu. Sklon žľabu je 15-20^0.

Skrutkové triediče sa konštruujú v dvojakom prevedení : a) s čiastočne ponorenou skrutkou b) s úplne ponorenou skrutkou.

U prvého typu sa skrutka nachádza nad hladinou rtute a prepadová stena siaha pod hriadeľ skrutky. U druhého typu triediča dolný koniec skrutky je ponorený v rmute a horná zóna usadzovania je v kľude, takže sa dosahuje veľmi jemný prepad.



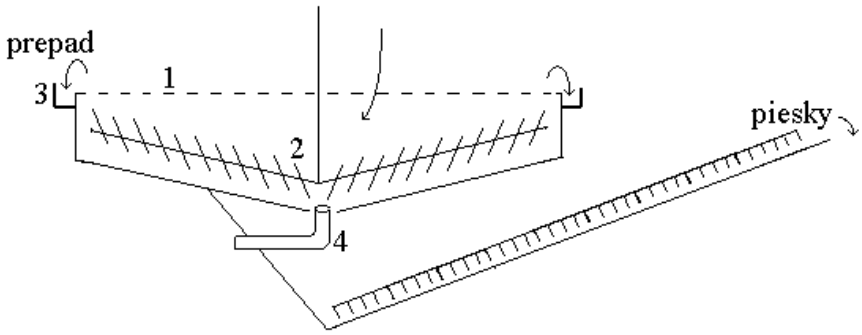
Obr.5.16 Skrutkový triedič

Skrutkové triediče sa vyrábajú s jednou, alebo dvomi skrutkami. Obsluha je veľmi jednoduchá, spotreba energie je malá a pohybuje sa od 1,4 do 2,3 kWh na 1000 ton pieskov. Výkon skrutkového triediča o priemere skrutky 900mm pri 6 otáčok za minutu vyjadrený prepadom zrnitosti 0,075mm, je 6,7 ton za hodinu, pri zrnitosti prepadu 0,15mm je výkon 14,5 ton za hodinu.

Misový (kombinovaný) triedič je kombináciou hrabľového triediča a misového zahusťovača (Obr.5.17). Rmut sa privádza do okruhlej misy (1) , v ktorej sa otáčajú ramená (2) a zhrňujú usadené piesky do stredu kužeľa, kde odpadom prepadávajú do hrabľového triediča.

Jemné zrná prepadávajú s vodou cez okraj nádrže do obvodového žľabu (3). Piesky, ktoré prepadli do hrabľového triediča sa tu premývajú vodou, ktorá prúdi z hrabľového triediča späť do misy otvorom (4) a vynáša drobné zrnká , ktoré tiež prepadnú do obvodového žľabu.

Do otvoru (4) ústi tryska so stlačeným vzduchom, ktorý unáša vodu z hrabľového triediča do misy. Misový triedič sa používa vtedy,ak sa vyžaduje veľmi jemný prepad. Počet otáčok ramien je 0,5 – 12 ot/min, pri priemere nádrže 1,2 až 8,5 m. Výkon závisí od sedimentačnej plochy a od žiadanej jemnosti prepadu.



Obr.5.17 Schéma misového-kombinovaného triediča

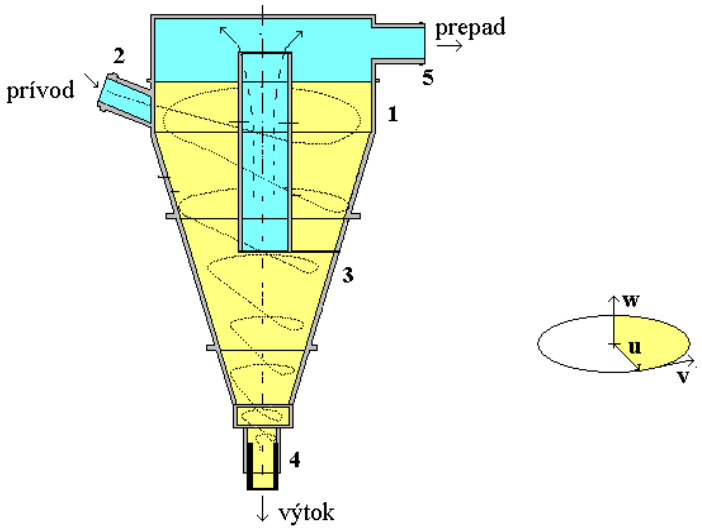
5.4.3 Hydrocyklóny

Cyklóny a hydrocyklóny sú používané v rôznych technológiach, napr. pri čistení plynov, spaľovaní, rozdeľovaní prachových častíc. Používajú sa tiež na separáciu pevných častíc od kvapaliny. Základným princípom, ktorý sa využíva pri separácii v cyklóne je odstredivá sedimentácia, t.j. suspendované častice sú podrobené odstedivému zrýchleniu a tak dochádza k ich oddeleniu od kvapaliny. Na rozdiel od odstrediviek, v cyklónoch nie sú pohyblivé časti a potrebný vírivý pohyb sa vytvára tekutinou samou.

V rudnej úprave sa využíva hydrocyklón na triedenie, rozdružovanie a zahusťovanie. Podľa toho rozdeľujeme hydrocyklóny na: **a) triediace; b) rozdružovacie; c)zahusťovacie**

Hydrocyklón sa skladá z valcovitej časti (1)**,** do ktorej tangenciálne s miernym sklonom ústi vstupná rúra (2). Valcovitá časť prechádza v kužeľovitú časť (3)**,** vo vrchole ktorej je výtokový otvor (5).

Rmut, alebo suspenzia sa pod tlakom 0,05 – 0,3 MPa sa privádza tangenciálne s miernym sklonom vstupnou rúrou do valcovitej časti, kde vzniká silný točivý pohyb-vírenie ktoré prechádza do kužeľovitej časti. Rýchlosť vírenia rmutu vo valcovitej časti závisí od veľkosti vstupného tlaku.



Obr.5.18 Schéma hydrocyklónu

V kužeľovitej časti dochádza následkom zúženia priestoru k radiálnemu prúdeniu dovnútra. V osi hydrocyklónu vzniká vzduchový stĺpec valcového tvaru, v ktorom je podtlak. Rmut v blízkosti vzduchového stlpca víri opačne-zdola nahor a jemná frakcia vychádza z cyklónu cez prepad. Zvyšná kvapalina a hrubšie častice materiálu odchádzajú cez výtok v kónickej časti cyklónu.

Priebeh rýchlosti prietoku kvapaliny v hydrocyklóne. Tok v hydrocyklóne je valcovo symetrický, okrem miest blízkych vstupu suspenzie do cyklónu. Rýchlosť toku v ktoromkoľvek bode v cyklóne môže sa rozdeliť na tri zložky (Obr.5.18):

a) tangenciálna rýchlosť v
b) radiálna rýchlosť u
c) vertikálna alebo axiálna rýchlosť w

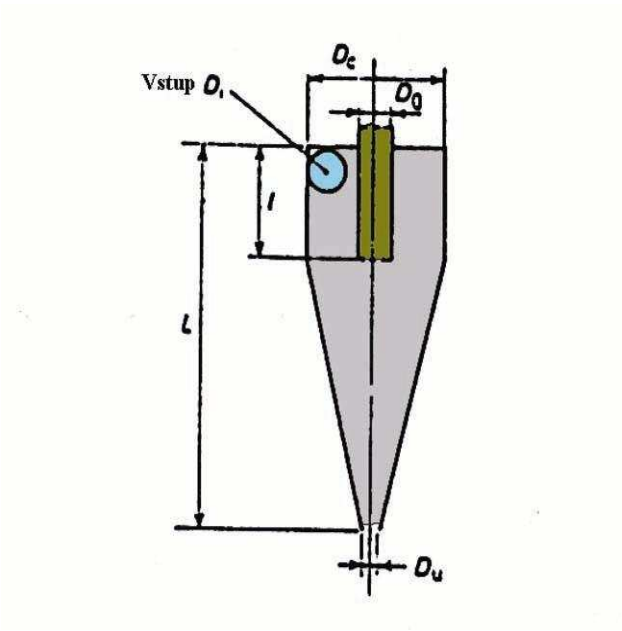
Na základe experimentálnych pozorovaní boli získané hodnoty rýchlosti podľa (Obr.5.20); (Obr.5.21); (Obr.5.22).

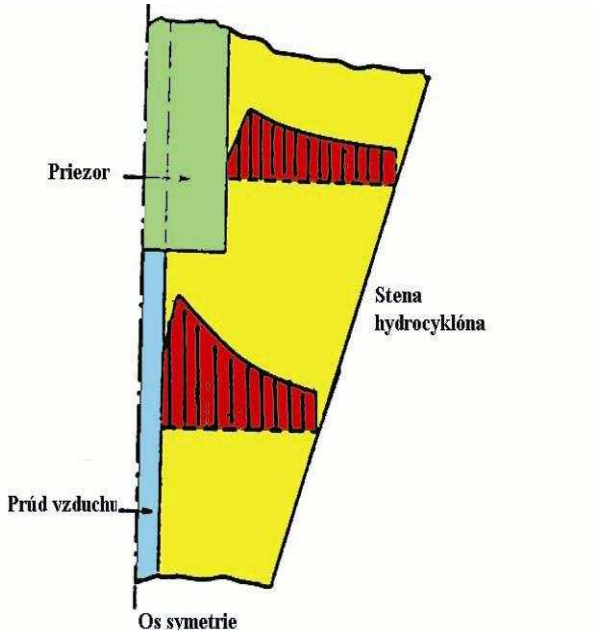
a)***Tangenciálna rýchlosť*** v miestach pod úrovňou spodného konca výstupnej trubice (prepadu) značne stúpa s klesajúcim polomerom až do polohy, v ktorej je polomer kónickej časti menší ako polomer výstupnej trubice (Obr.5.20).

$$vr^n = \text{konštanta (kde } n \text{ je spravidla } 0{,}6 - 0{,}9)$$

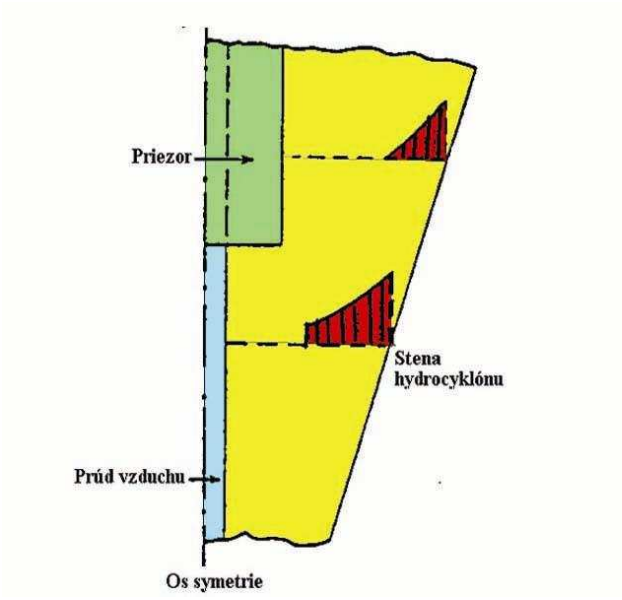
Ak polomer ďalej klesá, tangenciálna rýchlosť klesá a je úmerná polomeru r. Tento vzťah platí po dosiahnutie valcovitého stĺpca vzduchu, ktorý je v hydrocyklóne a vyprázdňuje sa pri atmosferickom tlaku.

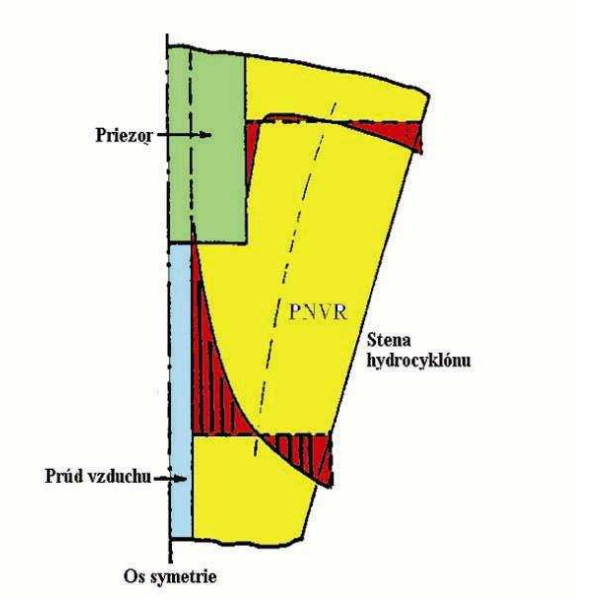
b)***Radiálna rýchlosť*.** Zložka rýchlosti, ktorú nazývame radiálna je najmenšia. Smeruje do centra cyklónu, klesá s klesajúcim polomerom a poloha jej nulovej hodnoty nie je známa. Treba poznamenať, že uvedené rozdelenia rýchlosti sú len kvalitatívne a priebeh rýchlosti je veľmi komplexný dokonca i pre vodu, ktorá má nízku hustotu a viskozitu (Obr.5.21).





Obr.5.19 Schéma hydrocyklóna **Obr.5.20 Znázornenie tangenciálnej zložky rýchlosti v hydrocyklóne**





5.21 Znázornenie radiálnej zložky rýchlosti v hydrocyklóne

5.22 Znázornenie axiálnej zložky rýchlosti v hydrocyklóne

b)***Axiálna rýchlosť*** sa rozkladá v smere osi ako to znázorňuje (Obr.5.22). Je zrejmé,že po obvode smeruje rýchlosť smerom k dolnému vyprázdňovaciemu otvoru a rozdelenie tejto zložky rýchlosti umožňuje separáciu častíc. Účinnosť cyklónu je len málo ovplyvňovaná polohou cyklónu vzhľadom ku gravitačnému poľu.

Tok smerom dole je vybalancovaný tokom smerom hore v jadre cyklóna. Existuje veľmi dobre definovaný parameter **PNVR (poloha nulovej vertikálnej rýchlosti),** ktorá sleduje profil cyklónu.

Teoria rovnovažnej orbity uvažuje s obežnou dráhou (orbitou) na ktorej určitá častica je v rovnováhe v dôsledku odstredivej a dostredivej sily. Rôzne skupiny častíc podľa veľkosti, majú rôzne rovnovažné orbity a predpokladá sa, že všetky častice mimo PNVR sú separované a všetky častice vo vnútri PNVR sú unášané do stredovej trubice (vrchný odtok).

Veľkosť častice, ktorej orbita je totožná s krivkou PNVR sa nazýva prierezová veľkosť.

Najkritickejším miestom hydrocyklónu je dolný výtokový otvor a jeho priemer. Priemer tohto otvoru má malý vplyv na kapacitu hydrocyklónu, ale podstatne ovplyvňuje deliacu hustotu pri rozdružovaní a hranicu triedenia pri triedení. Väčší otvor znižuje mernú hustotu výtoku z tohto otvoru a menší otvor ju naopak zvyšuje.

Tento diel hydrocyklónu býva vymeniteľný, pretože je vystavený najväčšiemu opotrebovaniu. Priemer hornej prepadovej rúry býva rovnaký alebo väčší ako priemer vstupnej rúry a spolu ovplyvňujú prietok hydrocyklónom. Čím je priemer prepadovej rúry väčší, tým väčšia je hustota pevných látok v prepade, teda do vzdušného stĺpca v osi hydrocyklónu sú strhávané aj väčšie a ťažšie zrná.

Priemer vstupnej rúry závisí od priemeru hydrocyklónu a býva k nemu v pomere 1:7 až 2:7. Priemer hydrocyklónu závisí závisí od zrnitosti spracovaného materiálu. Napríklad hydrocyklón o priemer 75mm môže spracovať zrná veľkosti 1,65mm, kým hydrocyklón o priemere 150mm spracuje materiál zrnitosti až 6mm a hydrocyklón o priemere 350mm spracuje materiál až do veľkosti zrna 8mm.

Vrcholový uhol kužeľovej časti závisí hlavne od požadovanej hustoty, alebo zrnitosti produktov a od jemnosti a hustoty prostredia. Bolo zistené, že pri uhle 20^0 je hustota pevných látok vo výstupnom produkte nižšia ako pri uhle 60^0.

Na oddeľovanie pri triedení vplýva aj vstupný tlak, ktorý vyvoláva odstredivé a dostredivé sily. Účelom triediaceho hydrocyklónu je rozdeliť zrná podľa zrnitosti. Dolnou pieskovou tryskou vyteká hrubozrnná trieda , hornou prepadovou tryskou jemnozrnná trieda Štandardný triediaci hydrocyklón má priemer 850mm, vrcholový uhol 30^0, výšku 1000-1200mm a spracuje 80-100m^3 rmutu za hodinu.

<u>Separácia pevných častíc od kvapaliny</u> sa v hydrocyklónoch obyčajne aplikuje pre rozsah 5-200μm. Takéto cyklóny sa obyčajne volajú ***cyklóny-zahusťovače***. Za extrémnu aplikáciu považujeme ***klarifikáciu a odvodnenie***. Nevýhodou použitia je drvenie aglomerátov a tým klesajúca účinnosť separácie..

<u>Separácia dvoch pevných látok.</u>Cyklóny pre tento druh separácie sa nazývajú ***kvapalnými klasifikátormi*** a v tomto prípade drviaci účinok cyklónu je vítaný. Klasifikácia môže byť delená na klasifikáciu podľa veľkosti alebo podľa hustoty.

<u>Separácia dvoch nemiešateľných kvapalín</u> má výhodu v jednoduchosti, vysokej kapacite a malom potrebnom priestore. (Delenie oleja od vody, organických činidiel od vodnej fázy, separácia plynu zo surovej nafty a pod)

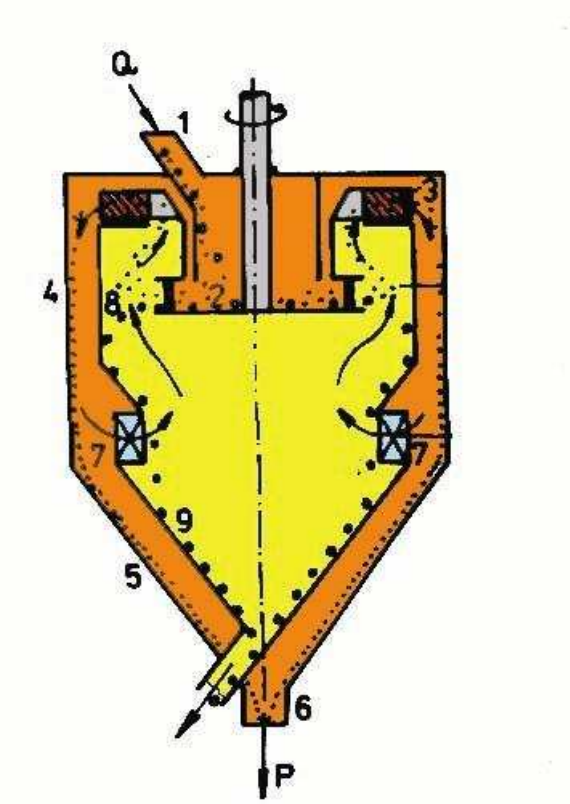
5.4.4 Vzduchové triedenie

Vzduchové triedenie nazývané aj pneumatická klasifikácia, je triedenie sypkých drobnozrnných nerastných surovín vo vzdušnom prúde. Triedy získané pri tomto procese sú triedy súpadné, teda na rozdelenie vplýva nielen veľkosť zŕn, ale aj ich hustota.

Ak sa podrobí vzduchovému triedeniu mineralogicky homogénny materiál, dostaneme rozdelenie podľa veľkosti, teda rozdelenie v užšom slova zmysle. Deliaca hranica dosahovaná pri vzduchovom triedení sa pohybuje medzi 0,005 až 1,5mm.

Účinnosť vzduchového triedenia závisí od obsahu povrchovej vody triedeného materiálu. Pri vyššom obsahu vody ako 5% je vzduchové triedenie neúčinné.

Rotačný vzduchový triedič znázorňuje (Obr.5.23). Drobnozrnný materiál sa privádza



Obr.5.23 Rotačný vzduchový triedič

z násypky šikmým sklzom (1) na otáčavý tanier (2) a z jeho okrajov sa pôsobením odstredivej sily rovnomerne rozmetáva po celom obvode.

Vzdušný prúd vyvolaný ventilátorom (3) strháva jemné častice, ktoré sa dostanú do ventilátora a sú lopatkami vymrštené na stenu vonkajšieho valca (4). Častice sa po náraze na stenu skĺznu do dolnej kužeľovitej časti (5) k vynášaciemu otvoru (6) a vzduch prechádza opäť cez lopatkami regulovateľné štrbiny (7) vo vnútornom valci (8) do ventilátora.

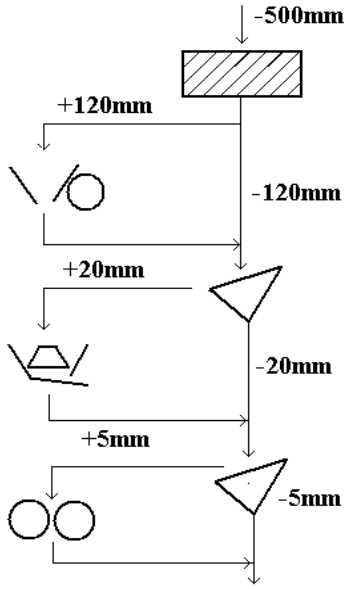
Hrubšie častice, ktorých rýchlosť padania je väčšia ako rýchlosť protiprúdu vzduchu vyvolané ventilátorom, padajú voľne na spodok vnútorného kužeľa (9), odkiaľ sa vynášajú.

Hranica triedenia sa môže regulovať znižovaním rozdeľovacieho taniera, zmenou otáčok ventilátora, alebo nastavením lopatiek na štrbinách vnútorného valca. Výkonnosť triediča je 8 až 200t.h^{-1}

5.5 Schémy drvenia, mletia a triedenia

Podľa celkového stupňa drvenia potrebujeme obyčajne viac štádií drvenia, pričom pre každú zrnitosť vyhovuje iný typ drviča. Zoradenie jednotlivých štádií znázorňujeme graficky v schémach drvenia a mletia. Vo väčších úpravniach býva skoro vždy drvenie kombinované s triedením. Obyčajne pred drvič,resp.mlyn sa zaradí osievadlo, ktorého sito, alebo rošt má také otvory, že prepúšťa menšie zrná a väčšie ako sú otvory na site(rošte) postupujú na drvenie. Zníži sa tak množstvo materiálu, ktoré musí prechádzať drvičom, čím sa zvýši výkonnosť zariadenia.

Na (Obr.5.24) je znázornená schéma drvenia kusov 500mm na 5 mmm. Ruda sa privádza na rošt o veľkosti otvorov 120mm. Nadroštné +120mm sa drví v čelusťovom drviči. Podroštné a zdrvený materiál –120mm ide opäť na osievadlo s veľkosťou otvorov 20mm.



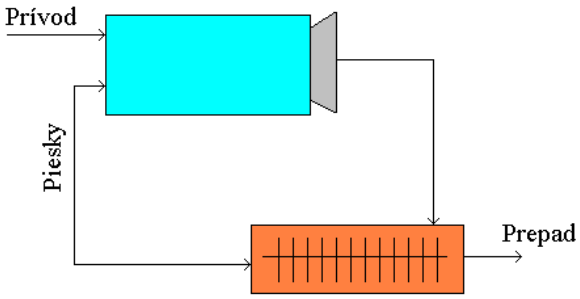
Obr.5.24 Schéma drvenia a triedenia

Materíál +20mm a –120mm sa drví v kužeľovom drviči a rozdrvený materiál spolu s podsitným –20mm sa znova osieva na osievadle s otvormi 5mm. Nadsitné +5 – 20mm sa drví vo valcovom drviči a rozdrvený materiál s podsitným –5mm postupuje do guľového mlyna.

Mletie sa skoro vždy kombinuje s triedením. Pretože sa spravidla melie v mokrom prostredí, triedenie je hydraulické. Takáto kombinácia mletia a triedenia sa nazýva mletie v uzavretom cykle. Uzavretý cyklus mletia je žiadúci z hľadiska hospodárskeho i technologického.

Pretože mletie je pomerne nákladnou operáciou, triedením sa odvádza materiál, ktorý je už dostatočne rozomletý, čím sa zvyšuje výkonnosť mlyna. Ešte väčší význam má uzavretý cyklus z technologického hľadiska.

Mletie je obyčajne operácia, ktorá predchádza flotačné rozdruženie. Pri a prinadmernom mletí vytvárajú sa koloidné kaly, ktoré znižujú účinnosť flotačného rozdružovania. Uzavretý mlecí okruh – guľový mlyn, hrabľový triedič znázorňuje (Obr.5.25)



Obr. 5.25 Uzavretý mlecí okruh-guľový mlyn, hrabľový triedič

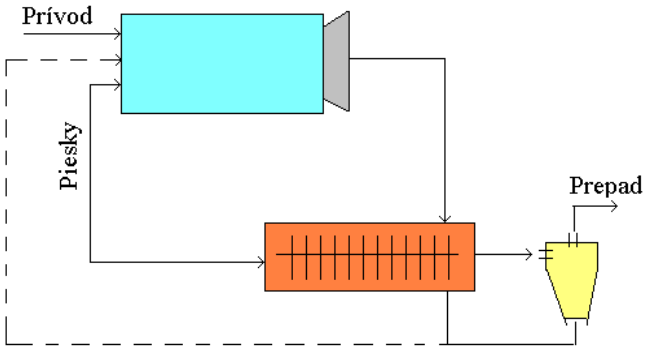
Zomletý materiál z mlyna postupuje do hrabľového triediča, kde sa zmes roztriedi na jemnozrný prepad, ktorý je už vhodný na flotačné rozdružovanie a na hrubozrnnú triedu(piesky), ktorá sa vracia späť do mlyna.

Časté je použitie skrutkového triediča v uzavretom mlecom okruhu guľový mlyn-skrutkový triedič. Stretávame sa tiež s použitím hydrocyklónu v uzavretom mlecom okruhu s guľovým mlynom. Výhodou hydrocyklónu je, že dáva čistejší prepad, ale vo výtoku je viac jemných zŕn.

Hydrocyklón v uzavretom mlecom okruhu má technologické prednosti najmä pri flotačnej úprave jemnovtrúsených rúd, lebo ťažšie úžitkové minerály sa koncentrujú viac vo výtoku hydrocyklónu a mletím sa dokonale uvoľnia.

V odpadoch zavedením hydrocyklónu sa zníži obsah úžitkovej zložky.Veľmi často sa používa viacstupňové hydraulické triedenie, kde hydrocyklón sa používa ako druhý stupeň triedenia (Obr.5.26)

Prepad z hrabľového triediča sa ešte triedi v hydrocyklóne, takže je veľmi jemnozrnný. Výsledný produkt a výtok z hydrocyklónu (hrubá trieda) sa vedie späť buď na triedenie v hrabľovom triediči, alebo na dodatočné mletie do guľového mlyna.



Obr.5.26 Uzavretý mlecí okruh s dvojstupňovým triedením-guľový mlyn, hrabľový triedič a hydrocyklón