7. Flotácia

Flotácia je spôsob rozdružovania jemnozrnných nerastných surovín založený na rozdielnej zmáčanlivosti rôznych nerastov vodou. Schopnosť zložiek(nerastov) ich ľahkého, stredného alebo ťažkého rozdružovania flotáciou označujeme pojmom *flotovateľnosť.*

Flotácia je najmladšou, ale ďaleko najrozšírenejšou metódou rozdružovania a pre rudy neželezných kovov dominantnou. Prednosťou flotácie voči iným metódam rozdružovania je možnosť úpravy jemne vtrúsených rúd, rozdružovanie ktorých inými metódamia nie je účinné.

Staré gravitačné úpravne boli schopné spracovať zrná do ***0,2mm***, menšie častice sa dostávali do odpadu. Po zavedení flotácie sa po rozomletí flotačne upravujú aj odpady starých úpravní. Efektívne sa môžu spracovať aj chudobné rudy s nízkym obsahom kovov, napr.meď pod 1%, cín a wolfrám do 0,1 %,molybdén do 0,01%. Zavedením flotácie sa teda podstatne rozšírila surovinová základňa.

Druhou významnou prednosťou flotácie je možnosť komplexného využitia polymetalických rúd. Kolektívnou flotáciou možno z polymetalických rúd vyťažiť všetky minerály, hoci sa niektoré vyskytujú len v stopových množstvách.

Keďže rudy neželezných kovov sú väčšinou komplexné, napr.galenit, sfalerit, pyrit chalkopyrit, pričom jednotlivé zložky sú jemne prerastené, ich úprava je možná len flotáciou.

Použitie flotácie je čiastočne obmedzené napr. pre rudy železných kovov, lebo vyžaduje jemné mletie, takže koncentrát sa musí aglomerovať a okrem toho flotačné reagencie sú drahé

Princíp flotácie spočíva na výberovom spojení vzduchových bubliniek s minerálnymi zrniečkami. Pomocou flotačných prísad je spôsobené prichytenie ninerálneho zrniečka k vzduchovej bubline. Vzduchová bublina vynesie prichytené zrnká na hladinu rmutu, odkiaľ sa odoberá ako mineralizovaná pena. Zrnká ,ktoré sa neneprichytia klesnú v rmute na dno.

Rozdielna schopnosť minerálnych zŕn udržiavať sa na povchu fázového rozhrania vyplýva z rozdielnych hodnôt ich mernej povrchovej energie, ktorej veľkosť závisí od chemického zloženia stavby štruktúrnej mriežky minerálov

Flotačné rozdružovanie minerálov sa môže uskutočniť na povrchu týchto fázových rozhraní:

1.kvapalina-plyn
2.kvapalina-kvapalina
3.kvapalina-tuhá fáza
4.plyn –tuhá fáza

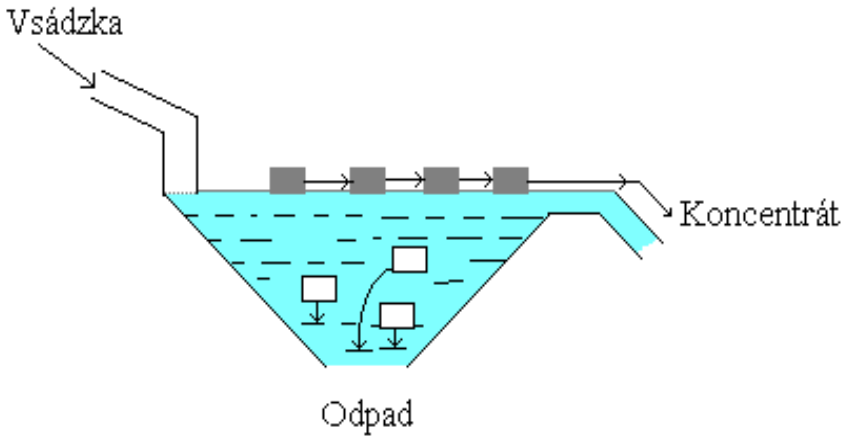
7.1 Flotačné rozdružovanie minerálov na rozhraní kvapalnej a plynnej fázy

Flotačné oddeľovanie minerálov, ktoré sa uskutočňuje na rozhraní *voda-vzduch* sa nazýva ***filmová flotácia***.(Obr.7.1). Zmes rozdružovaných minerálov sa privádza na hladinu vody zhora. Flotovateľné zrná sa udržia na hladine a prúdením sa odvádzajú ako *koncentrát.* Neflotovateľné zrná sa ponárajú do objemu a odvádzajú sa ako *odpad.*

Princíp filmovej flotácie sa využíva pri ***flotačno-gravitačnom rozdružovaní na splavoch.***

Týmto spôsobom sa môže upravovať zmes dosť hrubozrnných minerálov východiskovej rudy alebo primárnych rudných koncentrátov.

Pri flotačno-gravitačnom rozdružovaní sa spracovávajú hrubozrnné rmuty, obsahujúce zrná veľkosti 3-4mm a získavajú sa dva samostatné koncentráty. Rozdružované minerály pred prívodom na splav sa nechajú v kontakte s flotačnými reagenciami (flotačné činidlá)



Obr.7.1 Schéma rozdelenia minerálov filmovou flotáciou

Dobre flotovateľné minerálne zrná plávajú na povrchu hladiny vody(filmová flotácia) a tvoria flotačný koncentrát. Neflotovateľné minerály sa rozdeľujú na ploche splavu v súlade so zákonitosťami práce splavu podľa hustoty a takto sa získava gravitačný koncentrát obsahujúci neflotovateľné rudné zrná. Takáto kombinovaná metóda úpravy v súčasnosti oddeľuje zložky koncentrátu obsahujúceho rádioaktívne minerály.

Rozdiely mernej povrchovej energie koexistujúcich fáz rozhrania ***kvapalina-plyn*** sa najúčinnejšie využijú vtedy, keď povrch rozhrania nie je rovný ale zakrivený, ako je to v procese ***penovej flotácie***. V tomto prípade sa flotačný rmut nasycuje bublinkami plynu, najčastejšie vzduchu. Pri penovej flotácii sa spájajú flotovateľné minerálne zrná s bublinkami vzduchu a sú nimi vynášané na hladinu rmutu, kde sa vytvorí vrstva mineralizovanej peny. Tento spôsob flotácie v praxi má najväčší význam. V závislosti na spôsobe nasycovania rmutu bublinkami plynu možno penovú flotáciu rozdeliť na niekoľlo druhov:

a) ***obyčajná penová flotácia-*** používa sa v súčasnosti na všetkých flotačných úpravniach. Úlohu plynnej fázy preberá vzduch, ktorý sa do flotačného prostredia nasáva, alebo privádza pod tlakom. Privádzaný vzduch sa disperguje v rmute pomocou rôzneho zariadenia, podľa druhu flotačného stroja.
b) ***vákuová flotácia-*** aj v tomto prípade sa využíva na prevzdušňovanie rmutu vylučovanie bubliniek vzduchu,ale z roztoku samotného flotačného prostredia. V praxi sa osvedčila táto metóda pri vylučovaní veľmi jemných minerálnych zŕn.
   Analógiou tejto metódy je počiatočné nasycovanie flotačného roztoku vzduchom pod

tlakom a potom sa vylučujú bublinky pri atmosferickom tlaku. Flotácia pri zvýšenom tlaku sa využíva pri čistení vôd od jemných kvapôčiek ropy, ktoré sa prichytávajú na povrch vylučovacích vzduchových bublín a spolu s nimi sa vynášajú na hladinu čisticeho zariadenia.

c) ***chemická – plynová flotácia-*** pri tejto metóde bublinky plynu sú výsledkom chemickej reakcie, napríklad medzi kyselinou dávkovanou do rmutu a karbonátmi jalových hornín. V takomto prípade flotované minerálne zrná sa vynášajú vylučovanými bublinami oxidu uhličitého. Proces chemickej flotácie využívajú napr. v Austrálii na získavanie sfaleritu z odvalov.

d) ***elektroflotácia*** –využíva povrch bubliniek vodíka alebo kyslíka, ktoré vznikajú pri elektrolýze. Veľkosť bubliniek sa ľahko reguluje zmenou intenzity elektrického prúdu. Elektroflotácia je perspektívna pri oddeľovaní jemných a veľmi jemných čiastočiek, napríklad diamantu, ale využíva sa aj pri ionovej flotácii.

e) ***iónová flotácia*** – je flotačný spôsob získavania rôznych kovov a prvkov z roztokov, založený na vytváraní molekulových komplexov iónov príslušných kovov s prídavnými činidlami(***reagenciami***). Sú to hydrofóbne zrazeniny, ktoré sa potom flotujú bežným spôsobom a zo získaného penového produktu sa regeneráciou získava späť použitá reagencia. Ionovou flotáciou možno získať kovy zo zriedených roztokov priemyselných odpadov, morskej vody apod.

7.2 Flotačná sústava minerál-voda-vzduch

Flotačný proces závisí od zloženia základných zložiek, ktoré tvoria ***rmut.*** Sú to minerálne zrná, voda a vzduch. Povrchové rozhranie týchto základných flotačných fáz a ich vzájomné pôsobenie s flotačnými prísadami určuje v podstate priebeh flotačného procesu.

Ako je známe existuje úzky vzájomný vzťah medzi chemickým zložením, charakterom štrukturnej mriežky a väzbovými silami pôsobiacimi medzi stavebnými časticami vnútri kryštálu. V súvislosti s flotačnou charakteristikou jednotlivých minerálov nás zaujíma zloženie a štruktúrna mriežka minerálov, ich fyzikálno-chemické vlastnosti, energetická charakteristika mriežky a charakter síl pôsobiacich na lomových plochách minerálneho povrchu. Všetky tieto stránky sa zákonite prejavujú v ovplyvňovaní interakcie minerálov s plynmi, vodou a flotačnými reagenciami.

Poruchy mriežky v reálnych kryštáloch ovplyvňujú ich fyzikálne a fyzikálnochemické vlastnosti a to sa prejavuje aj na povrchových, čiže flotačných vlastnostiach minerálneho zrna. Prirodzené a umele vytvorené poruchy a aj fyzikálna a chemická nerovnorodosť spojená s elektrochemickou nerovnorodosťou spôsobujú, že jednotlivé plôšky na povrchu minerálneho zrna ohraničené mikrotrhlinkami majú rôznu adsorpčnú aktivitu a kapacitu. Vysvetľuje sa to rôznou hodnotou voľnej-povrchovej energie na rôznych miestach povrchu.

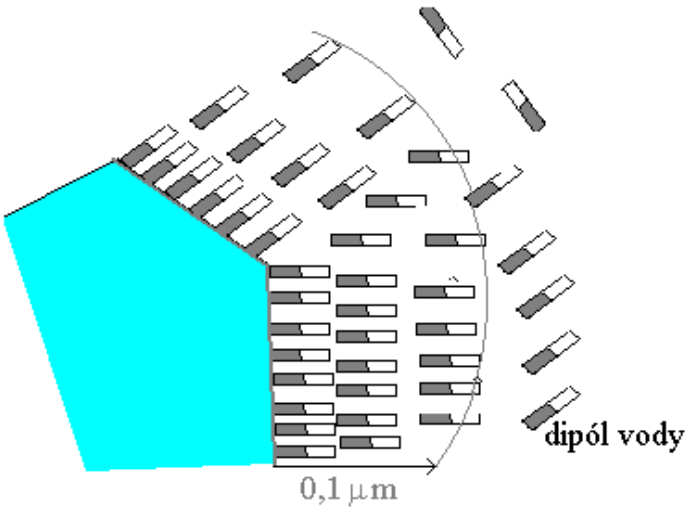
Minerály sa pri rozomieľaní rozpadávajú podľa určitých kryštalografických plôch, v ktorých je slabšia molekulová väzba na rozdiel od silnej atómovej väzby. Od spôsobu rozrušenia kryštalografickej mriežky závisí stupeň nevyváženosti elektrostatických síl atómov, ktoré určujú hydratáciu minerálneho povrchu a tým aj jeho flotačné vlastnosti.

Voda je prostredím pre interakciu fáz a všetkých zložiek rmutu a v dôsledku špecifických vlastností sa aktívne zúčastňuje elementárneho aktu flotácie. Iónová štruktúra

vody H^+, OH^- tvoria dipól, ktorý nemá orientáciu, pokiaľ sa vo vode nenachádza žiadny ión rozpúšťadla.

Ak sa vyskytne ión, alebo nastane nevyváženosť elektrostatických síl na povrchu minerálu vo vode, dochádza k vytváraniu orientovanej vrstvy dipólov vody okolo neho. Hovoríme o ***hydratácii*** iónu (Obr.7.2). Tvorenie hydratačnej vrstvy sa vysvetľuje tým, že energia väzby medzi iónom a dipólmi vody je väčšia, ako medzi samotnými dipólmi vody navzájom.

Dipóly prvých vrstiev okolo iónu sú najhustejšie a najviac orientované. So vzrástajúcou vzdialenosťou klesá pevnosť väzby a orientácia sa stráca. Nedá sa stanoviť presná hranica medzi hydratačnou vrstvou a okolitou vodou. Zvyšovaním teploty sa hydratácia zmenšuje.



Obr.7.2 Znázornenie hydratačnej vrstvy

Vzduch- tretia časť flotačného rmutu má jednoduchšiu stavbu, avšak jeho význam je veľký. Vzduch oxiduje minerálny povrch, spolupôsobí s povrchom a s prísadami. Vytvára bubliny na ktoré sa prichytávajú minerálne zrná a tieto ich vyplavia na hladinu rmutu.

Bubliny spravidla najú veľké povrchové napätie a tiež vnútorný tlak, čo spôsobuje ich praskanie. Pre flotáciu je dôležité znížiť toto povrchové napätie a tiež vnútorný tlak, preto sa do vody pridávajú peniče. V dôsledku pridania peničov je mineralizovná pena stála.

Vzájomné pôsobenie tuhej fázy s kvapalinou závisí od stupňa nevyváženosti elektrostatických síl atómov povrchu materiálu. Nevyváženosť závisí od štruktúry a zloženia kryštalovej mriežky a od rezu, v akom dochádza k rozrušeniu kryštalickej mriežky. Ak pri tvorbe nového povrchu vznikajú silné elektrostatické sily, bude sa tento povrch silne hydratovať(zmáčať) a naopak pri malých elektrostatických silách bude slabá hydratácia.

Ak v dôsledku rozpojovania kryštálov (napr.mletím) sa uvoľnia slabé molekulárne väzby, vzniknutý povrch je slabo hydratovný, vzduchová bublina má prístup k zrniečku a minerál je flotovateľný. Naopak pri rozpojovaní silných atómových väzieb, je novovzniknutý povrch silne hydratovaný. Vzniká hydratačná vrstva, ktorá neumožňuje prístup bubliniek

k minerálnemu zrniečku a minerál je neflotovateľný. Tieto vlastnosti sa upravujú flotačnými prísadami

Zmáčateľnosť závisí hlavne od povrchového napätia kvapaliny a od charakteru povrchu minerálnej častice, daného voľnou povrchovou energiou atómových a molekulových väzieb. Z fyzikálneho hľadiska zmáčateľnosť závisí od pomeru príťažlivosti molekúl kvapaliny a minerálnej častice a súdržnosti molekúl samotnej kvapaliny.

Merateľným prejavom zmáčanlivosti je styčný uhol ϑ. Styčný uhol zviera dotyčnica kvapky kvapaliny s rovinou styku kvapky s minerálnym povrchom. Pri nanesení kvapky vody na vyleštený minerálny povrch zaujme táto taký tvar, aby sily pôsobiace na fázových rozhraniach v rovnováhe (Obr.7.3)

$$\sigma_{1,3} = \sigma_{1,2} + \sigma_{2,3} \cos\vartheta$$

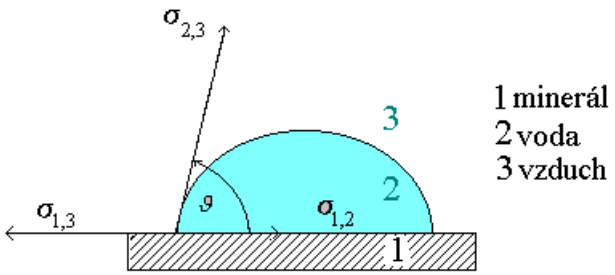
$$\cos\vartheta = \frac{\sigma_{1,3} - \sigma_{1,2}}{\sigma_{2,3}} \qquad (7.1)$$

kde ϑ - je styčný uhol

$\sigma_{1,3}$ - je povrchové napätie na rozhraní minerál – plyn

$\sigma_{1,2}$ -je povrchové napätie na rozhraní minerál-kvapalina

$\sigma_{2,3}$ -je povrchové napätie na rozhraní kvaplina – plyn

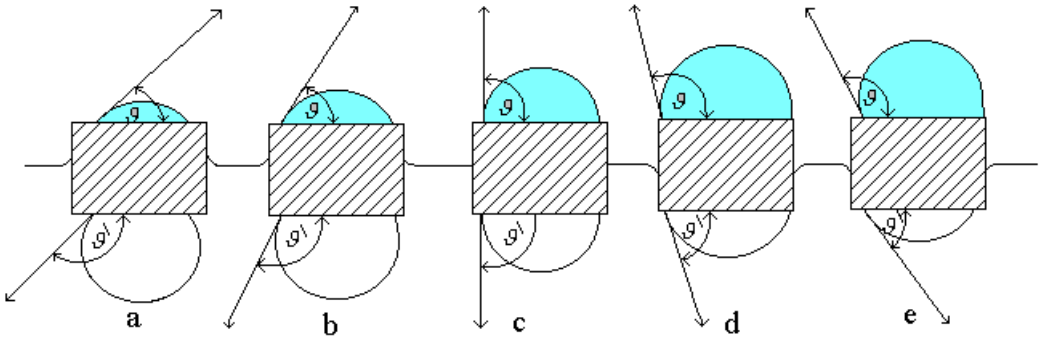


Obr.7.3 Styčný uhol a flotačné sily

Pri úplnej zmáčanlivosti styčný uhol je 0° a $\cos\vartheta = 1$. Látky o hodnote styčného uhla ***0-90°***, kde $\cos\vartheta = 1$ *až* 0 sa nazývajú ***hydrofilné*** – zmáčajú povrch, látky ktoré majú styčný uhol ***90-180°***, kde $\cos\vartheta = 0$ *až* -1 sa nazývajú ***hydrofóbne-*** nezmáčajú povrch. Na (obr.7.4) je schematicky znázornených päť minerálov rôznej zmáčateľnosti a priľnavosť kvapiek vody k ich povrchu a vzduchovej bubliny privedenej pod minerály.

Minerály, ktoré sú zmáčateľné podľa schémy (Obr.7.4a,b) sú hydrofilné a vzduchová bublina privedená pod zrno ninerálu na rozhraní ***voda-minerál*** nebude vytesňovať vodu z povrchu a zaberie relatívne malú plochu.

Prípad (Obr.7.4c) znázorňuje prechod zo stavu hydrofilného do stavu hydrofóbneho a nazýva sa inverzným stavom. Na ďaľších schémach (Obr.7.4 d; e) ubúda zmáčanlivosť zrna a pribúda priľnavosť vzduchovej bubliny.



Obr.7.4 Kvapka vody a vzduchová bublina na rôzne zmáčateľných mineráloch

7.3 Flotačné prísady

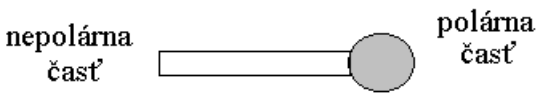
Zvyšujú účinnosť flotácie a umožňujú riadenie flotačného procesu. Podľa účelu sa flotačné prísady rozdeľujú: 1.Peniče
2.Zberače
3.Regulujúce prísady-***reagencie*** : a)oživujúce
b)potlačujúce
c)modifikujúce

7.3.1 Peniče

Peniče sa pridávajú sa do rmutu, aby vzduchové bubliny nepraskali a vytvorila sa na hladine pena. Peniče sú organické heteropolárne látky vo vode rozpustné.

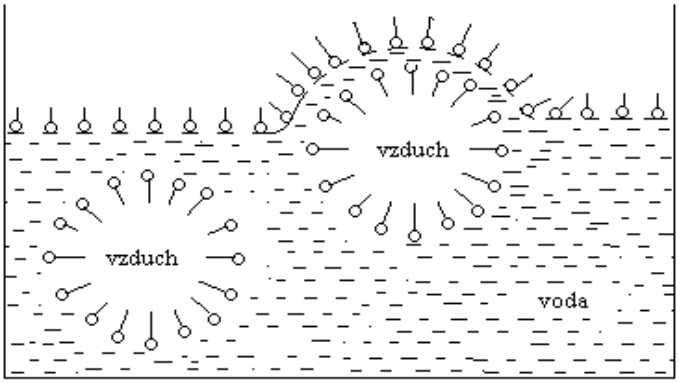
Heteropolárne látky sú také, ktorých molekula sa skladá z polárnej chemicky aktívnej skupiny a z nepolárnej, chemicky neaktívnej skupiny.

Heteropolárnu polárnu molekulu si môžeme predstaviť podľ (Obr.7.5)



Obr.7.5 Znázornenie heteropolárnej molekuly

Napríklad kyselina heptylová $C_6H_{13}COOH$ sa skladá z polárnej časti $COOH$ a z nepolárnej uhlovodíkovej části C_6H_{13}. Polárna časť peničov má afinitu k vode, takže dochádza k orientácii heteropolárnej látky ako znázorňuje (Obr.7.6)



Obr.7.6 Schéma orientácie heteropolárnej látky pri vytváraní peny

Polárna časť smeruje do vody, nepolárna do vzduchu. Čím dlhšia je uhlovodíkova reťaz heteropolárnej nolekuly, tým viac sa znižuje povrchové napätie vodného roztoku.

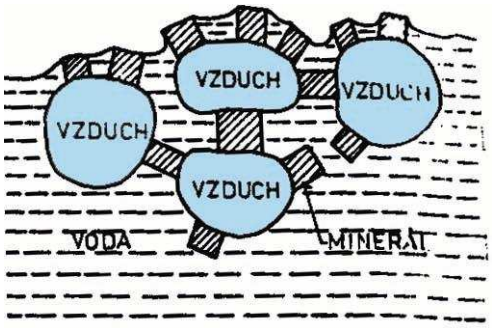
Povrchové napätie na rozhraní voda-vzduch snaží sa zmenšiť vzduchovú bublinu. Keď bublinka vypláva na hladinu bude sa vrstvička vody tvoriaca obal bubliny stenčovať, voda z vrstvičky vyteká až následkom vnútorného tlaku sa roztrhne. Adsorpcia povrchovo aktívnej heteropolárnej látky svojou orientáciou spôsobuje, že voda z vrstvičky nevytečie, pretože tomu bránia molekulárne sily medzi molekulami vody a polárnymi časťami peničových molekúl. (Obr.7.6)

Dobrou afinitou k vode sa vyznačujú benzénové deriváty s polárnou skupinou ***OH***. Sú to produkty destilácie kamenného uhlia, známe ako kyselina krezolová. Je olejovitá tekutina tmavočervenej až čiernej farby. Tvorí penu s drobnými bublinkami , ktorá po vysušení sa dobre rozrušuje. Destilačné produkty z kamennouhoľného, hnedouhoľného a dreveného dechtu získané pri 150-220°C sú známe jako krezolové oleje. Pena z krezolových olejov je stála a ťažko sa porušuje. V súčasnosti sa nepoužíva pre svoju toxicitu.

Najrozšírenejšie a najlepšie peniče sú éterické oleje, borovicové a eukalyptové oleje. Spotreba býva 20-100g na tonu rudy. Eukaliptový olej pôsobí na niektoré minerály ako sfalerit a pyrit do určitej miery aj ako zberač. Pomerne lacné peniče sú pyridíny. Sú to látky zásaditej povahy. Ako umelé peniče sa používajú vedľajšie produkty vznikajúce pri výrobe syntetických chemických látok. V praxi sú známe pod názvom flotol a flotigol.

Na stabilitu flotačnej peny majú vplyv aj flotované minerálne zrná. Tie v závislosti od stupňa hydrofóbnosti povrchu môžu pomáhať alebo zabraňovať procesu stabilizácie alebo rozrušovania flotačnej peny. V súvislosti s tým sa zaviedol pojem ***mokrá a suchá flotácia.***

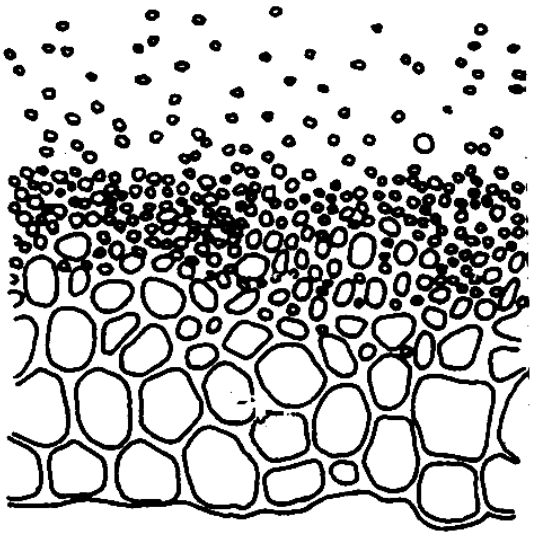
Ak povrch flotovaného minerálu charakterizuje uhol zmáčania ϑ <90° hovoríme o ***mokrej flotácii***, v procese ktorej flotačné sily budú vytláčať zrná z plynnej do kvapalnej fázy. Ak takéto zrná sa dostanú medzi dve vdzuchové bubliny, budú zabraňovať ich zblíženiu. Ak sa tieto zrná dostanú až na povrch peny, potom sa voda bude „akoby“ nasávať medzi zrnami, aby im zabezpečila mokrú flotáciu, a tým zabránila stenčovaniu hydratačnej vrstvy okolo bublín a ich rozpadu.



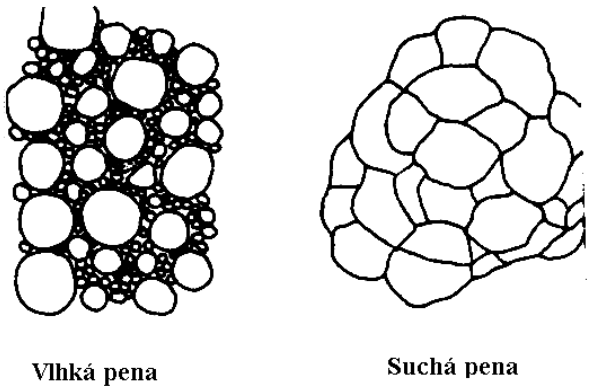
Obr.7.7 Stabilizujúci účinok minerálnych zŕn na tvorbu peny

Ak povrch flotovaného zrna charakterizuje uhol zmáčania $\vartheta > 90^o$ ide o ***suchú flotáciu***. V tomto prípade flotačné sily, pôsobiace na zrno, nachádzajúce sa medzi dvomi vzduchovými bublinami, budú vťahovať zrno do každej z nich. Prítomnosť takýchto zŕn na povrchu peny stenčí vodnú vrstvičku okolo bubliny na zabezpečenie suchej flotácie minerálnych zŕn a pena sa rozpadne.

Kvalitu peniča charakterizuje výška (objem) peny, stálosť(čas rozpadu) a štruktúra vytvorenej peny. Tieto charakteristiky možno určiť v závislosti od druhu a koncentrácie peniča na Rebinderovom prístroji.



Obr.7.8 Štruktúra dvojfázovej peny

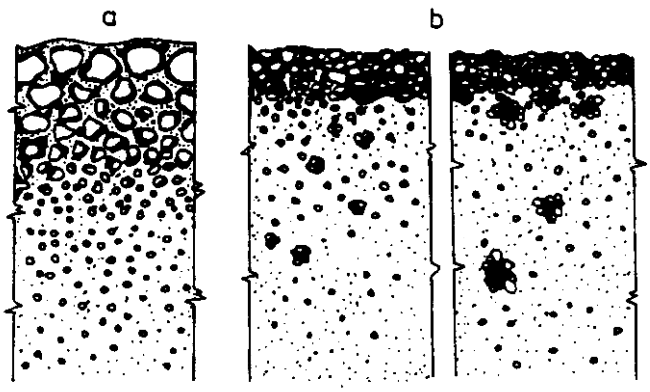


Obr.7.9 Guľovitá a polyedrická štruktúra peny

Na (Obr.7.8) je typický rez dvojfázovou penou, ktorá vzniká prevzdušnením vodného roztoku peniča. Štruktúra dvojfázovej peny je na (Obr.7.9). Vlhké peny sú charakteristické tým, že obsahujú maximálne 78% obj.disperzného podielu a zvyšok je voda. Suché peny obsahujú viac ako 90% disperzného podielu a zvyšok je voda.

Flotačná trojfázova pena (Obr.7.10) môže mať lamelárnu alebo agregátovú štruktúru. V optimálnych podmienkach flotácie, pri tvorbe bublín malých priemerov, pri vysokom podiele flotovaného minerálu, má na začiatku flotácie pena drobnobublinovú štruktúru a bubliny sú úplne obsadené minerálmi. Takéto peny sú relatívne vlhké a dobre tekuté.

So zmenšujúcim sa obsahom zŕn v bublinách a so zväčšujúcim sa priemerom bublín začína sa vytvárať veľkobublinová pena a bubliny nemožno úplne mineralizovať.

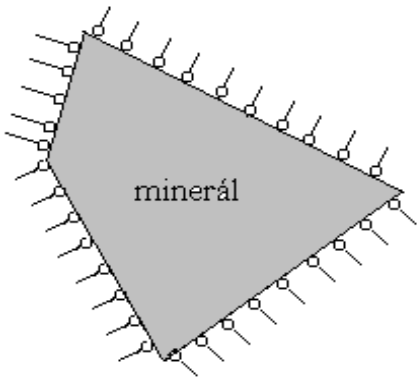


Obr.7.10 Lamenárna (a) a agregátová (b) štruktúra flotačnej peny

7.3.2 Zberače

Zberače sú organické látky, ktoré zväčšujú, alebo vyvolávajú hydrofóbnosť povrchu minerálnych zŕn a tým podmieňujú ich flotovateľnosť. Hydrofobizačný účinok zberačov sa viaže na prítomnosť nepolárnej skupiny v molekule zberača heteropolárneho charakteru alebo na celú molekulu zberača skladajúcu sa iba z nepolárnej látky.

Vo flotačnej praxi sa používajú ***heteropolárne*** aj ***nepolárne*** zberače. Oveľa rozšírenejšie sú však heteropolárne zberače. Polárna aktívna časť heteropolárnych molekúl má afinitu k minerálu, takže zberače sa orientujú polárnou časťou k minerálnemu povrchu a nepolárnou k vode. (Obr.7.11)



Obr.7.11 Adsorpcia zberača naminerálnom povrchu

Zberač takto obalí minerál hydrofóbnym povlakom, ktorý je vytvorený nepolárnou časťou jeho molekúl. Minerál obalený hydrofóbnym povlakom má zväčšený styčný uhol a zvyšovaním koncentrácie obal rastie.

Tento popis je však platný pre statické podmienky. Flotačný proces je dynamický. Zrnká rastú a vzduchové bublinky sú v rmute v neustálom vírivom pohybe. Preto najcharakteristickejšou zvláštnosťou prichytenia minerálnych zrniek k vzduchovým bublinám je ktrátkodobosť ich vzájomného dotyku, ktorá býva len niekoľko stotín sekundy. Za tento krátky okamih dotyku alebo dôjde ku prichyteniu minerálneho zrniečka na vzduchovú bublinu a tá ho vynesie na hladinu, alebo minerálne zrniečko odpadne.

Aby bolo zrnko vyplavené musí byť rýchlosť prichytenia väčšia ako trvanie dotyku. Rýchlosť prichytenia zrniek k bublinám závisí od povahy minerálu, veľkosti zrniek, veľkosti vzduchových bubliniek a od použitých flotačných prísad.

Zberače používané na flotáciu rozličných druhov minerálov rozdeľujeme do týchto skupín: 1.**Ionogénne zberače**

***a)Aniónaktívne zberače:*-sulfhydrilové zberače:** Flotujú: sulfidické minerály, rýdze neželezné a ušľachtilé kovy, karbonáty a sulfáty medi a olova, silikáty medi po sulfidácii povrchu

-oxhydrilové zberače: Flotujú: uhličitanové minerály, baryt, fluorit, fosfáty, oxidy železa, rutil, zirkón ilmenit

b) ***Katiónaktívne zberače:*** Hydrofobizujúci účinok má katión na báze 5-mocného dusíka. Amíny a ich primárne, sekundárne, terciárne a kvartérne soli. (laurylamín hydrochlorid)
Flotujú: kremeň, silikátové minerály, draselné a sodné soli.

2. Neionogénne zberače: ***Sú nepolárne kvapalné uhľovodíky:*** Petrolej,oxidovaný petrolej, transformátorový olej, mazacie oleje, produkty spracovania ropy, dreva,uhlia a smoly.
Flotujú:grafit, čierne uhlie, síru, molybdenit, siderit

Najväčší praktický význam zo skupiny aniónaktívnych zberačov majú organické látky odvodené od kyseliny uhličitej, fosforečnej, sírovej, tiokyselín a ich solí. Organické deriváty tiokyselín a tioalkoholov obsahujú v solidofilnej časti sulfhydrilovú skupinu, preto sa takéto zberače nazývajú ***sulfhydrilové zberače.***

Dôležitými predstaviteľmi tejto skupiny zberačov sú deriváty kyseliny ditiouhličitej-***xantogénany*** a tioalkoholov ***–merkaptány a tiofenoly***. Pre sirníkove rudy najviac používané zberače sú xantogenáty v praxi označované jako ***xantáty***. Xantáty sú soli kyseliny xantogenovej, ako kov k polárnej časti molekuly býva viazaný sodík a draslík.

Adsorpcia xantátov na minerálnom povrchu je veľmi pevná, pretože xantát je obyčajne aj chemicky viazaný na povrch sulfidov, čiže ide o chemisorbciu.

Xantáty sú zelenožlté soli, ktoré sa na vzduchu ľahko rozkladajú, čím sa zvyšujú nároky na ich uskladnenie. Vyrábajú s v tuhom alebo kvapalnom skupenstve. V praxi sa najčastejčie používa etylxantát sodný alebo draselný. Spotreba xantátov býva 20-200g na tonu rudy, pričom spotreba závisí od dĺžky uhľovodíkovej reťaze xantátu.

Flotačná aktivita xantátov od ich merných hmotností. Pretože napríklad butylxantát je účinnejší jako etylxantát, je aj jeho spotreba menšia.
V praxi sa po xantátoch ako zberače najčastejšie používajú ditiofosfáty. Z nich je najbežnejším ***dikrezolditiofosfát***. Krezolové ditiofosfáty sú olejovité kvapaliny, ktoré majú aj dobré speňovacie vlastnosti.

Pri flotácii sirníkov sa tiež používa ako zberač ťažkorozpustný ***tiokarbanilid.*** Pri flotácii nesírnikových minerálov sa jako zberače používajú mastné kyseliny a ich draselé soli. Ich selektivita je pomerne malá, spotreba býva 500-800g na tonu.

7.3.3 Regulujúce prísady-reagencie

Selektívna flotácia minerálov sa väčšinou nemôže uskutočniť iba v prítomnosti zberača a peniča. Výberovosť flotačného procesu sa zabezpečuje použitím oživujúcich, potlačujúcich a modifikačných flotačných reagencií. Účinok každej ***riadiacej reagencie*** na flotovateľnosť minerálov závisí:

1.*Od stavu povrchu materiálov:*Napríklad sulfidy rovnako zle flotujú vtedy, keď nie sú optimálne podmienky na oxidáciu ich povrchu, jako aj v silno oxidačných podmienkach. Dávkovaním riadiacej reagencie oxidačného účinku sa výrazne zlepší flotovateľnosť novovytvorených sulfidických zŕn a ešte viac sa potlačí flotácia sulfidov, ktorých povrch je oxidovaný už před pôsobením oxidačnej reagencie

2.*Od typu zberača používaného vo flotačnom procese:*Napríklad riadiaca reagencia s účinkami aktivátora alebo depresora môže mať v prítomnosti aniónaktívneho zberačapriamo protichodný účinok, alebo v prítomnosti katoónaktívneho zberača môže byť neaktívnou.

3.*Od koncentrácie v rmute:* Napríklad so zvyšovaním koncentrácie zberača sa znižuje potláčajúci účinok depresorov a naopak. Navyše rovnaká riadiaca reagencia (napr.sulfid sodný)v závislosti na koncentrácii a vzájomného pomeru ku koncentrácii zberača a iných iónov vo flotačnom prostredí, môže pôsobiť na flotovateľnosť určitých minerálov jako aktivátor alebo deprsor. Na vzájomný pomer koncentrácií reagencií veľmi vplýva koncentrácia vodíkových a hxdroxylových iónov vo flotačnom rmute. Stav flotačných reagencií a ich účinok veľmi závisí od hodnoty pH prostredia a pri analýze mechanizmu pôsobenia reagencií vo flotácii je dôležité venovať pozornosť pH rmutu.

7.3.4 Klasifikácia riadiacich reagencií

Podľa účinku a výsledku interakcie s jednotlivými druhmi minerálnych zŕn flotačného rmutu riadiace reagencie sa rozdeľujú:

a) Oživujúce flotačné regencie (*aktivátory*) : Zvyšujú flotovateľnosť určitých minerálov (hydrofobizujú ich povrch)

Aktivátor	Účinok
-Síran meďnatý $CuSO_4.5H_2O$	-oživuje sfalerit,pyrit, arzenopyrit, antimonit a kryolit
-Chlorid barnatý $BaCl_2.2H_2O$	-oživuje baryt, potláča kasiterit a fluorit, oživuje kremeň
-Dusičnan olovnatý $Pb(NO_3)_2$	-oživuje sulfidy medi, ktoré boli potlačené kyanidmi, oživuje antimonit
-Sulfid sodný $Na_2S.nH_2O$	-oživuje flotovateľnosť sulfidov so zmeneným povrchom a karbonátov medi a olova. Pri vysokých koncentráciach je depresorom
-Kyselina sírova H_2SO_4	- oživuje niektoré sulfidy, pyrit, sfalerit a potláča kremeň

b) Potláčajúce flotačné reagencie (depresory): Potláčajú alebo rušia flotovateľnosť niektorých minerálov alebo skupín a tak umožňujú ich oddelenie od ostatných minerálov nachádzajúcich sa vo flotačnom rmute

Depresor	Účinok
-***Kyanid draselný KCN***	-potláča pyrit, sfalerit, chalkopyrit
-***Kyanid sodný NaCN***	-rozpúťa zlato a striebro. Používa sa spoločne so síranom zinočnatým $ZnSO_4.7H_20$ na potlačenie sfaleritu
-***Manganistan draselný $KMnO_4$***	-potláča pyrotín, arzenopyrit, sfalerit a sulfidy medi za prítomnosti galenitu. Silné oxidovadlo.
-***Sulfid sodný $Na_2S.nH_2O$***	-pri vysokých koncentráciách potláča flotovateľnosť všetkých sulfidických minerálov
-***Chroman draselný K_2CrO_4***	-potláča galenit pri selektívnej flotácii meďnatoolovených rúd
-***Dvojchroman draselný $K_2Cr_2O_7.2H_2O$***	-potláča pyrit aj galenit pri prečisťovacej flotácii sfaleritového koncentrátu. Silné oxidovadlo
-***Síran zinočnatý $ZnSO_4.7H_2O$***	-potláča flotovateľnosť sfaleritu spolu s kyanidom
-***Oxid vápenatý CaO***	-potláča pyrit a pyrotín. Zráža hydroxidy kovov za prítomnosti NaOH
-***Hydroxid vápenatý $Ca(OH)_2$***	-potláča pyrit a pyrotín. Zráža hydroxidy kovov v rmute
-***Uhličitan sodný Na_2CO_3***	-potláča pyrit. Znižuje tvrdosť vody a potláča kalové veľmi jemné zrná. Modifikuje pH prostredia.

-Fosforečnany $Na_3PO_4.12H_2O$ $Na_4P_2O_7$	-potláča Ca-minerály pri flotácii magnezitu, ako aj fluorit a kalcit. Niektoré viažu iony vápnika aj horčíka
-Kremičitan sodný Na_2SiO_3	-Potláča kremeň, silikáty a alumosilikáty. Peptizátor veľmi jemných kalových horninotvorných minerálov
-Organické koloidy (škroby, glej, dextrín,želatína,tanín)	-Potláčajú kalové zrná pri flotácii sulfidov. Potláčajú aj prirodzené hydrofóbne minerály, ako sú mastenec, grafit, molybdenit
-Oxyetylcelulóza$(C_6H_7O_2(OH)_2 —OCH_2—CH_3OH)n$	- Potláča flotovateľnosť minerálov železa

c) Modifikátory pH prostredia: Menia kyslosť alebo zásaditosť flotačného rmutu, pôsobia na rozpustnosť minerálneho povrchu, na zloženie rmutu, na smer a rýchlosť reakcie v rmute, pôsobia na iónovú a molekulovú štruktúru flotačných reagencií, najmä zo skupiny zberačov.Modifikujúce reagenty môžu mať silný oživujúci alebo potláčajúci účinok.

Modifikátor	Použitie
-Hydroxid vápenatý $Ca(OH)_2$ ***-Hydroxid sodný NaOH,*** ***-Uličitan sodný*** Na_2CO_3	- Používajú sa na modifikáciu pH flotačného prostredia. Príslušná reagencia má oživujúci účinok na niektoré minerály a zároveň iné minerály potláča.
-Kyselina sírová H_2SO_4 ***-Kyselina chlórovodíková HCl*** ***-Kyselina fluorovodíková HF***	- Kyseliny oživujú pyrit a sfalerit. HF potláča kremeň a oživuje živice

d) Flokulanty, koagulanty a peptizátory: -zintenzívňujú flotáciu veľmi jemných zrn

e) Ionexy: :-používajú sa v iónovej flotácii, aj na reguláciu iónového zloženia flotačného prostredia penovej flotácie

7.4 Flotácia rúd a druhotných surovín neželezných kovov

Prevažná väčšina rúd neželezných kovov sa upravuje flotáciou. Z týchto rúd najčastejšie sa flotáciou upravujú sulfidické rudy medi, olova, zinku, molibdénu a niklu. Charakteristickým znakom väčšiny sulfidických rúd je, že kov sa nachádza vo viacerých mineráloch. Napr. meď sa často nachádza súčasne v chalkopyrite, chalkozíne, bornite. Zinok sa nachádza v sfalerite, marmatite, vurcite, železo v pyrite a pyrhotine. Jednotlivé minerály majú však rozdielne flotačné vlastnosti čo spôsobuje ťažkosti pri flotácii týchto rúd.

Ďaľšou vlastnosťou rúd neželezných kovov je, že väčšinou sú to rudy polymetalické, tj. obsahujú viac kovov. Olovo sa skoro vždy nachádza spolu so zinkom, hoci v rôznom pomere. Meď sa často nachádza spolu so zinkom alebo molybdénom.

Vo väčšine uvedených rúd sa nachádza pyrit. Ak je ho pomerne veľa považuje sa za užitočnú zložku na výrobu kyseliny sírovej. Niekedy sa pyrit flotuje aj preto, lebo obsahuje cenné zložky (Au, Se) hoci aj v malých množstvách.

V sulfidických rudách sa často nachádzajú ako prímesi Ni, Co, Mo, Se,Te, Cd, Bi, In, Tl a iné prvky. Pretože ide o veľmi cenné prvky pre priemysel snažíme sa ich získať selektívnou flotáciou, alebo sa získavajú hutníckym spôsobom z koncentrátov základných kovov, ktoré tieto cenné zložky obsahujú.

Myšlienka flotácie kovov z druhotných surovín v podstate vychádza z flotovateľnosti rýdzich kovov. Rýdze kovy sa nachádzajú v polymetalických rudách. Sú to najmä zlato, striebro, platinoidy, meď a zriedkavejšie bizmut a ortuť.

Najväčší praktický význam má ***flotácia zlata a medi***.Striebro sa obyčajne viaže na sulfidy a spolu nimi flotuje, kým platinoidy sa získavajú najmá gravitačnými metódami úpravy. Spomínané rýdze kovy majú výbornú flotovateľnosť. Ľahko flotujú v slabozásaditom prostredí pH=7 až 9 xantogénanmi. Rýdze kovy potrebujú kratší flotačný čas ako sulfidy a preto flotujú pred nimi. Mechanizmus adsorpcie zberačov a aj riadiacich reagencií je taký istý, ako pri flotácii sulfidických minerálov. Flotácia umožnila ekonomicky spracovať skládky starých gravitačných úpravní a využiť odpady úpravní. Dôležitým zdrojom neželezných kovov sú aj trosky z hutníckych závodov, ktoré obsahujú Cu, Zn,Pb a dajú sa z nich získať flotačnou technológiou.

Flotácia je efektívny spôsob ochudobňovania konvertorových trosiek, a tým sa zvyšuje výrobnosť zariadení hút a uspori sa na spracovateľských nákladoch v porovnaní s hutníckym spôsobom získavania medi z trosky.

Z metalurgického aspektu je dôležitý čas a teplota liatia trosky, aby sa zabezpečilo dostatočné vylúčenie medi v sulfidickej forme v troske. Z úpravníckeho hľadiska treba pozornosť venovať mletiu, kvôli otvoreniu a uvolneniu zložiek medi z troskovej hmoty. Požaduje sa veľmi jemné mletie, 100% pod 0,05mm. Hlavnými komponentmi trosky môžu byť: fayalit, magnetit, beta chalkozín, kovová meď,alebo jej guľôčkovité útvary s inými sulfidmi, kubanit, bornit, digenit.

Xantogénany a ditiofosfáty sú vhodné zberače na dosiahnutie selektivity flotácie kovovej medi a sulfidov medi od sprievodných silikátov a oxiov železa a kremeňa. Flotácia sa realizuje v slabozásaditom rmute pri pH 7 až 8 bez reagencie. Z praktického hľadiska sa zdá byť ***etylxantogénan draselný*** ako optimálny zberač, ktorým sa získa koncentrát a odpad požadovaných kvalít. Flotačný čas je 35minút pričom kovnatosť koncentrátu je 20%Cu a odpad pod 0,3%Cu.

V troske zo šachtovej pece na spracovanie kovového medeného šrotu sa meď vyskytuje v tvare kovových kvapôčok a gulôčok v troskotvornej mase alebo je vylúčená v kryštáloch magnetitu a časť medi je v tvare CuFeO. Vzhľadom na výborné flotačné vlastnosti kovovej medi a ťažkých neželezných kovov možno tieto kovy získať z trosky zo šachtovej pece flotačne v podmienkach jednoduchého reagenčného režimu.

Dostatočnú selektivitu a kvalitu konečných produktov možno dosiahnúť etylxantogénbanom draselným ko zberačom, borovicovým olejom ako peničom v prostredí pH 8,0 až 8,5. Získaný koncentrát medi je 15%Cu, odpad 0,3%Cu, tj. 85% vyťaženosť medi do koncentrátu.

Z kovohutníckych trosiek obsahujúcich Cu,Pb,Zn možno tiež flotačne získať tieto ťažké kovy, ktoré majú podobné flotačné schopnosti. Avšak preto ***flotujú spolu do*** *kolektívneho koncentrátu.* Selektívna flotácia je v danom prípade nemožná. Pre flotáciu s cieľom získať kolektívny koncentrát sa zvolí analogický reagenčný režim ako pre flotáciu sulfidov ťažkých kovov.

7.5 Flotačné zariadenia

Konštrukcie flotačných strojov zohľadňujú optimálne požiadavky flotačného procesu z hľadiska hydrodynamických, fyzikálnych, chemických a fyzikálnochemických procesov, ktoré prebiehajú vo flotačnom prostredí. Základnou jednotkou flotačného zariadenia je flotačná cela. V priemyselnom meradle sa flotácia realizuje vo viacerých celách zapojených za sebou, ktoré tvoria flotačnú batériu.

Účinný priebeh flotačného procesu podmieňujú flotačné stroje plnením týchto funkcií:

1.Nepretržité premiešavanie rmutu na zabezpečenie dokonalej dispergacie zŕn rozdružovanej suroviny

2.Sústavné nasycovanie flotačného prostredia vzduchom, pokiaľ ide o množstvo a požadovaný stupeň disperzity vzduchových bublín

3.Vytvorenie relatívne pokojnej zóny mineralizovanej peny na hladine flotačného rmutu

4.Kontinuálne selektívne oddeľovanie penového a nepenového(komorového) produktu flotáciie

Podľa spôsobu miešania a prevzdušňovania rmutu sa flotačné stroje delia:

1.*Mechanické miešadlové flotačné stroje*: Rmut sa prevzdušňuje otáčaním miešadla. Miešadlo pri otáčaní nasáva z okolitého prostredia vzduch a pravidelne ho disperguje do celej flotačnej cely.

2.*Pneumatické flotačné zariadenia*: Rmut sa prevzdušňuje privádzaným stlačeným vzduchom

3.*Kombinované flotačné zariadenie*: Je kombináciou predchádzajúcich a zahrňujú v sebe výhody predchádzajúcich. Rmut sa prevzdušňuje stlačeným vzduchom a zároveň na premiešava.

4.Iné konštrukcie - mechanické flotačné stroje s fluidnou vrstvou
-injektorové flotačné stroje
-cyklónové flotačné stroje
-vákuové flotačné stroje
-elektroflotačné stroje

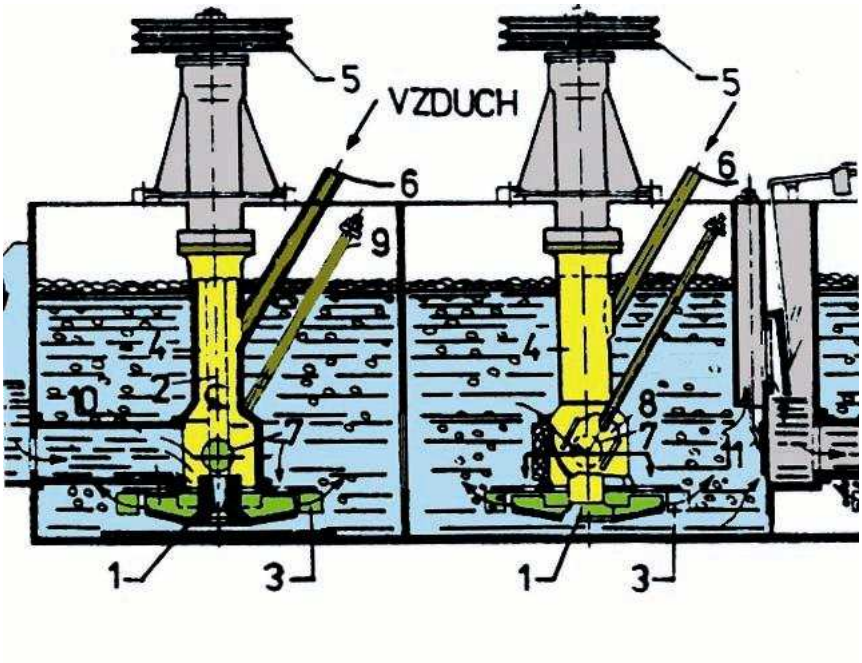
7.5.1 Mechanické flotačné zariadenia

Premiešavanie rmutu a potrebný vzduch na prevzdušňovanie sa nasáva a disperguje rýchle sa otáčajúcim miešadlom. Do tejto skupiny patria **Mechanobr,Denver,Humboldt, Fagergren, Wedag Booth** a ďalšie. Odlišujú sa hlavne v konštrukcii miešadla.

Miešadlo zložené zo statora a rotora vykonáva funkciu dispergátora a má aj funkciu nasávača. Miešadlo musí vytvoriť dostatočný podtlak na prúdenie rmutu z jednej flotačnej komory do nasledujúcej komory flotačnej batérie.

Flotátory sa konštruujú obyčajne tak, že dve alebo štyri komory tvoria smostatnú jednotku, tie sa podľa potreby zoraďujú vzájomným prepojením. V zóne okolo miešadla nastáva vírivé prúdenie a prevzdušňovanie rmutu, ktorý účinkom odstredivých síl je vháňaný do priestoru flotačnej komory. Nasávanie vzduchu z okolitej atmosféry podmieňuje vznik vákua v priestore rotor miešadla, ktorej obvodová rýchlosť je 7-10ms^{-1}. Dôležitou podmienkou pre účinnú prácu flotátorov tejto konštrukčnej skupiny je, by miešadlo pracovalo ako ventilátor, okolo ktorého sa vytvorí podtlaková dutina, ktorú nesmie zaplniť rmut.

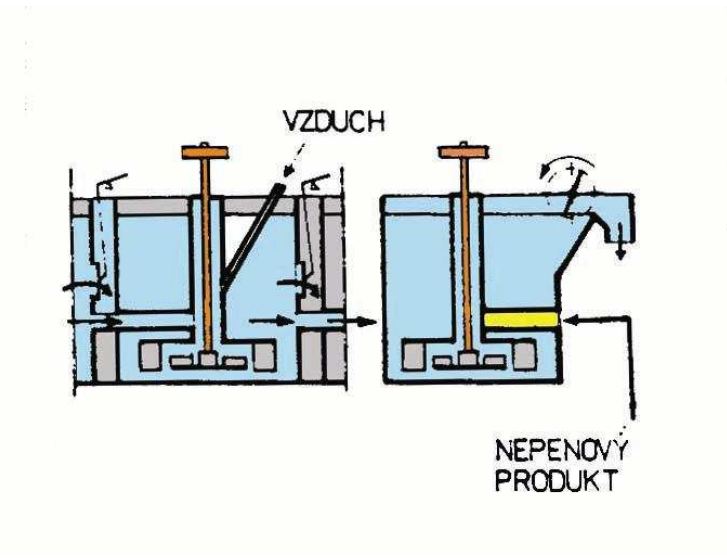
Obr.7.12 znázorňuje pozdĺžny rez flotačnou batériou Mechanobr. Každá flotačná batéria sa skladá z potrebného počtu zdvojených sekcií. Každá sekcia má jednu komoru nasávaciu a jednu prietokovú.

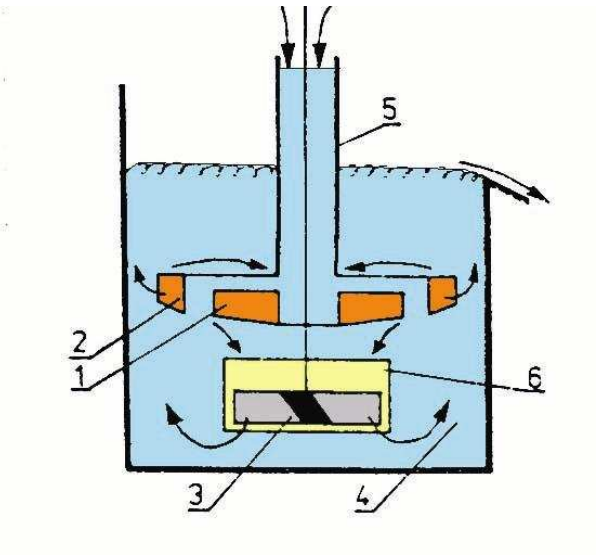


Obr.7.12 Flotačný stroj Mechanobr

Stator má lopatky natočené pod uhlom 45^0 až 60^0 k radiálnemu smeru. K valcovému telesu miešadla sa pripája rúra (6) na prívod vzduchu.. Rmut sa privádza rúrou (10) do priestoru miešadla.Nad miešadlom je ďaľší otvor pre vnútornú cirkuláciu(7), ktorého prierez možno regulovať tyčou(9), ktorá má fixovateľnú polohu.

Flotačný stroj Denver Sub-A znázorňuje schéma na (Obr.7.13). Ľavá časť znázorňuje flotačnú batériu a pravá časť flotátor. Hriadeľ je umiestnený v rúre, ktorá sa spája šikmou rúrou s vonkajším ovzduším. Ak je potrebné touto ovzdušňovacou rúrou možno priviesť aj stlačený zduch, tým sa tento flotátor zaradí medzi kombinované typy. Rmut sa privádza k miešadlu špeciálnou spádovou rúrou, ktorá vyusťuje nad miešadlom. Spádová rúra, vyznačená v priečnom reze, umožňuje prívod nepenového produktu späť do ktorejkoľvek komory flotačnej batérie.





Obr.7.13 Flotačný stroj Denver Sub-A **Obr.7.14 Flotačný stroj Denver –M**

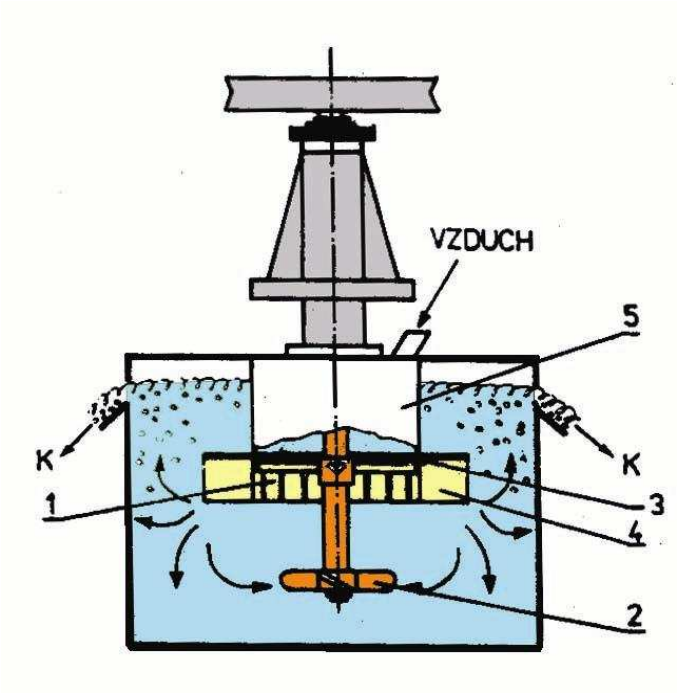
Flotačný stroj Denver–M (Obr.7.14) sa od predchádzajúceho typu líši tým, že na jednom hriadeli má dva rotory. Prvý rotor má väčší priemer a je umiestnený 800mm a druhý 1200mm od prepadoveh hrany flotačnej komory. Intenzívne prevzdušnenie rmutu sa dosahuje nasávacím účinkom prvého rotora a vzduch z okolitej atmosféry sa privádza rúrou (5) pod stator (2).

Zmes rmutu a vzduchu je vrhaná prvým rotorom do priestoru druhého miešadla ktorý ju nasáva. Tým sa dôkladne premieša rmut a vzduch v dolnej časti flotačnej komory (4). Rozpustený vzduch, ako aj jemne disperzné bubliny pri opustení priestoru (6) sa oddeľujú od kvapalnej fázy rmutu a spájajú sa na povrchu hydrofóbnych zŕn v tvare mikrobublín. Flotačné stroje tohoto typu sú vhodné na flotáciu ťažkých resp. hrubozrnných minerálov.

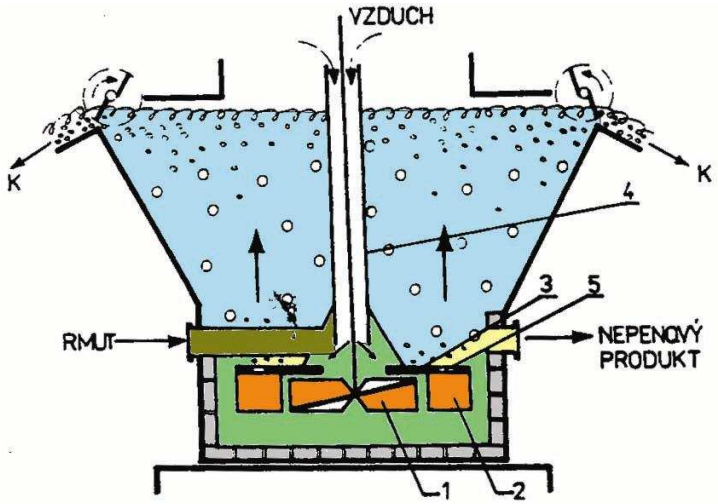
Flotačný stroj Booth schematicky znázornený na (Obr.7.15) má takisto na jednom hriadeli dve miešadlá, umiestnenbé nad sebou. Horné miešadlo má stator s radiálnymi lopatkami (3) rotor (1) má skrížené usporiadanie lopatiek lichobežníkového tvaru. Rotor intenzívne nasáva vzduch z priestoru nad statorom (5) a účinne ho disperguje. Dolné vrtuľové miešadlo (2) má dispergovať minerálne zrná nachádzajúce sa v dolnej časti komory

a usmerniť ich prúdenie do prevzdušňovacej zóny horného miešadla.

Táto konštrukcia zdvojeného miešadla zabezpečuje veľmi dobrú cirkuláciu rmutu, účinnú dispergáciu zŕn a vzduchu a požadovanú intenzitu prevzdušnenia flotačného prostredia. Penový produkt sa odvádza na obidvoch stranách prepadových hrán flotačnej komory.



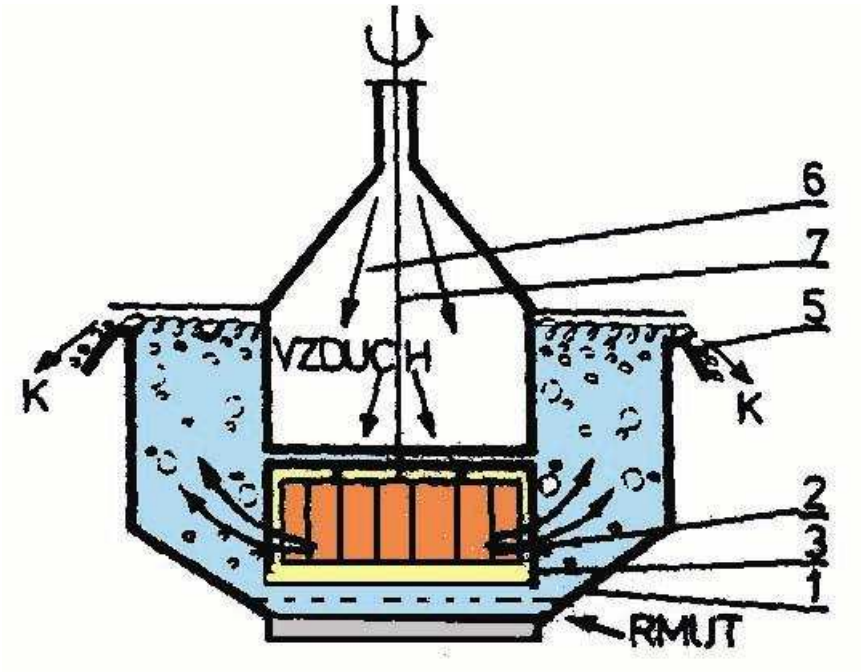
Obr.7.15 Flotačný stroj Booth



Obr.7.16 Flotačný stroj Humboldt

Flotačný stroj Humboldt (Obr.7.16) má rotor rôznej konštrukcie, môže byť lopatkový, alebo tvar nakloneného disku (1), kde na hornej a dolnej ploche sú umiestnené lopatky rozličnej veľkosti. Na obvode statora (2) sú rebríkovité lopatky medzi ktorými na ploche statora sú otvory (5). Vplyvom otáčajúceho sa rotora v priestore difúzora (4) nad statorom sa výrazne mení tlak a zriedenie,tento typ miešadla intenzívne premiešava a prevzdušňuje rmut. Flotátory Humboldt sa používajú najmä na flotáciu draselných solí železných rúd a uhlia.

Flotačný stroj Wemco-Fagergren (Obr.7.17) má miešadlo tvaru koša vytvoreného z tyčí. Rotor(2) rovnako stator (3) sú konštruované tak, že medzi dvoma diskami na hornej a dolnej časti sú upevnené tyče kruhového prierezu.



Obr.7.17 Flotačný stroj Wemco-Fagergren

Na hornú plochu statora sa upevňuje valcový kryt (6), ktorým rotor nasáva vzduch do priestoru miešadla. Na dolnom a hornom disku rotora sú upevnené lopatky- vrtuľovitého tvaru typu osového čerpadla a tým sa nasávací účinok miešadla zvyšuje. Rotor nasáva rmut zospodu a vzduch sa nasáva zhora do priestoru miešadla, dôkladne sa premiešáva, prevzdušňuje a prúdom je premršťovaný do priestoru medzi rotor a stator. V tejto zóne vzduch jemne disperguje a prevzdušnený rmut prúdi v horizontálnom smere do priestoru flotačnej komory.

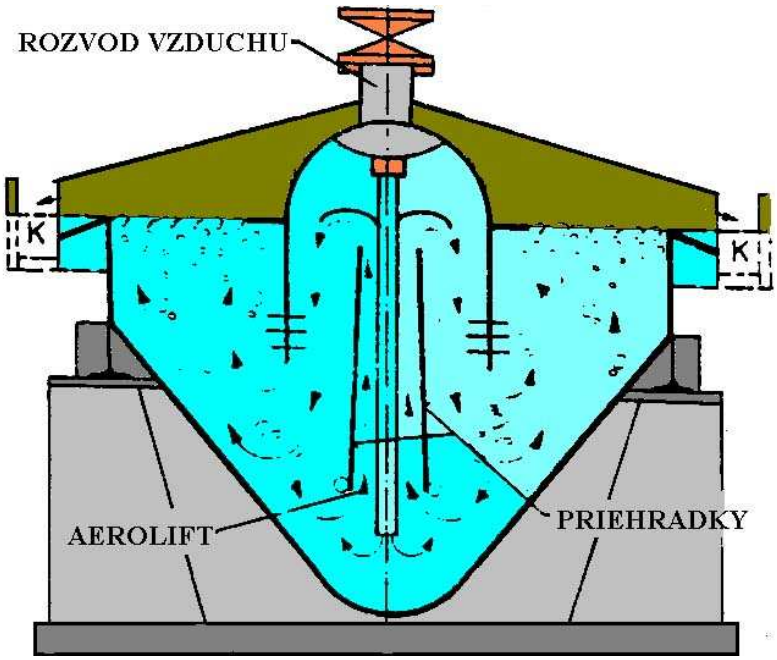
Mineralizované bubliny vzduchu sa pohybujú k hladine a mineralizovaná pena sa odvádza na obidvocvh prepadových hranách komory. Nepenový produkt-rmut sa vracia prúdením po bočných stenách komory naspäť do oblasti nasávacieho účinku rotora.

Horizontálne prúdenie prevzdušneného rmutu vymršťovaného rotorom a dosiahnutý vysoký stupeň prevzdušnenia spôsobuje, že flotácia prebieha intenzívne a účinne pri dosť nizkej hladine rmutu vo flotačnej komore.

7.5.2 Pneumatické flotačné zariadenia

Tieto flotačné stroje sa konštruujú bez miešadla a potrebné premiešavanie dispergáciu a prevzdušňovanie rmutu sa dosahuje stlčeným vzduchom. Vzduch sa do flotačného prostredia vháňa pórovitým dnom alebo sa privádza rúrkami zhora. Horný prívod-***aerolift*** sa používa častejšie lebo sa uplatňuje v plytkých (900mm) aj hlbokých(2-3m) flotačných komorách.

Flotačný stroj Southwestern zobrazuje schéma (Obr.7.18), patrí do skupiny plytkých flotátorov.



Obr.7.18 Schéma stroja Southwestern

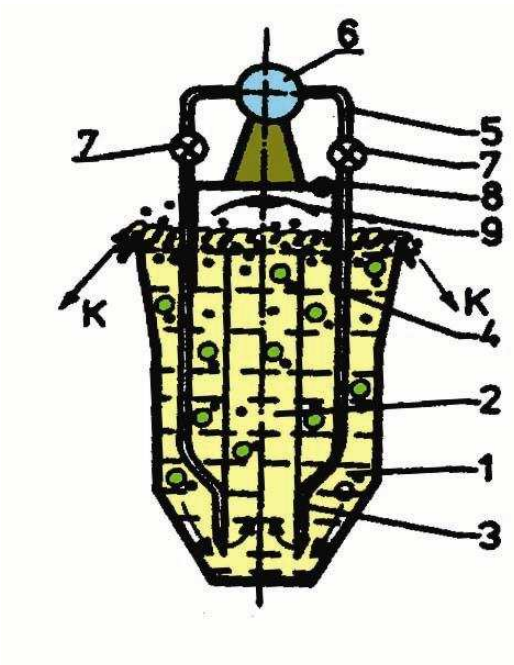
Je to podlhovastá komora tvaru žľabu.Hĺbka je 900mm, dĺžka závisí od požadovaného výkonu a môže byť až 20m. Stlačený vzduch sa privádza až na dno komory zvislými rúrami, ktoré sa pripájajú na spoločný rozvod vzduchu cez regulačné ventily. Na usmernenie prúdenia sú pozdĺž celej komory zabudované priehradky. Vzduchové bubliny premiešané s rmutom prúdia okolo prívodnej rúry smerom hore, kde sa bubliny spájajú so zrnami flotovaného minerálu. Prúdenie rmutu sa zakladá na princípe práce mamutieho čerpadla(aerolif). Vzduch sa privádza do flotačného prostredia pod tlakom 12 až 30kPa, spotreba vzduchu 1 až 13m^3.

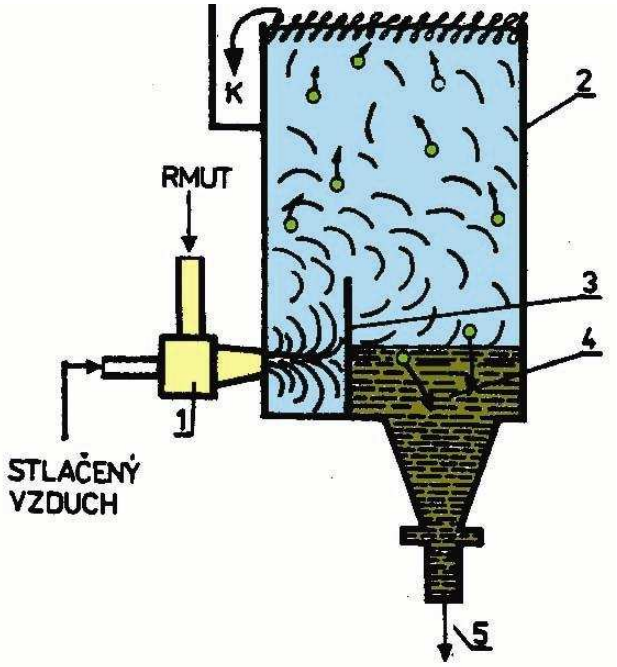
Aeroliftový flotátor Mechanobr AFM-2,5 (Obr.7.19) patrí do skupiny hlbokých pneumatických flotátorov. Má obojstranný prívod stlačeného vzduchu do dolnej časti komory.

Stlačený vzduch prúdi z nádrže (6) cez ventily (7) rúrkami (5), ktoré ukončujú štrbinové otvory zaslepené gumovými ventilmi (3) do priestoru flotačnej komory (1).

Rmut sa v dolnej časti komory intenzívne prevzdušňuje po celej dĺžke komory. Prevzdušnený rmut je vynášaný cez aeroliftovu komoru (2) na hladinu, kde sa tvorí mineralizovaná pena, ktorá obojstranne sa odvádza prepadovou hranou. Odrazový štít (9) zabraňuje vyhadzovaniu penového produktu. Flotátor je vysoko výkonný a zabezpečuje

intenzívnu cirkuláciu a premiešavanie rmutu, čo umožňuje flotovať aj hrubozrnnejšiu vsádzku. Skladá sa zo sekcií pri dĺžke komory 3m. Spotreba vzduchu 5-7m^3/min.





Obr.7.19 Flotačný stroj mechanobr AFM-2,5 **Obr.7.20 Flotačný stroj Davcra**

Flotačný stroj Davrca (Obr.7.20) používa dýzy, ktorými vháňa rmut a vzduch do flotačnej komory (2). V zmiešavacej dýze (1) sa premieša vzduch a flotačný rmut a táto zmes naráža na rozdeľovaciu stenu (3). V turbulentno-vírivých podmienkach sa uskutočňuje selektívne rozdružovanie.

Penový produkt sa hromadí vo vrstve mineralizovanej peny a naflotované zrná v zóne (4) bez vzduchových bublín. Tento flotačný stroj umožňuje flotáciu rmutu s viac ako 45hmot.% tuhej fázy

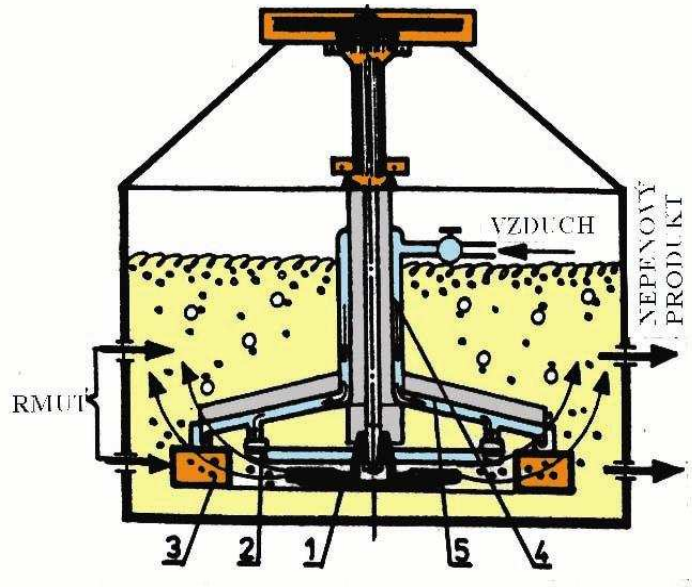
7.5.2 Pneumaticko-mechanické flotačné stroje

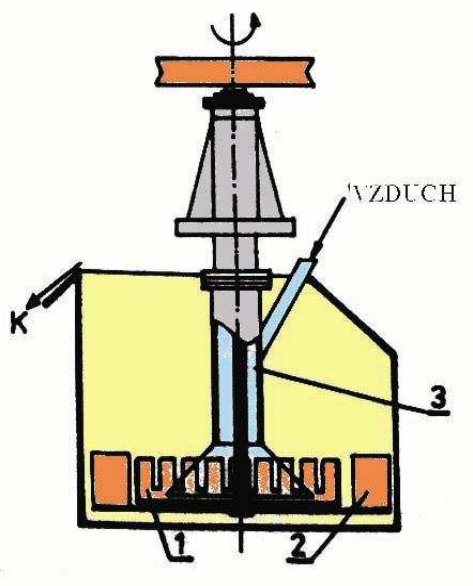
Spájajú prednosti predošlých druhov flotátorov. Charakteristickou črtou pneumaticko-mechanických flotačných strojov je to, že rotor sa otáča potrebnou rýchlosťou na dispergáciu minerálnych zŕn a vzduchových bublín, ale vzduch sa privádza do flotačného prostredia z kompresora alebo ventilátora pod tlakom 10-30kPa. To je veľkou prednosťou týchto flotátorov, že množstvo privádzaného vzduchu do flotátora nezávisí od otáčok rotora.

Flotačný stroj Sala –Boliden FR (Obr.7.21) je konštrukčne usporiadaný tak,že stlačený vzduch sa privádza do zóny premiešávania ako prúd jemne dispergovaných bublín. Miešadlo tohoto pneumaticko-mechanického flotátora sa skladá z rotora (1), nad ktorým je dutý gumový prstenec s dýzami (2) a lopatkového statora (3), ktorý má upokojovať prúd

prevzdušneného rmutu.

Vzduch sa vháňa pod tlakom 40kPa cez rúru (4) do dutých- hviezdicovo rozmiestnených ramien (5) až k obežnému kolesu rotora. Priemer rotora je 0,45 dĺžky strany flotačnej komory. Obvodová rýchlosť rotora je 7ms^{-1}. Celé miešadlo je vyrobené z kvalitnej elastickej gumy, čo má veľa predností z hľadiska životnosti, hmotnosti a s ňou spojenou





flotátora typu tavení prívodu avrú.

Obr.7.21 Flotačný stroj Sala-Boliden **Obr.7.22 Flotačný stroj Davy-S**

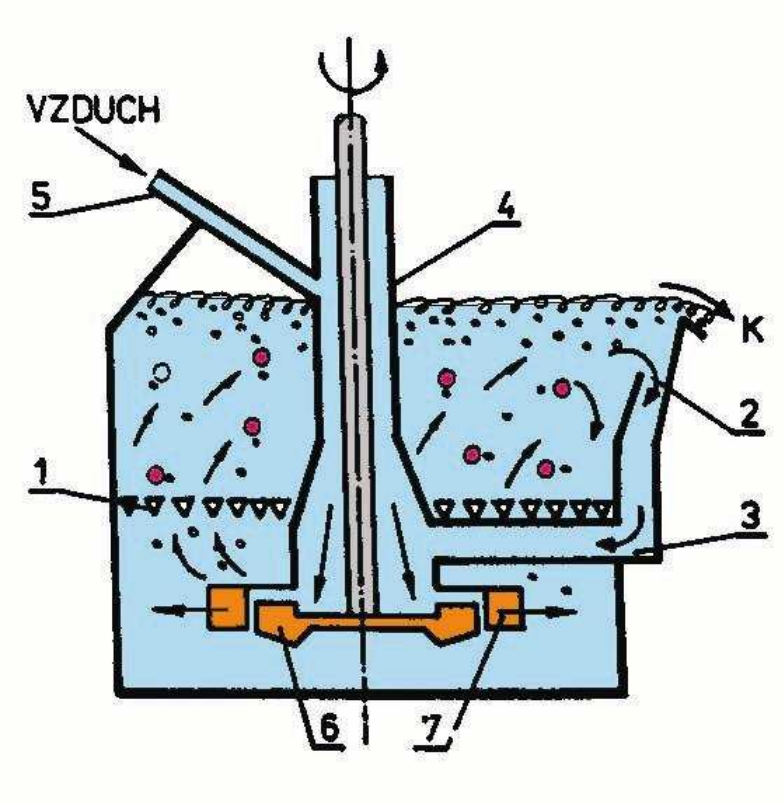
Flotačný stroj Davy-S znázorňuje (Obr.7.22).Rotor miešadla(1) má tvar kruhu, na obvode ktorého sú umiestnené tyče-palce smerom hore. Okolo rotora je stator(2) vytvorený s radiálne rozmiestnenými lopatkami.

Stlačený vzduch z vonkajšieho zdroja sa privádza rúrou (3),ktorá v dolnej časti sa rozširuje do tvaru kužeľa, do priestoru rotora. Prívod stlačeného vzduchu sa reguluje v rozsahu 20-40kPa. Regulačným ventilom možno nastavovať prevzdušnenie privádzacím vzduchom v množstve od 100 do 1000 litrov na m^2 za minutu pri obvodovej rýchlosti rotora 6-7ms^{-1}

7.5.3 Mechanické flotačné stroje s fluidnou vrstvou

V zóne mineralizácie vzduchových bublín pri mechanických flotačných strojoch je silné turbulentné prúdenie v dôsledku čoho sa u mineráloch väčšej zrnitosti prejavujú účinky zotrvačných síl. Výsledkom tohoto javu je obmedzenie flotovateľnosti hrubozrnných rúd. Boli vyvinuté flotačné stroje s fluidnou vrstvou, ktoré minimalizujú účinok zotrvačných síl vo flotačnom prostredí

Obr.7.23 znázorňuje schému Flotačného stroja FKM-63, Flotačnú komoru rozdeľuje rošt (1) na dve oddelenia. V dolnom oddelení sa do priestoru miešadla nasáva vzduch a privádzaný rmut a vzniká pri tom dokonalá dispergácia.



Obr.7.23 Flotačný stroj FKM-63

V hornom oddelení je fluidná vrstva, v ktorej sa mineralizujú vzduchové bubliny a ich vzostupný pohyb podporuje vzostupné laminárne prúdenie. Vrstva mineralizovanej peny postupne opúšťa hladinu prepadovou hranou (K) a rmut prúdi medzerou (2) a rúrou (3) do priestoru nad rotorom (4). Nasávaný vzduch (5) sa dokonale premieša s rmutom a vytvorenú zmes rotor vymršťuje medzerami medzi lopatkami statora (7).

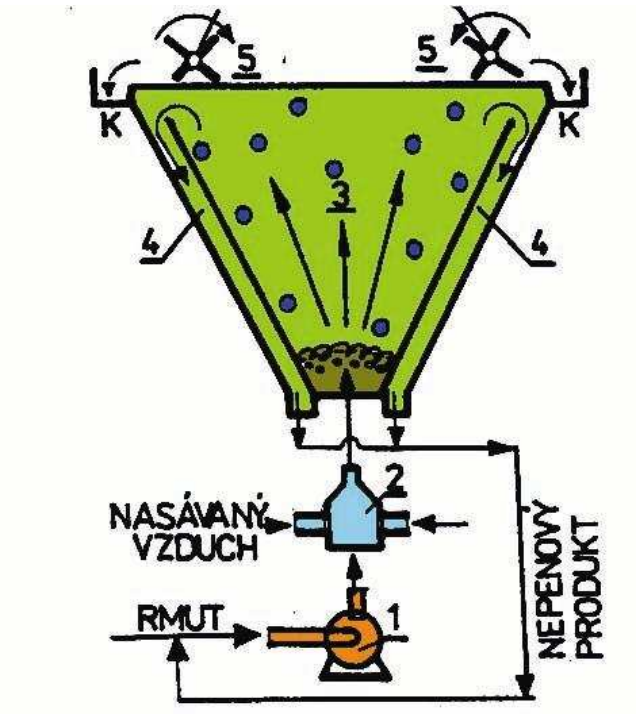
Miešadlo umožňuje cirkuláciu rmutu medzi horným a dolným oddelením komory a tým sa predlžuje čas pre možné stretnutie bubliny a zrna, ďalej sa zvyšuje pravdepodobnosť flotácie. Ďaľšou prednosťou tejto konštrukcie flotátora je ,že v podmienkach zníženej turbulencie sa minimalizuje demineralizácia vzduchových bublín a agregát minerál-bublina prúdi najkratšou dráhou k hladine, čím sa zvyšuje rýchlosť flotácie 1,5-2 násobne.

7.5.4 Injektorové flotačné stroje

Princípom práce injektora je nielen zabezpečiť dispergáciu, ale vyššiu účinnosť rozpúšťania vzduchu vo vode, ktorý sa potom vylučuje na povrch hydrofóbnych zŕn. Príkladom je flotátor na (Obr.7.24).

Rmut sa privádza čerpadlom (1) do injektora (2), v ktorom sa prevzdušní nasávaným vzduchom z okolitej atmosféry. Prevzdušnený rmut je rovnomerne rozptýlený a pod tlakom sa vháňa do flotačnej komory (3) Mineralizované bubliny sa oddeľujú od rmutu, ktorý prúdi medzistenou (4) a vedie sa do agitačnej nádrže pred čerpadlom.

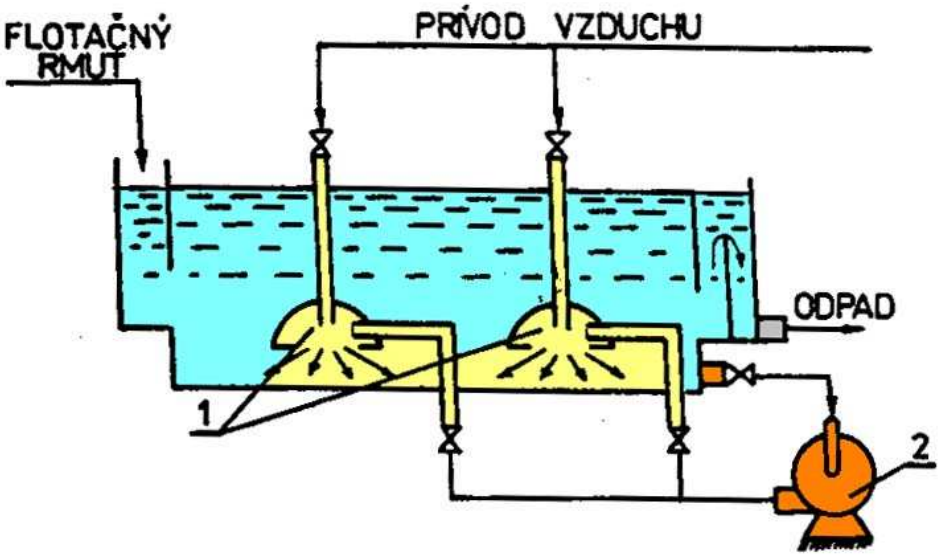
Táto konštrukcia má veľa predností, má však aj vážne nedostatky, ako nadmerné abrazívne opotrebovanie čerpadla a vysoká spotreba energie.



Obr.7.24 Injektorový flotačný stroj

7.5.5 Cyklónové flotačné stroje

V konštrukcii cyklónových flotačných strojov sa odráža snaha po vytvorení optimálnych podmienok na dispergenciu vzduchu a dokonalé prevzdušnenie rmutu. Principiálnu schému znázorňuje (Obr7.24).



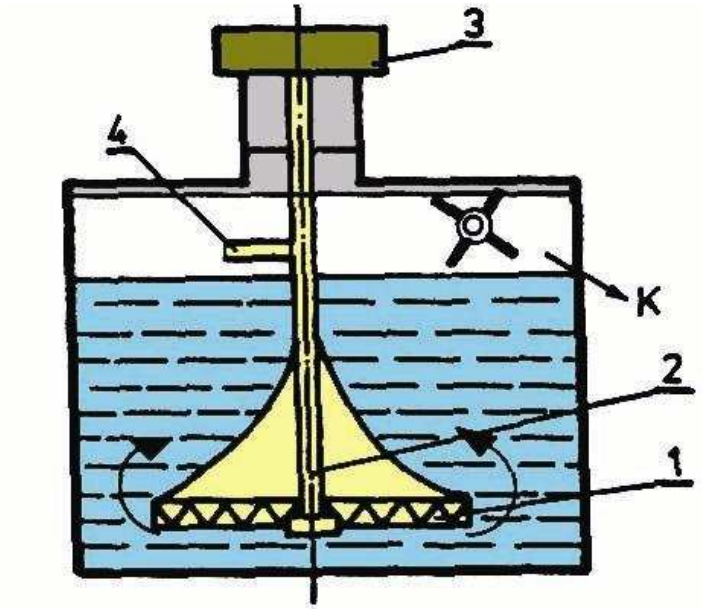
Obr.7.25 Cyklónový flotačný stroj

Do cyklónu-aerátora (1) sa privádza vzduch pod tlakom 15-20kPa. Rmut od čerpadla (2) sa tangenciálne privádza do cyklónu (1). V priestore cyklónu je vysoký stupeň turbulencie a tým možno dokonale rozptýliť obidve fázy a z cyklónu vyteká dýzou dýzovým-vejárovým prúdom dokonale prevzdušnený rmut.

Cyklóny vo flotačnej komore sa rozmiestňujú vo vzdialenosti 1200mm. Penový produkt sa obojstranne odvádza prepadovou hranou. Nepenový produkt cirkuluje, predstavuje to 25-30% objemu flotačnej komory.

7.5.6 Vibračné flotačné stroje

Sú zostrojené na princípe využitia vibrátora s vysokými dispergačnými účinkami, pričom vibrácia prestúpi celý objem rmutu.Vo vibračnom flotačnom



Obr.7.26 Vibračný flotačný stroj

stroji pneumaticko-mechanického typu, ktorého schému zobrazuje (Obr.7.26), funkciu miešadla vykonáva disk (1), ktorý má po celej ploche povrchu kužeľové otvory. Disk je upevnený na dutom hriadeli (2), cez ktorý sa nátrubkom (4) privádza stlačený vzduch.

Diskový aerátor sa pohybuje od elektomagnetického vibrátora (3). Rozvibrovaný diskový aerátor vyvoláva vďaka kužeľovitým otvorom cirkulujúci pohyb rmutu smerom ku dnu flotačnej komory a odtiaľ k bočným stenám a späť k aerátoru. Počas cirkulácie sa rmut prevzdušňuje a z dokonale dispergovanej zmesi sa oddeľuje mineralizovaná pena.

7.5.7 Vákuové flotačné stroje

Patria do skupiny flotátorov, ktoré pracujú na princípe rozdielneho tlaku nad hladinou a v objeme flotačného prostredia. Rmut pred vstupom do flotačnej komory sa dokonale

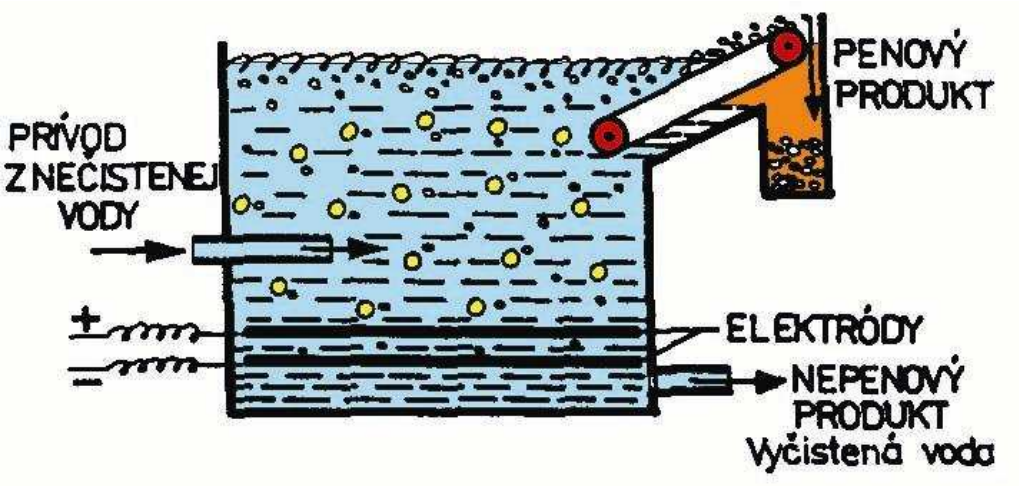
premieša s flotačnými reagenciami a takto pripravený sa premieša s veľkým množstvom vzduchu.

Rmut nasýtený vzduchom prúdi potom do uzavretého priestoru flotačnej komory nachádzajúcej sa pod účinkom vákua. Znížením tlaku nad hladinou rmutu sa minerálne zrná a vzduchové bubliny pohybujú v objeme rmutu a bubliny sa spájajú s hydrofóbnym povrchom flotovaných zŕn.

Hydrofilné zrná sa usadzujú na dne flotačnej komory. Použitie vákuových flotátorov má umožniť účinný priebeh a selektivitu flotácie veľmi jemných-kalových zŕn. Ich aplikácia v praxi naráža na rad ťažkostí technického a konštrukčného charakteru. V súčasnosti sa používajú na flotáciu uhlia a na čistenie priemyselných odpadových vôd.

7.5.8 Elektroflotačné stroje

V súčasnosti sa v praxi používa pomerne veľký počet konštrukčných riešení flotačných strojov a zariadení na elektroflotáciu. Principiálnu schému elektroflotačného stroja znázorňuje (Obr.7.27)



Obr.7.27 Elektroflotačný stroj

V elektroflotačných strojoch podstatnú úlohu majú elektródy-katóda a anóda. Na styku elektródy s roztokom nastávajú rozličné elektrochemické reakcie. Pri elektrolýze vznikajú veľmi jemné bubliny (0,05 až 0,2mm) vodíka a kyslíka, resp. aj ďaľších plynov, a to v zmesi s bublinami vzduchu alebo bez nich.

Elektroflotáciu charakterizujú bubliny veľmi malého priemeru. Majú celkový povrch veľký a vzhľadom na dosť malú silu vyvolávajúcu ich vzostupný pohyb zdržujú sa dlhý čas vo flotačnom prostredí. Táto skutočnosť podmieňuje vhodnosť elektroflotácie na oddeľovanie veľmi jemných zŕn.

Veľmi malé bubliny na povrchu hydrofóbnych zŕn podmieňujú ďalej ich priľnutie k bublinám väčšieho priemeru. Pri takýchto podmienkach flotujú veľmi malé zrná buď jednotlivo alebo ich agregáty. Tieto konštrukcie flotátorov sa používajú na flotáciu diamantov a najmä na čistenie odpadových a priemyslových vôd. Používajú sa najmä v chemickom, potravinárskom a papierenskom priemysle.

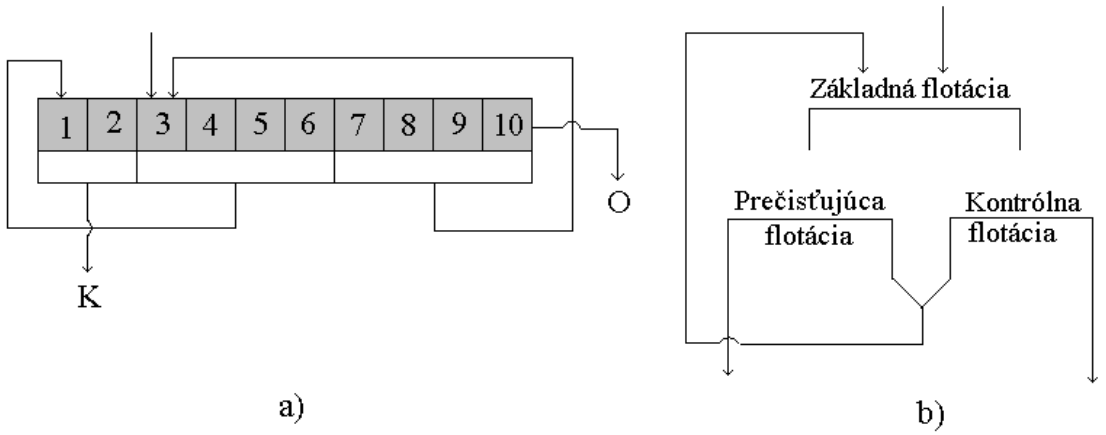
7.6 Pomocné zariadenia

Flotačné oddelenie úpravne má rôzne pomocné zariadenia na kontrolu a reguláciu flotačného procesu. Patria k nim ***automatické vzorkovače rmutu*** vstupujúce do základnej flotácie a ***vzorkovače*** produktov flotácie, ***automatická kontrola a regulácia hustoty rmutu***,***pH prostredia***, ***teploty rmutu***, ***kontrola iónového zloženia rmutu*** a na jej základe automatická optimalizácia hlavných činiteľov vplývajúcich na proces a selektivitu flotácie. V súčasnosti vo svete sú už úplne automatizované flotačné úpravne, ktorých proces ovláda počítač.

Osobitná pozornosť sa venuje automatizovanému spôsobu dávkovania flotačných reagencií a kontrole ich zvyškovej koncentrácie na zabezpečenie ekvivalentného množstva reagencií obsahu úžitkových zložiek vo flotačnom rmute. Patria k ním ďalej čerpadlá na dopravu rmutu a flotačných produktov, rôzne nádrže, zahusťovače a zariadenia na odvodňovanie konečných produktov. K flotácii bezprostredne patria ***dávkovače flotačných reagencií*** a miešadlové-***agitačné nádrže.***

7.7 Schémy priemyselnej flotácie

Flotácia prebieha v rade flotačných ciel zvaných flotačná batéria. Postup rmutu flotačnou batériou a miesta odoberania jednotlivých produktov znázorňuje základná schéma flotácie (Obr.7.28)



Obr.7.28 Schémy priemyselnej flotácie

Rmut sa privádza do cely (3), kde sa získajú dva produkty-***mineralizovaná pena***, ktorá obsahuje zrniečka úžitkového minerálu a ***rmut so zrniečkami***, ktoré neflotovali.

Flotačná pena sa odoberá ako koncentrát a rmut predstavujúci odpad z tejto cely postupuje na flotovanie v ďaľšej cele (4), v ktorej prebieha ten istý proces.

Pochod prebiehajúci v celách (3),(4),(5) a (6) nazývame základnou alebo prvotnou flotáciou. Koncentrát zo základnej flotácie však býva ešte znečistený a vedie sa preto do ciel (1) a (2), kde prebieha prečisťovacia flotácia.

Z prečisťovacej flotácie dostaneme výsledný koncentrát o dostatočnej kovnatosti, ktorý je predajným produktom. Odpad prečisťovacej flotácie vedie sa späť do základnej flotácie, pretože obsahuje ešte určité množstvo úžitkovej zložky. Odpad základnej flotácie obsahuje ešte určité množstvo úžitkovej zložky a vedie sa preto do kontrólnej flotácie, ktorá prebieha v celách 7,8,9 a 10.

Pena z kontrólnej flotácie vedie sa späť do základnej flotácie a odpad kontrolnej flotácie je konečným flotačným odpadom. Tá istá schéma v lineárnej forme je na (Obr.7.28b). V lineárnej schéme sa značia jednotlivé operácie a šípky označujú postup jednotlivých produktov. Schémy flotácie rúd bývajú veľmi rôznorodé a závisia od vlastností a obehu úžitkového minerálu v rude, jeho vtrúsenosti, technických požiadaviek na koncentrát, reagenčného režimu, typu používaných flotačných zariadení a iné.

Schéma flotácie sa určuje hlavne počtom prečisťujúcich a kontrolných flotácií a tiež spôsobom spracovania medziproduktov.Čím sú vyššie technické požiadavky na koncentrát a čím nižší je obsah úžitkového minerálu v rude, tým cez viac prečisťujúcich operácií sa musí viesť koncentrát základnej flotácie**.**

Ak je úžitková zložka v rude zvlášť cenná, takže nesmie nám unikať do odpadu a čím je ruda bohatšia, tým viac musí byť kontrólnych operácií cez ktoré prechádza odpad základnej flotácie. Spôsob spracovania medziproduktu tiež podstatne vplýva na schému flotácie. Obyčajne sa pena kontrólnej flotácie vracia späť do základnej flotácie prípadne z ďaľších kontrólnych do predchádzajúcich kontrólnych flotácií, takže sa upravuje spolu s ostatným rmutom.

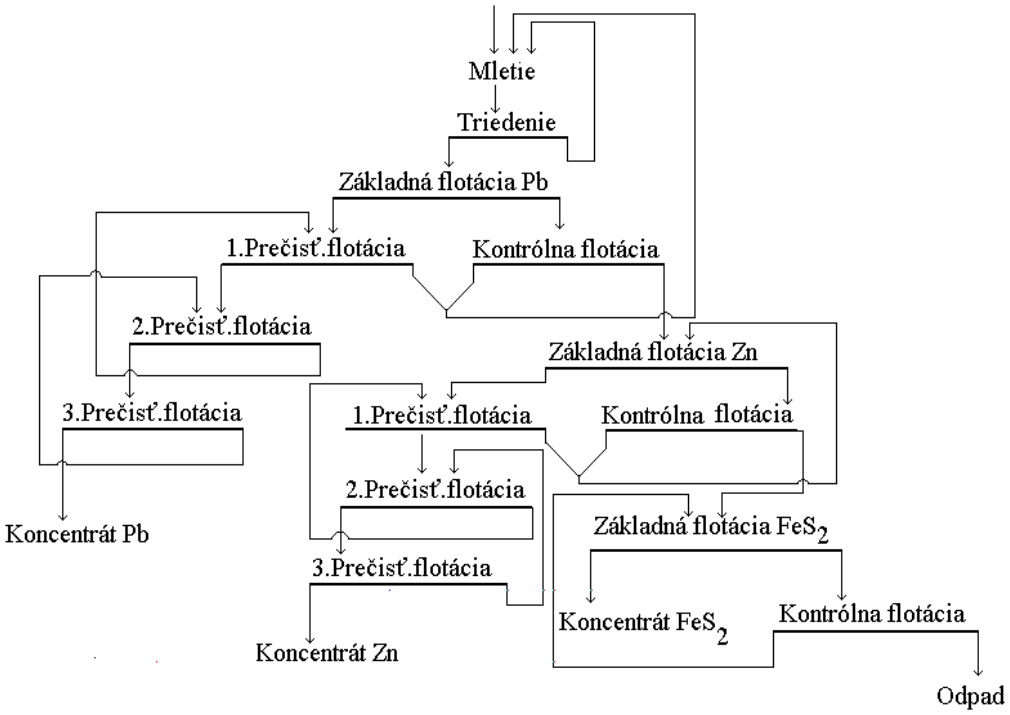
Ak medziprodukt predstavuje prerasteninu, ktorá vyžaduje domieľanie, aby sa úžitková zložka uvoľnila zaraďuje sa do schémy ešte mletie medziproduktov. Medziprodukty sú často veľmi riedke a preto pred ich zavedením do prúdu rmutu musia sa zahustiť. V niektorých prípadoch je nutné odstrániť z rudy kal, ktorý prekáža při flotácii pretože obaľuje minerálne zrniečka hydrofilným koloidným povlakom a znemožňuje ich vyflotovanie.

Ešte zložitejšie sú schémy fotácie polymetalických rúd pri úprave ktorých získavame viac produktov. Ak pri flotácii získavame len jeden produkt hovoríme o ***jednoduchej flotácii***, ak získavame viac produktov, hovoríme o selektívnej flotácii. Pri selektívnej flotácii môžu byť nasledovné schémy:

1.Postupná selektívna flotácia (Obr.7.29). Je to postup, pri ktorom sa z rmutu postupne vyflotujú jednotlivé zložky. Odpad jednej flotácie je podaním do nasledujúcej flotácie.

2. Kolektívno-selektívna flotácia, pri ktorej sa najprv získa kolektívny koncentrát, obsahujúci všetky úžitkové zložky a tento koncentrát sa postupne rozdelí na jednotlivé zložky.

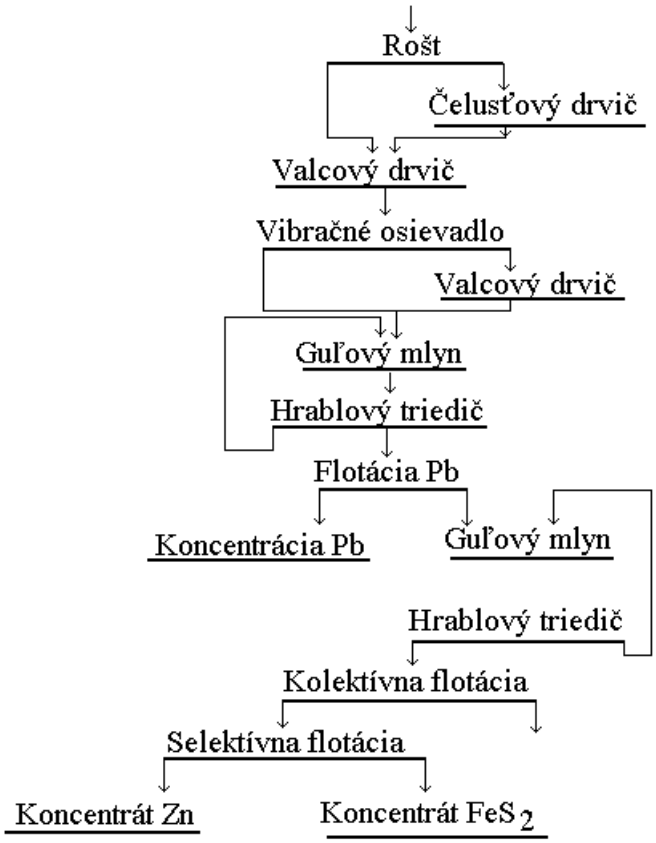
Postupná selektívna flotácia sa najčastejšie používa vtedy, ak sa v rude môžu jednotlivé zložky účinne potláčať a potom znova aktivovať.



Obr.7.29 Schéma selektívnej flotácie Pb,Zn, FeS_2 rudy

Kolektívno-selektívna flotácia je účelná pri úprave chudobných rúd a príprave rúd, ktoré sú s jalovinou hrubo prerástané, takže na získanie kolektívneho koncentrátu stačí hrubé mletie, ale na vzájomné oddelenie jednotlivých zložiek treba jemnejšie mletie. V niektorých prípadoch, keď je účelnejšie úžitkové zložky oddeliť chemicky alebo hutnícky, získava sa flotáciou len kolektívny koncentrát.

V praxi je často používaná aj ***viacštádiová schéma flotácie*** (Obr.7.30). Je charakteristická tým, že sa z rudy pri hrubšom mletí odstráni podstatná časť jaloviny a koncentrát, ktorý má ešte nízku kovnatosť sa melie a flotuje v druhom štádiu. Takáto schéma je zvlášť účelná pri nerovnomerne vtrúsených rudách a pri rudách, ktoré majú sklon k podomieľaniu.



Obr.7.30 Lineárna schéma úpravne