

苏联採礦新技術小叢書之五

選 浮 的 煤

苏联 維·伊·克拉辛著

胡 为 柏譯

炭工業出版社

內 容 提 要

这本小册子是作者根据他在莫斯科「工程技術人員之家」的講演稿經過整理編寫而成。書中除簡要地介紹了煤浮選過程的實質和煤浮選理論的基本情況外，對於浮選劑的作用、浮選機的操作以及技術操作過程的組織等問題作了比較詳盡的論述。

本書可供從事選煤工作的工程技術人員及礦業專科學校師生閱讀。

В О П Р О С Ы Ф Л О Т А Ц И И У Г Л Е Й

В. И. К Л А С С Е Н

根据苏联國立煤礦技術書籍出版社1954年莫斯科版翻譯

書号282

煤 的 浮 選

胡 力 柏 譯

煤炭工業出版社出版 (地址：北京前門外大街甲15號)

北京市印刷廠製書部承印 32開本 84頁

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

編輯：程魁忠 校對：陳楓

850×1092 1/32開本 * 16印張 * 16千字 * 印1—1,600冊

一九五六年三月北京第一版第一次印刷

定價(8)0.18元

目 錄

緒 言	2
工業浮選設備的實際工作指標及煤浮選的發展遠景	3
煤浮選理論的基本情況	5
浮選時煤粒向氣泡附着	5
浮選劑的作用	10
浮選機的操作	15
關於煤浮選效率的提高及優良浮選劑的探索	17
關於選煤用的浮選機	20
煤浮選時發生的一些其他問題	23

緒 言

在蘇聯共產黨第 19 次代表大會關於蘇聯發展 1951—1955 年的第五個五年計劃的指示中，規定在五年內選煤工業的增長約為 1.7 倍。

為了完成規定的任務，在煤礦工業中要以極快的速度來增加選煤廠的生產能力，並且要運用最先進的和最完善的選煤技術操作方法。

在原煤中含有大量小於 1 公厘的煤粒；例如頓巴斯的煤中，小於 1 公厘的含量佔 10—15%，其中含灰分 15—20%。此外，由於在選煤廠中煤的擦碎和磨細，使這種細粒部分額外形成了 6—12%（按與原煤之比），其中灰分含量介於 12—25%。

由於煤粒很細小，這一類物料的精選就有很多技術上的困難。

原則上細粒煤可藉煤與矽石的比重不同而加以精選（重力選礦法），藉電的性質不同而加以精選（靜電選礦），以及藉煤與無機雜質的表面性質不同而加以精選（浮選）。

所有這些方向都有實際的意義。而最有前途的是應用高頻率跳汰機——這是最新的重力選礦法。此法能很有效地精選細達 0.5 公厘的煤。最近由於 И.М. 越爾霍夫斯基和 В.И. 赫凡（莫斯科礦業學院）的研究證明，能有效地用跳汰精選法處理的煤的粒度，還可能向更細的界限推行。但是，高頻率跳汰法並不能處理所有的煤粉——其微細部分用此法不能精選。

精選細粒煤的最有效而普遍採用的方法是浮選法。如大家所知道的，此法的實質如下：在細的煤粒和矽石粒與水的混合體（礦漿）中，加入浮選劑來增強這些礦粒被水潤濕的差別，並利於

形成泡沫。當向礦漿中通入大量微細的氣泡時，含灰分少的煤粒就附着於氣泡表面，並被氣泡攜帶至礦漿表面形成礦化泡沫。這種被煤所聚集的泡沫，從礦漿中刮出就是精煤。矽石粒不向氣泡附着，而存留在浮選機中與精煤分別從機中取出。

浮游選煤的主要優點是能精選微細的煤。不論粒度分得多麼細，粒度愈細器械生產能力則愈高。後者是與氣泡的〔有效表面〕的高度發展有關的。經測知1立方公尺礦漿中氣泡的總面積為幾千平方公尺。

工業浮選設備的實際工作指標及 煤浮選的發展遠景

目前，有很多以新式器械裝備起來的浮選設備，在相當長的時期內連續而有效地運轉着。頓巴斯選煤廠的一些浮選技術操作指標列在表1內。

工業上運用浮選法來精選細粒煤之所以獲得現有的成績，是與大批工程師、先進工人和學者的集體的有目的的工作分不開的。很顯然，這一選煤方法還需要進一步改進。

煤的浮選有什麼問題需要進一步發展呢？其中包括：

1. 減低精煤中灰分的含量並同時減少煤在尾礦中的損失 到現在即使在浮選中級可選性的煤，亦不能得到含灰分約5—6%的精煤(表1)。在浮選難選煤的場合下，精煤中的灰分將增加至10%。高灰分的細粒以及偶而有浮選活性的粗粒亦會轉入精煤中。但，也有相當粗的純煤粒留在尾礦中。

2. 減低精煤中的含硫量 目前在較好的情況下煤浮選時，精煤中的含硫量可減至0.2—0.5%。應當指出，不僅細粒散佈的黃鐵礦(硫化鐵)(它是很難分開的)混入精煤中，並且純粹的黃鐵

礦顆粒也混入精煤中。浮選劑和所有浮選條件，並不表明能大量抑制含硫量大的浮游顆粒；但浮選時除硫的效率，很明顯是可能有些提高的。

頓巴斯選煤廠浮選設備的操作指標

表 1

(1953 年 9 月)

指 標	斯大林選煤托辣斯						伏羅希洛夫城選煤托辣斯			
	卡爾明斯克	諾伏烏斯諾夫	涅克多夫	4/5 涅克多夫	捷爾辛斯克	13 別是蘇維次克	依爾明斯克	克萊伏羅希斯克	布梁斯克	全托辣斯平均
灰分:										
浮選粉礦%	16.4	11.9	14.5	12.8	15.6	13.3	15.6	16.6	16.9	16.2
精 煤%	7.8	7.8	9.2	7.4	8.9	7.1	6.7	8.4	7.9	7.4
尾 礦%	61.8	70.5	67.0	50.2	42.6	47.4	43.9	36.0	44.3	42.6
精煤產出率(就浮選粉礦%而論)	85.6	93.4	90.8	87.4	75.2	84.7	76.1	70.2	75.0	74.4
精煤產出率(就原煤%而論)	15.5	10.2	10.3	4.6	2.3	3.5	17.0	8.8	10.8	—

3. 找尋便宜而易得的浮選劑並減低其消耗量 這與上而所提到的兩個問題有直接聯繫的，並且也有很大的技術經濟及衛生方面的意義。迄至目前，煤浮選時應用一些偶然的葯劑，其消耗量是相當大的。

4. 增加浮選機的生產能力並減低其耗電量 迄今選煤廠中所裝備的浮選機，是為選金屬礦而製造的，就不能照顧到煤浮選的特殊條件。這些浮選機生產能力相當小，並且耗電量較大。在許多情況下，這些浮選機還可將煤大大的磨細，這就使浮選及浮選產品的脫水作業變壞。

5. 藉調節煤的岩相組成來改善煤的煉焦性 如所週知，煤的

燒結性是與其中所含的岩相組成有一定關係的。而這些岩相組成有不同的浮選性質，這種性質的差別可因選用相應的浮選劑而使之加強。

6. 浮選過程的控制和自動化調節 這不僅能使浮選成本減低，並且造成一切浮選過程均衡進行生產所必須的條件，浮選過程均衡的進行生產，必然會很實際地改善浮選的成績。

7. 浮選輔助過程的改善——浮選精煤的脫水及乾燥，精煤從倉中的卸出，以及回水的澄清和再用（這不僅減輕供水問題，並在一定程度上減低浮選劑的消耗量）。

只有全面地考慮到浮選理論所獲得的成就，才能很快的並且最正確的解決上述問題。

所以在討論上述問題的解決辦法之前，我們先略述煤浮選理論的現狀。

煤浮選理論的基本情況

近代浮選理論是根據物理化學領域的研究和有用礦物精選的技術操作而建立起來的。

現不詳述一般的浮選理論，而簡述三個主要的問題：氣泡表面的選擇性礦化，浮選劑與礦物的作用以及浮選機的操作。

浮選時煤粒向氣泡附着

煤粒是由於這樣的原因進行向氣泡附着的，就是這些煤粒的表面，尤其是經浮選劑處理的煤粒表面，對水分子的吸引力很弱（圖1a及2），並且不易被水所潤濕。當氣泡碰到煤粒時，它們之間的水層很快地就變薄，而且由於極小的力和在氣泡和煤粒接觸的極短時間內破裂。煤粒在千分之一秒的時間內，能相當穩固地

附着於气泡表面。

矽石顆粒恰恰相反，它很強烈地吸引水分子(圖 1 a)，因此很易被潤濕。它的周圍由或多或少地正規排列的水分子形成一層薄膜，其中水分子相當穩固的串連起來並固着於顆粒周圍的電場中。這層難於排除的薄膜阻止了矽石向气泡附着。

從這種對促進或阻止浮選時气泡礦化的原因進行簡單的研究可知，圍繞着礦粒和气泡的水分子膜(所謂水化膜)，在气泡礦化時起着主導作用。所以要略為詳述這種膜的性質及決定這些性質的原因。

如所週知，水化膜係由有複極性的水分子所組成。換言之，在這種分子的兩端有正電荷或負電荷(圖 1 8)。位於水中的礦物表面，由於分佈在表面的個別原子的電荷沒有互相對消而放出有一定的電荷。在這些電力的作用下，形成在表面相互間按一定規則方向的第一層水分子膜。這些分子進一步由於分子間的引力互相串聯。

因此，表面的水化性，決定於表面電荷值所決定的表面組成和結構。

常見的有三類物質——非極性物、極性物和複極性物。其分子表面有不同的電荷，從而其表面有不同的水化性。

非極性物的分子所具有的未對消的力很少。這種物質的原子排列是對稱的，所以非極性物的性質與其分子組成空間的排列無關。非極性物難溶於水，在水中不分解成為離子，並且水化作用很弱(圖 1 a)。

與此相反，極性物的分子具有大量未對消的力，易溶於水，並且水化作用很強。

複極性分子(圖 1 u)由兩部分組成：水化作用很強的極性部分及不易水化的非極性部分。

純粹的含煤物由極性的和非極性的分子組成。但是非極性分

子在煤中比在極大多數其他礦物中多得多。所以僅僅純而發亮的

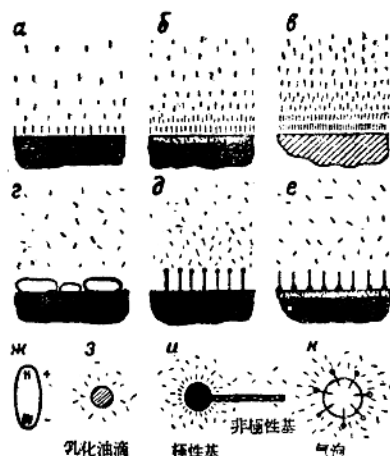


圖 1 各種表面及浮選劑的水化作用示意圖
 a—純疎水性的煤的表面；b—煤的氧化或礦化表面；c—灰分粒的表面；d—油膜對煤表面的影響；e—帶有複極性分子吸附層的煤的親水性表面；f—帶有複極性分子吸附層的煤的親水性表面；g—水的偶極圖；h—油類浮選劑油滴的水化作用；i—浮選劑的複極性分子的水化作用；k—帶有複極性分子吸附層的氣泡表面的水化作用。

煤是[天然疎水性的]，其表面的水化作用相當弱(圖 1 a)。在煤中常有或多或少地以不同程度浸散夾雜的礦物，並且煤的表面常有一些氧化。由於這二種現象，就增加了煤中極性物的含量，從而增加煤粒表面的水化(圖 1 b)。矽石顆粒主要由極性物所組成，如前面所指出的，其水化作用很強(圖 1 c)。

要使礦粒向氣泡固着，就須大大地減少水化作用；反之，要避免固着，就要增加水化作用。此外，為了使礦粒與氣泡固着，必須要具有相當的力量和足夠長的時間。

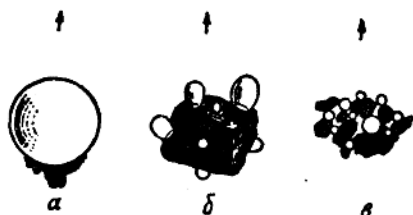


圖 2 煤粒与气泡在浮选時形成的各种集合体

近代浮选理論，如煤粒浮游的理論已大大擴展。譬如以前認為，僅限於一个气泡帶一顆或數顆礦粒上浮至泡沫中（圖 2 a），但現在已確定煤粒（特別是粗粒）可被一羣气泡浮起（圖 2 b），或形成所謂浮团（аэрофлокул）（圖 2 c）。浮团的气泡表面利用得最好，也就是浮选过程進行得最有效。

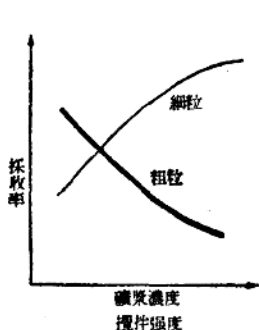


圖 3 各种不同大小煤粒的可浮性与礦漿濃度及礦漿攪拌強度的原則性關係圖

气泡被不同大小的礦粒所礦化，以及一些可調節的重要因素（如 礦漿濃度及礦漿在浮选机內攪拌強度）的關係，它們的意義亦是不小的。

各种不同大小煤粒的可选性与礦漿濃度及礦漿攪拌（对所有礦物而論）的關係曲綫如圖 3 所示。細粒在礦漿濃度較大和攪拌較強時，其对气泡的固着情况常較好。在此情况下能保證礦粒同气泡有足够的相碰力並且相碰的次數很多。但對於粗的礦粒，相反地在較稀的礦漿及較弱的攪拌情况下，通常也浮得好些。由於在此情况下，礦粒由气泡脫落的力最小（在粗粒浮选時，由气泡上脫落的現象对浮选有決定性的影响）。

上述論點，当然只有在其餘条件（其中如礦漿充气作用）保持不变的情况才是正確的。否則所述的規律性就不能顯露出來。

例如，在压气式浮选机中进行浮选时，虽然矿浆运动很平稳，但细粒由于矿浆有较好的充气作用的可能性，所以浮得很好。

矿浆浓度的调节和稳定是有实用的意义。

在大多数情况下，煤在浮选时矿浆中固体的最初含量介于25—22%之间；当矿浆中有粘土性的灰分多的细粒时，固体的最初含量应大大减低（介于15—18%）；当矿浆浓度较高时，含灰分多的细粒将转入泡沫中，从而增高精煤中的灰分。

实践证明，浮选精煤中细粒的存在就使精煤中灰分量显著增高。精煤各部分的灰分含量的实验数据列于表2。

浮选精煤各部分的灰分含量

表 2

粒 度	煤 层									
	卡 孟 卡		米 苏 尔		基 尔 皮 乔 夫 卡		安 德 列 耶 夫 斯 基		米 苏 尔 卡	
	产 出 率 %	灰 分 %	产 出 率 %	灰 分 %	产 出 率 %	灰 分 %	产 出 率 %	灰 分 %	产 出 率 %	灰 分 %
-1.0+0.5	12.7	5.28	10.8	5.06	21.5	4.24	30.3	4.04	21.4	3.04
-0.5+0.2	27.9	6.88	18.5	13.40	32.4	4.94	28.6	6.80	26.7	6.43
-0.2	37.3	10.90	20.0	17.20	35.4	5.80	32.9	10.00	16.6	12.30
-1.0+0	77.9	8.51	48.1	13.45	89.3	5.10	91.8	7.04	64.7	6.81

上述的规律性与下列两情况有直接的联系：灰分颗粒的磨碎性，这就使得入选矿物薄层中的灰分增高；细粒部分的可浮性较好并且相对的选择性较少。

但在煤浮选时，上述情况不能限制细煤泥（小于50 μ 的粒子）的有害影响。这些煤泥粘在较粗的煤粒上并把气泡表面〔装甲〕起来，从而使正常大小的粒子的浮选变坏。此外，煤泥造成特别稳固的泡沫并消耗过量的浮选剂。

在研究煤浮选理论时已确知，煤泥的坏影响就是减低煤浮选

時的選擇性和浮選速度。

浮選劑的作用

浮選劑是實現和調節煤浮選過程的重要工具。根據浮選劑的基本作用，浮選劑可分為捕集劑、起泡劑和調整劑。捕集劑是減低煤粒表面的水化作用，從而改善煤粒向氣泡的附着。起泡劑使空氣更好地分成氣泡，並增加浮選泡沫的穩固性。調整劑改善主要浮選劑(主要是捕集劑)的作用。

最值得注意的是浮選劑與礦物表面的作用。但這個過程是非常複雜的。在進行討論以前，需要極簡略的說明煤粒表面的組成及結構。

目前已相當詳細精確地知道，煤粒表面與其他礦物表面比較起來是很特殊的。前已述及，含煤物本身是由極性分子團及非極性分子團組成的。但除此以外，煤粒表面還有許多礦物的夾雜物，大量細的縫隙及氧化膜(圖4)。

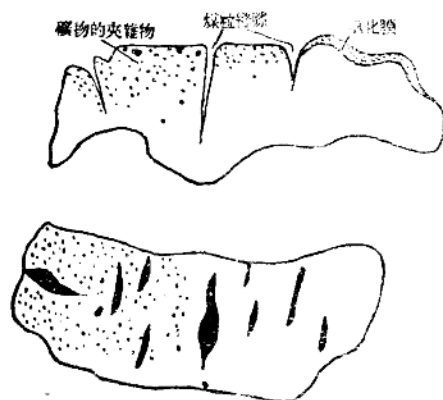


圖 4 煤粒表面結構及組成變化的各種情況圖

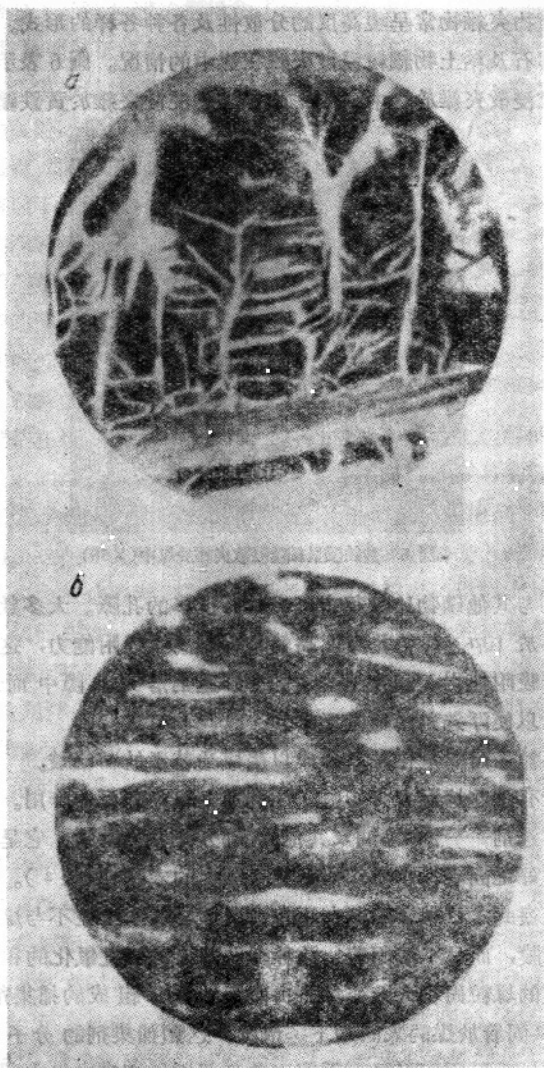


圖 5 夾雜物細粒浸散於煤中的顯微圖
 a—方解石網狀脈($\times 5$); b—粘土性雜質($\times 56$)。

礦物夾雜物常呈現高度的分散性及各種各樣的形式。圖5表示方解石及粘土物細粒浸散夾雜在煤中的情況。圖6表示黃鐵礦呈細粒浸散夾雜於煤中；圖7為含煤物浸散夾雜於黃鐵礦中。

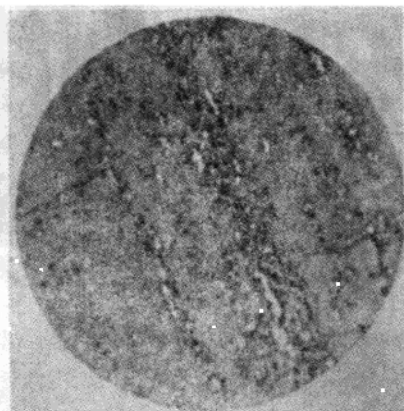


圖6 黃鐵礦呈細粒浸散夾雜於煤中($\times 58$)

煤與其他礦物比較起來，它有很多的孔隙。大多數孔隙的直徑小於 10μ 。煤的孔隙度高就大大提高了吸附能力，這就減弱了選擇吸附作用，並且由於一部分浮選劑落入孔隙中而失去效用，所以使浮選劑消耗量增加。

煤粒表面的氧化，就形成以褐煤為特徵的腐植酸。

所有這些情況大大影響了浮選劑與煤粒表面的作用。

浮選劑——油(煤油及其他)大部分是非極性物。它呈單獨的小滴很好地固着於水化作用弱而不極化的表面(圖1 α)。近來我們也觀察到，這種浮選劑在平常情況下，在水中並不與煤形成完全的薄膜，而呈小滴固着。這種浮選劑對於經過氧化的和表面含有雜質的煤粒固着大大變壞。由複極性分子組成的捕集劑(圖1 α)，其固着於煤的表面如下述情況：這類捕集劑的分子在表面的非極性地區固着得很不穩固，並且其極性端趨向於水(圖1 β)。

在此情況下，這種浮選劑增加了煤表面的水化作用，從而減低煤的浮選活性。但是，當含有即使是很少量的礦物雜質、灰分雜質或氧化過的痕跡，則這類浮選劑分子就呈相反的取向固着，即其非極性端趨向於水（圖 1e）。在此情況下就減低了表面的水化作用，從而增加其浮選活性。

浮選劑的複極性分子大大地影響到非極性分子的固着。首先要準備好疎水性的表面以供非極性分子的作用。

蘇聯科學院礦業研究所由實驗確定的事實，就是在煤與氣泡三相接觸地區，以及形成乳化邊緣的瞬間，不溶於水的浮選劑常常固着。這就增加煤向氣泡固着的穩固性。

在煤浮選時，固體表面與浮選劑（平常包括起泡劑）有很特殊的作用。這些浮選劑所起的機械作用，除我們將述及的直接起泡作用外，由於這些浮選劑是複極性分子所組成，所以大量地被煤吸附，從而在這一系列情況下它是一種相當活性的捕集劑。

起泡劑吸附在氣泡表面時，起泡劑的極性端趨向於水（圖 1u）。這類浮選劑減低了液氣界面的表面張力，便於將空氣分成單獨的細小的氣泡；起泡劑在氣泡周圍形成相當穩固的水化膜，防止氣泡的兼併。

對煤與調整劑的作用過程研究得很少，這是由於這類葯劑常呈現各種類型，並且在煤浮選時用得也不多。在一般情況下，這類葯劑使微細粘土起膠溶作用，可防止這些粘土粒的互相粘結而使其粘在較粗的粒子上。例如 M.E. 奧芬古登的工作證明極小量的硫化氫維素碱，阻止細泥粘於煤粒表面（圖 8），從而大大改善煤的浮選。很有趣的是相當少量（1—3%）的無機鹽類（氯化鈣，氯化鈉等）在煤浮選時起很特殊的作用。此葯本身能增加煤粒的浮



圖 7 細微分散煤夾雜於黃鐵礦中（ $\times 420$ ）

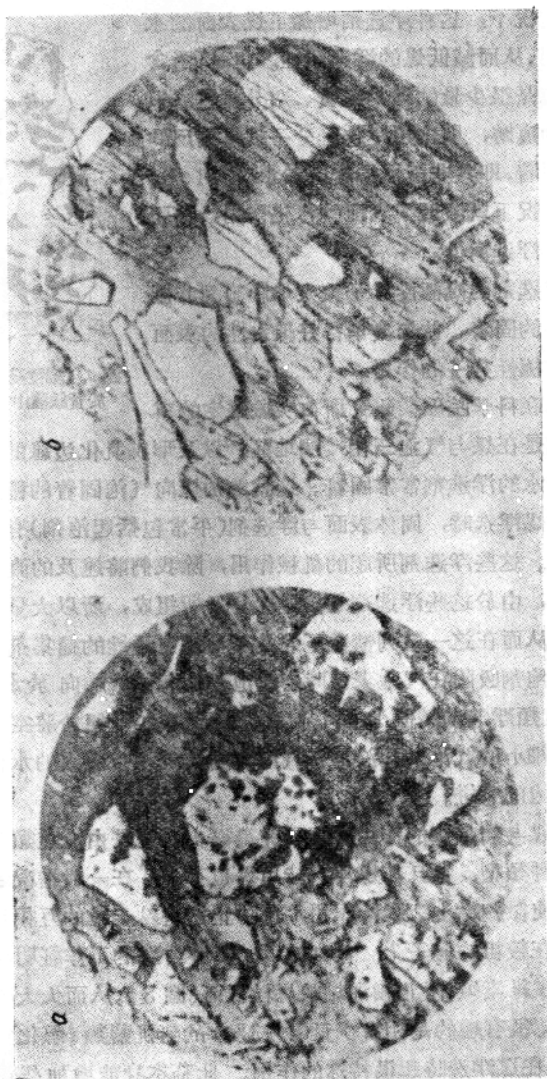


圖 3 在透精煤表面的膨脹圈($\times 135$)，硫化纖維素磺對矽子細粒粘於煤表面的影响
a—不用碱； b—有碱。

选活性，並在加很少量其他捕集剂時，能將煤完全选出。

上面很簡單的敘述了煤浮选時浮选剂作用的过程，問題研究到目前階段，可作下列具体的結論。

(1)在各种情況下，合適的浮选剂的配方很不一样，並且与煤的个性及共生的造岩礦物特性有關。

(2)在煤浮选時，浮选剂的分段加入並且採用結構与分子量不同的各种成分的浮选剂是有利的。

(3)調整剂的应用應該大大的發展，同時也是研究工作者应經常注意的。当礦漿中存有細泥（特別是粘土質的）及黃鉄礦粒時，調整剂有極大的意义。

(4)在煤浮选時，可用很多類型的物質作为浮选剂；但在所有場合下，重要的是要有可能保証其成分和性質的恒定不变。

浮选机的操作

浮选机的作用，基本上是使礦漿中充滿細的泡沫並造成使泡沫很好礦化的条件。所以，礦漿的充气作用——气泡的形成及其在礦漿中的分佈——是研究浮选机操作最值得注意的問題。

目前，揭露气泡形成的主要規律性（气泡的大小及在礦漿中的分佈）的初步研究已進行过。經直接測知，在机械攪拌式浮选机中主要气泡的大小介於0.85—0.91公厘。在压气式浮选机中气泡要大一些。

在机械浮选机（煤浮选時普遍採用的）中，为了使礦漿很好的充气，必須將礦漿加强攪拌，从而

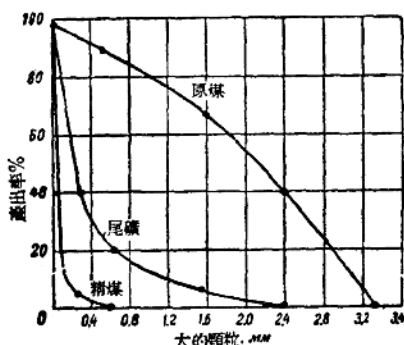


圖 9 在机械浮选机中煤的粉碎