中国鉄鉱石の選鉱*

姜 広 大**・鄭 龍 熙**
張 洪 恩**

中国は豊富な鉄資源をもち、鉄鉱石の確認、埋蔵量は数百億トンであるが、一般に貧鉄が多く、主要稼行鉱山の平均品位は33% Fe である。鉄鉱物の粒度が比較的細い。そのため選鉱やペレタイジング技術を向上させることが必要となる。この外、多量の随伴金属鉱物を伴う、いわゆる複合鉄鉱石 (Complex) の量も相当に多いため、95%以上の鉄石が選鉱をかけなければ製鉄原料として利用できない。したがって最適処理方法および鉱物資源の総合利用の確立が必要である。鉄鉱石の特徴により表1に示す如く、幾つかの型に分けられるが、便宜上、1)磁鉄鉱石、2)弱磁性鉄鉱石、3)複合鉄鉱石に分けて述べることにする。

1. 磁鉄鉱石の選鉱

低品位鉄鉱石の品位を高めることは国民経済開発方針の一つであって、精鉱品位 Fe が65%以上、67~68%に達するもの逐次増加する状況である。

大規模の採掘にしたがって粗粒段階での脈石分離が注目されて、ボールミル前に乾式磁気ドラム (永久磁石或は電磁石、2,100 Oe) で重量の10%位廃石が除かれ、磁力選鉱の給鉱品位が2~3%上げられて、ミル電力費の節減を図っている。

1960年代より磁力選鉱機に電磁石の代りに永久磁石を使っていた。1980年代に希土類磁石を用いる大型磁力選鉱機 (XCTB ϕ 1050×2100 mm) が作られ、磁選の成績が改善された。

1970年代から細目篩 (fine mesh sieve) が用いられ、9ヶ所の選鉱工場の合計1201台 (400×1200 mm, 篩孔 0.2 mm) を使って、篩下産物の品位が高められる。これに対し磁化焙焼した人工磁鉄鉱において残留磁気のため細

目篩はそううまく行かない。それで品位 62%Fe あたりの磁選精鉱をドデシルアミンで脱珪浮選して、品位65% Fe 以上の精鉱が得られた (85%—200 mesh 磨鉱, 東鞍山鉄石の焙焼磁選精鉱品位 Fe 61.52%より65.51%, 齊大山鉄石の焙焼磁選精鉱品位 Fe 63.44%より67.80%に上げられ、実収率98%)。問題になるのはドデシルアミンの用量 (100~150 g/t) が多すぎることである。もし微細磨鉱 (—325 mesh 90%) の場合、その用量は2/3に下げられるが、そのかわり磨鉱費が増加し、次の精鉱焼結にも困難を来す。

近頃、中国では磁性材料、粉末冶金などの需要に応じ、磁選精鉱を脱珪浮選して、 $\text{SiO}_2 < 0.5\%$, $\text{Fe} > 72\%$, $\text{Fe}_3\text{O}_4 > 99\%$ なる超級精鉱 (hyperpure concentrate) が得られた。

2. 弱磁性鉄鉱石の選鉱

弱磁性鉄鉱石の選鉱は始めから重視され、始終国家の重要な研究テーマにおかれている。

磁性焙焼-磁選は鞍山において60年以上の道を辿っているが、不断の経験を積み、今のところシャフト炉の構造がかなり改善され、炉料の透気性と熱交換がよくなって、台つき処理量が大幅に伸びたと言われている。現在、齊大山及び酒泉鋼鉄公司にも用いられている。

鉄鉱石の浮選は1960年より合成脂肪酸ナトリウムとトール油との混用で原鉄 33.8%Fe, 精鉱品位 60%Fe, 実収率 74% という結果が得られている (東鞍山)。近頃、NJ 型石油スルホン酸ナトリウム、T 41型及び AB 型捕集剤が造られて、工業試験によい結果が得られた。これらの捕集剤は従来使っているものより選択性がよいと言われている。

湿式高磁力磁選機 (Jones high-intensity wet magnetic separator) が1970年代から各地に試作され、今 Shp-700,

* 昭和60年11月12日本会第75回例会において発表

** 東北工学院, 中国瀋陽市
昭和60年10月2日受理

表1 中国鉄鉱石資源及びその特性

No.	鉱石類型	鉱床成因	主なる鉄鉱物	その他の成分	特性	地域
1	鞍山式	沈積変質	磁鉄鉱 赤鉄鉱	石英, 角閃石, 緑泥石	縞状構造, Fe 30% S. P. 少 鉄鉱物粒子 0.2~0.015 mm	遼寧省鞍山, 本溪 山西省嵐縣
2	鏡鉄山式	沈積変質	鏡鉄鉱 赤鉄鉱 菱鉄鉱	重晶石, 碧玉, 石英, 白雲石, 方解石	縞状構造, Fe 30% S 0.1~2.8% 鉄鉱物粒子 0.5~0.02 mm	甘肅省酒泉
3	大西溝式	沈積変質	菱鉄鉱	石英, 絹雲母, 方解石, 白雲石	縞状と塊状構造 Fe 30%	陝西省大西溝 雲南省大紅山
4	宣龍・寧郷式	沈積	赤鉄鉱 菱鉄鉱 褐鉄鉱	石英, 緑泥石, 玉髓, 粘土, 白 雲石, 方解石	鲕状と腎状構造 Fe 25~50%	湖北, 湖南, 雲南 貴州・広西, 河北諸省
5	攀枝花式	岩漿	磁鉄鉱 チタン鉄鉱	V, Ti Co Ni Cu, Pb Ga Pt 曹灰長石, 輝石, 角閃石	塊状, 縞状構造 Fe 20~50% 鉄鉱物粒子 2~0.5 mm	四川省西昌 河北省承德
6	白雲鄂博式	高温熱液	赤鉄鉱 磁鉄鉱 菱鉄鉱 褐鉄鉱	バストネサイト Nb, Mn Aeschynite 石英, 白雲石, 方解石	塊状構造 Fe 20~50%	内蒙包頭
7	南山式	中温熱液	赤鉄鉱 磁鉄鉱	Co, K, S. P. 陽起石, 燐灰石, 緑泥石	塊状, 角礫状構造	江蘇省 安徽省
8	大宝山式	中温熱液	褐鉄鉱 針鉄鉱	Cu, Al, Zn, Bi 石英, 雲母, 石 榴石	土状	広東省
9	大冶式	接触交代	磁鉄鉱 赤鉄鉱	Cu, Co, Pb. Zn, P. 石英 緑泥石, 絹雲母, 白雲石, 方解石	塊状	湖北省大冶 河北省邯鄲

1000, 2000及び3200型シリーズの製品がために使っている。1978年, 酒泉選鉱工場は Shp-1000 型高磁力磁選機 (15000 Oe) を使用して鉄品位 30% Fe の原鉱について, 品位 47%Fe の精鉱が得られ, 1982年 Shp-3200 型の高磁力磁選機が1システムに使用して, 前よりよい成績が得られている。なお, 低品位褐鉄鉱と赤鉄鉱を湿式高磁力磁選機 (Vertical double rotor high-intensity magnetic separator) によって採取可能にした新しい選鉱法が広東大宝山鉄鉱山と雲南王家灘鉄鉱山に導入されて以来, 次第に各所に普及し始めているものである。

いくつかの手法の組合せによる選鉱システムが近頃重視せられ, 東鞍山には高磁力磁選・脂肪酸浮選, 齊大山

には低磁力磁選・高磁力磁選・スルホン酸浮選のシステムで, みな精鉱品位>63%Fe, 実収率 76%Fe 以上の工業試験の結果が得られた。

重力選鉱も再び注目されて, スパイラル選鉱機及び遠心分離選鉱機が弱磁性鉄鉱石の選鉱に用いられている。例えば南芬選鉱工場にφ1200 mm スパイラル選鉱機を用いて磁選の尾鉱から弱磁性鉄鉱物を回収する場合, 高磁力選鉱機を用いる場合より実収率8~9%が上げられる。又, 弓長嶺鉱山は赤鉄鉱と磁鉄鉱とを含む鉱石で, スパイラル選鉱機及び遠心分離選鉱機の組合せによって精鉱品位 65.1%Fe, 実収率 71%Fe のよい成績が得られた。その中適当な取扱う粒子範囲はスパイラルに -0.1+0.03

表2 低磁力磁選・逆浮選・高磁力磁選の成績

産 物	重 量 %	品 位 (%)					実 収 率 (%)		
		SFe	F	P	Nb ₂ O ₅	TR ₂ O ₃	Fe	Nb ₂ O ₅	TR ₂ O ₅
原 鉱	100.00	32.68	10.31	0.91	0.117	5.26	100.00	100.00	100.00
低磁力選鉱の精鉱	20.33	59.45	2.25	0.202			37.30		
高磁力選鉱の精鉱	16.99	45.64	3.03	0.275			28.41		
総 鉄 精 鉱	37.32	57.29	2.60	0.235	0.074		65.71	23.85	
希 土 粗 精 鉱	—	—	—	—	—	11.74			12.95

mm, 遠心分離選鉱機に $-0.045+0.01$ mm と認められる。

3. 複合鉄鉱石の選鉱

複合鉄鉱石は鉄資源として総埋蔵量の30%を占めて、その中主なるものは白雲鄂博鉱と攀枝花鉱である。

白雲鄂博は巨大なる多金属複合鉱床で、鉱石中铁、希土、ニオブ、弗素、トリウム、チタニウム、マンガン、カリウム、リン及びウランなど71元素を含むと言われ、非常に複雑な鉱石である。鉄希土、ニオブ、螢石などは回収する価値を有すると認められ、その中希土の埋蔵量は世界の首位、ニオブは第二位を占めている。各種鉱物は緊密に共存し、鉱物粒子も細いので各鉱物成分ごとの精鉱にいわゆる総合的回収することは極めて難しい問題である。鉱石は赤鉄鉱、磁鉄鉱、褐鉄鉱などの鉄鉱石を含んでおり、始めは鉄を目ざして、1960年代より希土と螢石との回収を図っていたが、表2に示す如くなかなか成績が上げられない。

表2に逆浮選と言うのは色々な浮選プロセスはあるが、総括的に言えば先ず螢石、希土、重晶石、方解石などの浮き易い鉱物を浮選した後、その尾鉱から鉄鉱石を取り出すことを指している。

問題と考えられるものは泡沫産物の螢石は僅か85% CaF₂ の品位で、利用できず、希土粗精鉱を重力選鉱及び浮選で精選したら、TR₂O₃ 60% の品位に上げられるが、実収率は僅か3~5%にすぎないのである。鉄精鉱に取り入れた Nb₂O₅ の実収率は僅か20%位低いレベルに留まり、これが鉄製錬のプロセスを経た実収率は1~3%しか残らない。

鉄資源はもとより、希土及びニオブ資源から考えれば、

一日も早く有効に回収せざれば罪を犯すと言っても過言ではない。

攀枝花鉄鉱は磁鉄鉱を主としたバナヂウム、チタニウム、クロム、コバルトなどを含む大きな複合鉱床である。

バナヂウムは類質同像の形で磁鉄鉱に含有し、チタンは主にイルメナイトの形に存在する。バナヂウム及びチタンの資源は世界総埋蔵量の首位を占めると称せられる。バナヂウムは磁力選鉱の鉄精鉱に入り、最後鉄製錬のslag から取られる。1977年重力選鉱・浮選・静電分離の組合わせによって磁選尾鉱からチタン及びコバルトの回収ができた。

4. 展 望

35年を顧みて、中国の選鉱技術は確かに相当の進歩をなし遂げている。選鉱器械及び浮選薬剤には種類は単調であるけれど、一般のものは自給自足の状態である。選鉱成績は一般の鉱石については割合良い結果が得られている。選鉱に関する研究及び設計の部門が殆んど各省に分布せられ、全国15ヶ所の大学に選鉱専門が設けられ、毎年500名以上の大学卒業生を社会に送り出す。これらは選鉱技術の発展に確固たる土台となると思う。

しかし工業先進国にくらべると各方面においてかなりの隔りが存在するのが現状である。それで、中国の国内経済と金属鉱業の発達を促進するため諸方面での努力が必要とされている。

1) 選鉱器械の改善のこと、今まで使っている選鉱器械の大部分はやはり1950年代のもので、これらを十分に活用すると同時に、能率の高い新しいものに取替え、今のところ選鉱の生産技術や操業状況に合わせて器械製造技術を向上させていくことが重要で、海外から進んだ器

表3 攀 枝 花 鉱 石 の 化 学 組 成 (%)

鉱 区	Fe	V ₂ O ₅	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	Co	Ni	Cu
1	33.23	0.28	11.68	0.013	0.014~0.023	0.008~0.015	0.025~0.037
2	27.84	0.19~0.33	5.4~8.37	0.03	0.016~0.029	0.014~0.029	0.020~0.042
3	30.34	0.28	11.73	0.018	0.015	0.016	0.026
4	28.03	0.28	11.74	0.35	0.0223	0.0705	0.0308

械とその製造技術の導入を図る。

2) 中国には選鉱困難な複雑かつ低品位鉄鉱石が豊富に存在し、選鉱はむずかしく、微粉砕が必要である。特に複雑難処理鉄鉱石の選鉱には他の鉱石の選鉱に見られない多くの困難をかかえている。したがって、鉄鉱石の採掘、選鉱までを含めた炉前処理の大きな改善が中国鉄鋼工業の今後の発展のための一つの課題であると言える。また鉄鉱石が安価であること、大量処理が必要であることなどから最低の選鉱費で最高の成績を挙げることが必要である。

3) 長期目標としての選鉱技術の発展のために選鉱に関連する基礎研究を強化し、生産高と選鉱成績を高める

ために生産工程で生ずる問題の調査研究と合理的な選鉱系統の開発研究を進めるとともに、選鉱にたずさわる技術者には最適の選鉱法を見出すことが要求される。また選鉱関係者の人員養成と鉱山管理者の経営技術の向上を図る。

4) 選鉱成績とその経済性を高めるため既設選鉱工場内に pH メーター、流量計、パルプ濃度計などの計器類を導入した計装化を確立し、それを正しく使用した安定操業が必要である。また現在の技術水準では計測、異常検出、警報、自動停止等の監視機器を併用した半自動遠隔電動化に重点をおくことが必要である。

会 告

日本工学会 第51回見学会

本会が加盟している日本工学会の主催による下記工場の見学会が、再度計画されておりますので、前回参加できなかった方々にお知らせいたします。

期 日 昭和61年2月28日(金)

見学機関 日産自動車株式会社座間工場
座間市広野台2-5000

(電話: 0462-53-5523)

註: 同工場は、ロボットを十二分に駆使した最も機械化された工場です。

予 定 東京駅丸の内口旧ビル明治屋横(貸切バス)
11:00→12:30 座間工場、昼食・少憩 13:00～
15:30 見学→17:00 頃東京駅丸の内口着解散の予定。

参加人員 50名(定員になり次第締切ります。)

参 加 費 2,500円(バス代及び昼食代)

申 込 参加を希望される方は、次によりお申込みください。なお、同業会社の方々は、参加をご遠慮願います。任意の用紙に氏名、勤務先職名、連絡先ならびに所属学協会名をご記入のうえ、参加費を添えて下記へお申込みください。

(注) 参加費のご送金は、郵便局で発行します定額為替が便利です。なお、参加費の領収書を必要とされる方は、その旨を付記してください。

申 込 先 〒107 東京都港区赤坂9-6-41 乃木坂ビル内
社団法人 日本工学会
電話: 03-475-4621