

解 説

UDC 669.33-932

連続製銅プロセスの研究開発*

永 野 健**

Process Development for Continuous Copper Smelting and
Converting Process

Takeshi NAGANO

1. ま え が き

三菱金属は長期間にわたる準備研究の後、福島県小名浜製錬所に小型パイロットプラントを建設し2年の試験を経て、セミコマーシャルプラントを建設、2年間の操業運転を行ない、高能率、低コストの原料鉱石から粗銅までの一貫連続製銅法(MIプロセス)を開発した^{1)~5)}。

本プロセス開発の発端は昭和34年当時直島で稼働中のスラグフェーミング炉を用いて行なつた銅精鉱の製錬試験である(吹込熔錬法)。昭和36年以降はさらに小型パイロットプラントによる試験が続けられ、羽口から空気とともに燃料を吹込みつつ銅精鉱を装入すると、きわめてすみやかに熔解すること、さらに銅精鉱をも羽口から吹込むことにより、銅分の低い鍍(からみ)を得られることなどが確認されたが、工業化するためにはさらに改善を要する技術上の問題が残されていた。たとえば羽口を利用する方式では炉の寿命が羽口部分の耐火材の耐久性によつて規制され、連続操業期間を制限するであろうという点などである。

昭和30年代後半にいたり、わが国経済の高度成長の結果、公害問題が、社会的に大きく取上げられるようになったが、このような背景のもとに、先に開発した吹込み熔錬法を中心として、転炉工程までも含めた高能率低公害連続製錬法の開発に着手した。粗銅の製造までの一貫工程からなる最初のパイロットプラントは、石川島播磨重工(株)の協力を得て昭和43年小名浜製錬所構内に建設された。能力は産銅500t/月である。羽口に代つて上吹きランスを採用したことで、熔錬・転炉工程を別々の炉で行なう複数炉方式であることが、このプラントの最も重要な特徴である。試験操業は約2年間にわたり、この間に工程の改善が行なわれてプロセスの原型が完成された。昭和45年容量を1500t/月に増強し(セミコマーシャルプラント)実用炉の建設に必要な設計および操業上のノウハウを得る目的で、昭和46年からさらに

2年間にわたつて試験操業が行なわれた。この段階ではコンピューターによるプロセスコントロールシステムの開発および直島に建設が予定されていた実用炉の操業員の訓練が併せて行なわれた。

直島製錬所では当時カルサインチャージ*の反射炉2基を操業しており、強化されるSO₂排出規制に対応するためには、なんらかの排煙脱硫設備の設置が必要とされた。そこで慎重な検討の末に開発の最終段階にあつた連続製銅炉を建設し、老朽化した第一反射炉を閉鎖する方針が採用された。昭和47年小名浜試験炉の操業と並行して、直島における実用炉の設計、建設を進め、昭和49年3月完成、同月末から試運転操業を開始した。試験炉に対し約3倍のスケールアップであつたためもあり、当初いくつかのトラブルに遭遇したが、同年末までには克服された。

本設備は日本開発銀行の国産技術振興資金の融資を受けて建設が進められた。

また、本技術は昭和50年5月にはカナダのテキサスガルフ・カナダ社に技術供与され、同社では昭和54年初頭完成を目標に本技術による銅製錬所の建設を進めているのをはじめとして、多くの鉱山製錬会社が本プロセスに関心を寄せている。

2. 従来法による銅製錬工程

銅の鉱物資源はその大部分が硫化鉱の形で賦存し、これらは採掘後山元で選鉱処理され、銅分を20~30%に濃縮した硫化銅精鉱として製錬原料となる。伝統的な銅製錬法は今世紀初頭に米国で確立された大型反射炉およびP S (Peirce-Smith) 転炉による方法であり、世界的には現在もなお大半の製錬所がこのプロセスを採用している。そこで、反射炉法を例にとつて従来法による銅製錬の概要を以下に述べる。

* 硫化銅精鉱をあらかじめ焙焼して硫黄の一部を除去し、焼鉱の状態では反射炉へ装入する方式。これに対し、生鉱を直接処理する方式をグリーンチャージと言う。

* 昭和52年5月6日受付 (Received May 6, 1977) (依頼解説)

** 三菱金属(株)工博 (Mitsubishi Metal Corp., 1-5-2 Ōtemachi Chiyoda-ku Tokyo 100)

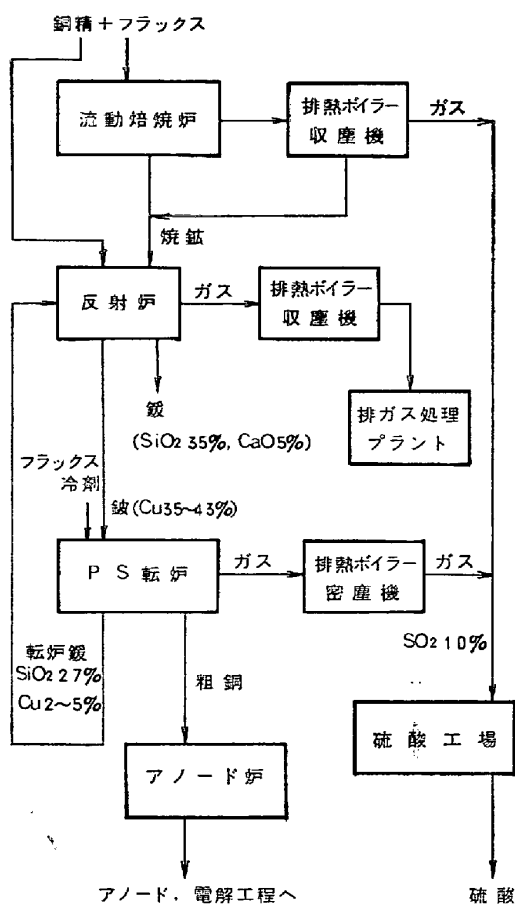


図1 反射炉法銅製錬工程図

図1は反射炉-転炉法による銅製錬工程を示す。

反射炉では重油又は天然ガスなどの燃料を使用して装入物を溶解するが、熔融物は銅および鉄の硫化物の混合物である鍍(かわ)と、酸化された鉄、原料中の脈石、フラックスなどから成る鉄シリケート系鍍との二層に分離する。鍍は SiO₂ 35%, CaO 5%, Cu 0.5%程度の組成を有する。操業状況に応じて適宜抜出し、多くの場合水砕して廃棄される。銅および金銀は大部分が鍍に移行する。鍍の品位は原料および操業方式によつて異なり、当社の場合未乾燥の精鍍をそのまま装入する生鍍装入方式では Cu 約 35%, 精鍍を焙焼して装入する焼鍍装入方式では約 43%である。

鍍は次いで P S 転炉(横吹き塩基性転炉)によつて処理される。反射炉で生成した鍍は転炉操業のタイミングに合わせて抜き出し、容量 30~50 t のレードルによつて転炉まで移送装入される。標準サイズの転炉は1サイクルで約 150 t の鍍を処理する事ができる。鍍装入後羽口から空気を吹込み酸化を行なうが最初は硫化鉄が優先的に酸化されるので、フラックスとして、珪砂又は珪石を、また、酸化反応による温度の上昇を抑制するため工場内繰返物などを冷剤として装入する。硫化鉄が酸化されるにつれ、鍍の銅品位は逐次上昇し、ついには銅品位 75~76% の主として硫化銅からなる白鍍が得られる。

(造鍍工程) この時点で送風を中断し、炉内の鍍をレードル中に流し出す(鍍スキミング)。転炉鍍は、SiO₂ 22~27%, Cu 2~5% を含んでいるので通常反射炉に繰返す。鍍スキミング後再び送風を続けると、白鍍中の硫黄分が酸化されて、Cu 98~99%の粗銅が得られる。

(製銅工程) 粗銅は再びレードルでアノード炉(又は精製炉)に移送され、酸化(主として脱硫)および還元からなる乾式精製の後アノードに铸造され、電解精製により高純度の電気銅が得られる。

反射炉法は燃料消費が大であり、従つて、反射炉から SO₂ を含んでいる多量の排ガスを生じ、大気汚染防止の面から制約が大きく、排ガス中和設備など既存の製錬設備に対する追加設備が必要とされるにいたつている。硫黄化合物の排出規制の強化は世界的なすう勢であり、ここ数年、自熔炉法又は電気炉法を採用する製錬所が増えつつある。これらの方式による熔錬炉では SO₂ 濃度の高い硫酸原料に適した排ガスが得られるという特徴があるが、依然としてバッチ式の P S 転炉を利用しているため、製錬工程全体としてはバッチ操業とならざるを得ない。

これら従来法における共通の問題点として以下のことがあげられる。

1) 反射炉法では S の回収率は 85~90% と低い。自熔炉法などでは 96~98% であるが、いずれの方法をとるにせよ、鍍処理はバッチ式の転炉によつている。このため鍍、転炉鍍のレードルによる輸送が不可欠であり、鍍タッピング、鍍スキミングなどの際漏煙を生じるので、大気汚染防止のため、いわゆる排煙脱硫処理設備が必要である。

2) 転炉はバッチ操業であるため炉の実稼動時間率が低く、反射炉1基に対し、2~3基の転炉を必要とする。更にレードル輸送用クレーンおよび転炉、クレーンを収納する大型の建屋が必要とされる。

3) 転炉は羽口を利用して送風しているが、羽口周囲の耐火材の寿命が短かく、そのために炉修頻度が大である*。

表1 SO₂ 回収率対比

| プロセス | SO ₂ 回収率 % | 排ガス生成量 対比 |
|-------|-----------------------|-----------|
| 反射炉法 | 90 | 100 |
| 自熔炉法 | 96 | 90 |
| 連続製銅法 | 99 | 50 |

* 従来法銅製錬に用いられる転炉のライニングには、MgO(60~75%), Cr₂O₃(5~15%) を主成分としたマグネシア系の塩基性レンガが主として使用され、その寿命は鍍の受入れから粗銅製造までを1サイクル(約 5~7h) とすると、1ライニング当り 200サイクル前後である。羽口附近は損傷の最も激しいところであり、寿命延長のためホットパッチングを行うこともある。

なお、かつてはライニング保護を目的として、低品位鍍を溶剤なしで吹錬するマグネタイトコーティングが行なわれていたが、現在国内においては環境問題から完全に廃止されている。

4) 転炉がバッチ操業であるため、排ガスの発生が中断する事があり、排ガス処理のための硫酸工場ではその対策を要するほか、操業上の配慮も必要である。

5) 羽口のパンチングをはじめとして、鍍スキミング、鍍タッピングなど肉体労働を伴う操作が多い。

3. MIプロセスの概要

MIプロセスは熔鍊炉（以下S炉という）、鍍鍍分離炉（SH炉）、製銅炉（C炉）の3炉を結合して、硫化銅精鍍を一貫連続処理し、粗銅を製造する方法で、従来法とは設備的に全く異なる新しい製鍊法である。各工程の産出物は従来法におけるレードルに代わつて、密閉樋によつて次の工程に移送され、各工程を連結し、全体としては機能上一体を成している。図2に従来法と対比した基本工程を示す。以下直島製鍊所で稼動しているMIプロセスによる連続製銅炉にもとづいてプロセスの概要を説明する。図3にフローシートを示す。

銅精鍍はあらかじめ一定の品位となるよう調合され、

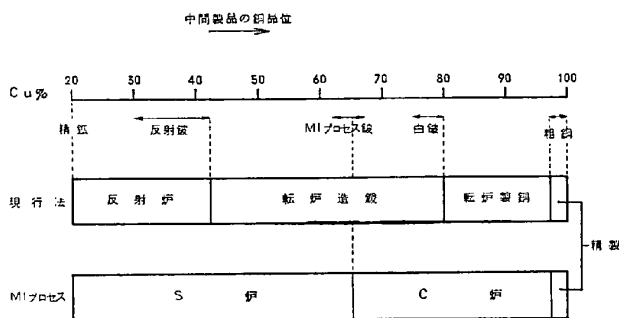


図2 工程の対比

さらに繰返し煙灰を配合してから、ロータリーおよびフラッシュドライヤーにより水分1%以下まで乾燥する。フラックスの珪砂および石灰石は3mm以下に破碎して用いる。乾燥鍍とフラックスは一定の比率で切出され、共通のコンベアで炉頂まで輸送され、ここで5系列の給鍍ホッパーに分配される。装入原料は給鍍ホッパーから気流輸送方式によつて排出され、ランスを通じて所要空気とともにS炉に供給される。ホッパーは交互に作動し全体としては連続的に給鍍が行なわれるよう設計されている。

ランスは給鍍用内管と送風用外管とからなり、内管には上記装入原料が、外管には酸素富化空気が供給される。両者はランス先端部で合流し、高速度で熔湯中に吹込まれ、原料の熔解および酸化反応が急速に進行する。銅精鍍に対する送風比率は、鍍品位が65% Cuとなるよう制御される。重油バーナーにより炉内温度は1200~1240°Cに維持されるが、原料の酸化反応熱が最大限に利用されているため燃料消費量はわずかである。反応生成物の鍍と鍍は共通の流出孔よりオーバーフローし、次のSH炉に送られる。

表2 燃料消費率対比

| プロセス | 燃料消費 l/t conc |
|----------------|------------------|
| 反射炉法 生鍍装入方式 | 170 |
| 焼鍍装入方式 | 120 |
| 自熔炉法 | 70 |
| 連続製銅法, S炉 | 20 |

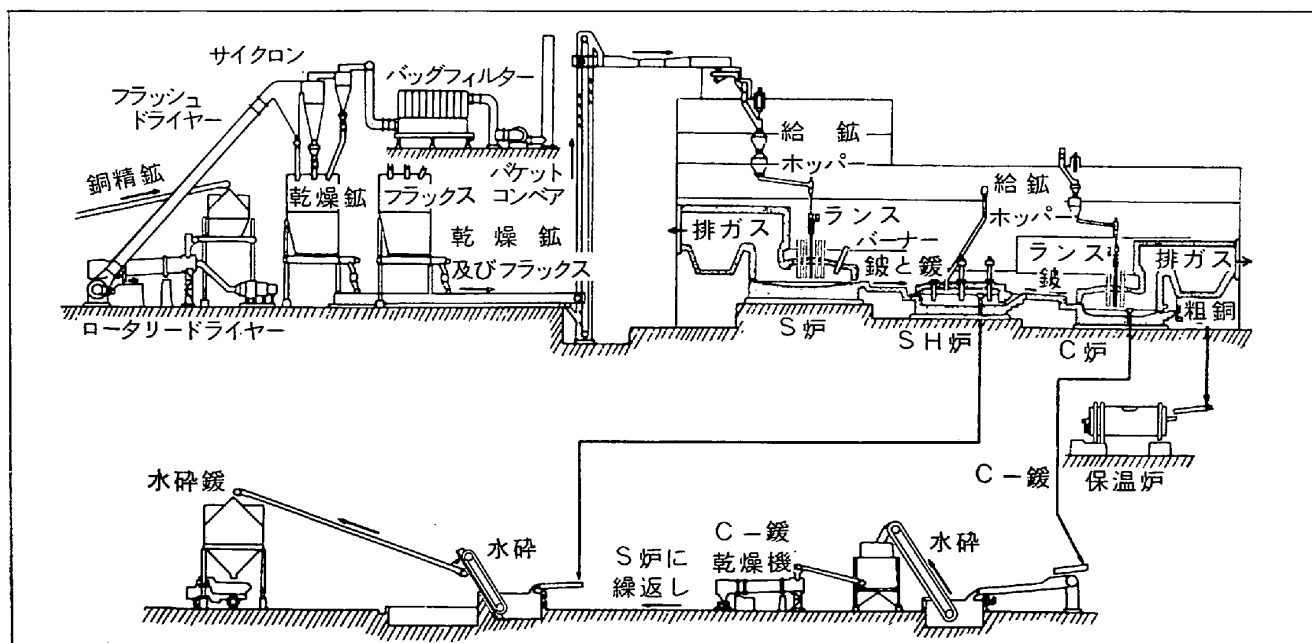


図3 連続製銅法工程図

SH 炉は容量 1200 kVA の電気炉である。装入された鍍と鍍はすみやかに分離し、さらにパイライトまたはコークスの添加により、鍍中の Cu は 0.4~0.6% まで低下する。鍍はサイフォンから抜き出し次の C 炉に送られ鍍は別の流出孔から抜き出し水砕される。

C 炉ではランス送風により、鍍を酸化して粗銅を製造する。鍍中の硫黄および鉄分は全量酸化される。フラックスは鍍量に対応して供給量が制御され、S 炉給鍍ランスと同様の内管付きランスで熔湯中に吹込まれる。装入鍍量に対する空気率を制御することにより、産出粗銅の残留 S は 0.1~0.05% まで低下する。粗銅は次いでアノード製造工場に送られる。銅含有量の高い C 炉鍍は水砕し、乾燥してから S 炉に繰返される。

設備は可能な限り自動化されており、コンピューターによるプロセスコントロールの導入とあいまつて、少数の人員で安定した操業が行なわれている。

S 炉および C 炉の排ガスはそれぞれボイラーで 350°C まで冷却し、コットレルで除塵してから硫酸工場に送られる。連続製銅炉の排ガスは硫酸工場入口において 13~14% SO₂ の高濃度である。既存の第二反射炉の低濃度排ガスも、これと混合して硫酸工場で処理できるため専用の排煙脱硫設備を建設することなく、SO₂ の回収率をいちじるしく改善することができた。

3-1 原料の装入方式

反射炉法では、生鍍を側壁に沿って装入する方式と、焼鍍を炉内熔湯面に散布する方式とがある。前者による場合、原料が 10% 近い水分を含んでいる上に熱の伝達は主として、装入物バンクの表面より行なわれるのみなので熔解速度は遅く、炉床能率は約 2.5 t/m²/日である。焼鍍装入の場合、装入物が既に 600°C 近い高温であり、かつ熔湯面に散布されるので雰囲気側からと熔融浴の側からの両面から熱が伝達されるため、比較的溶解速度が大で、炉床能率は約 3 t/m²/日である。自熔炉法は、乾燥した原料を熱風とともに高温の反応シャフト中に噴霧し、急速に反応熔解せしめる方法である。熔解速度が大である反面、独特の反応機構のゆえにダストの発生量が原料の約 10% とかなり多く、多量のダストを含む排ガスの処理が技術上の問題とされている。

このような従来法の欠点を排除するために、本プロセスでは原料を高圧エアとともに熔融浴に吹き込み急速に熔解せしめる方法を開発した。本方式によれば原料は熔湯中に効率よく捕集されるので、ダストの発生が少なく、しかも個々の粒子が熔湯中に分散するため受熱面積が飛躍的に増大し、熔解速度は極めて大である。

3-2 ランスの開発

製鋼用転炉では水冷構造のランスによる高圧酸素の吹込みが広く行なわれているが、銅製錬においては、必ずしも純酸素を用いる必要はなく、又、水漏れの際生じ得る爆発事故に対しても十分な配慮がなされなければなら

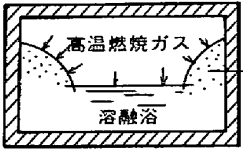

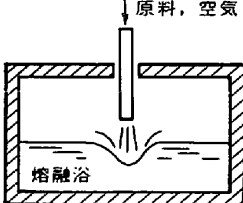
| プロセス | 炉床能率 |
|--|--|
| 反射炉 (生鍍装入)  | 2.5 t/m ² /日 伝熱面が原料バンク表面に限定されている |
| 反射炉 (焼鍍装入)  | 3 t/m ² /日 装入原料は浴表面に広がるため熔融浴及び高温燃焼ガスの両面から熱が伝えられる |
| MI プロセス (吹込み)  | 10 t/m ² /日 高圧エアと共に熔融浴中に吹込まれ急速に溶解する エアにより酸化反応を生じ原料の熔解に必要な熱量の 60% 以上が、反応熱でまかなわれる |

図 4 熔解機構の対比

ない。こうした銅製錬の立場からみるとランスについては、水冷構造を持たずできるだけ簡単な構造で、特殊な材料を必要とせず安価な材料で構成し、消耗部分は容易に補給できるもので、かつできるだけ低い圧力の送風で操業可能である事などの条件を満たすものを指向して、独自の開発を進めた。

パイロットプラントの建設に先立ち、まずランスの開発および予察試験が行なわれた。実用炉において製錬能力を鍍処理量 1000 t/日と想定すると、給鍍ランスを少なくとも数本に集約するためにはランス 1 本あたり 100~150 kg/min の給鍍能力が必要である。ランスの能力を調査するための試験は小名浜製錬所で実際に操業している反射炉および転炉を用いて行なわれ十分な能力のある事が確認された。更にランスの最終デザインを決定するためのあらゆる種類のテストがパイロットおよびセミコマーシャルプラントの運転中に行なわれたが、この中には各種材質からなるランスパイプの耐久性の比較調査、ランス送風圧力の最適条件の決定、ランスパイプの寿命を最大としかつ十分な酸素効率の得られるようなランス高さの決定、ランス高さの制御方法の確立などが含まれている。原料と送風は共通のランスを通じて行な

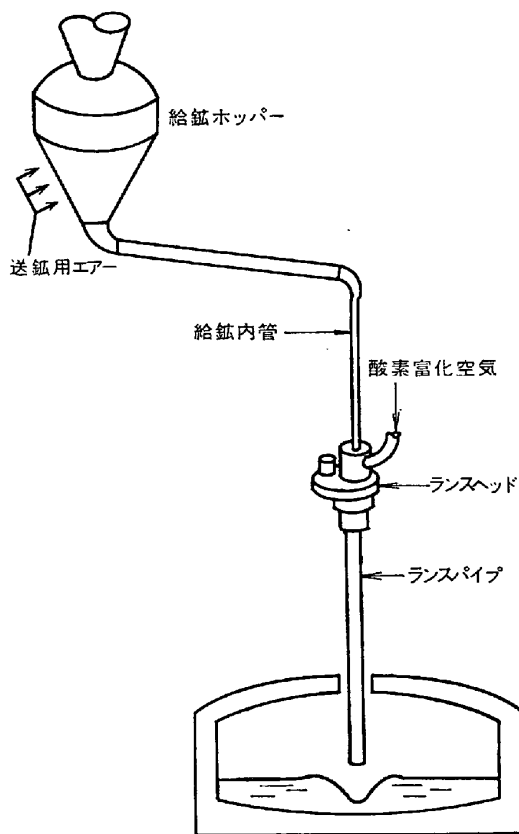


図5 原料吹込みランス概念図

われる。すなわちランスは原料供給用内管と送風用外管（ランスパイプ）とからなり、原料は給鉱ホッパーより混合比 50~60 の固・気混合体として抜き出され内管に供給され、酸素富化空気は別に外管に供給される。これらはランスの先端部で混合され高速度で熔湯中に吹込まれる。ランスパイプは通常の金属パイプからなり、原料および送風の供給はパイプに対して冷却効果をもたらす。ランスパイプは凝固鍍により被覆されるので、ジャケット構造を持たないでも十分に実用に耐える。ただしランスパイプ先端部では、浸食性の強い鍍によつて徐々に熔損するのでこれに合わせてランスを降下し、ランス高が常に一定に保たれるよう管理される。ランスパイプが熔損した時は、送風を一時中断し、新しいランスパイプを継ぎだし、更に送風を継続する。

3.3 高品位鍍の生成

熔錬工程において高品位鍍を生成することは、単に連続法においてのみならず、従来法においても望まれていることである。それは燃料の使用量を減らすし、又、転炉工程における負荷の軽減につながるからである。しかるに従来法にあつては、鍍品位を高めると、マグネタイトの生成による炉床の build-up および銅のスラグロスの上昇を招き総合的に見ると必ずしも有利な結果をもたらすとは言えないのが実状である。

本プロセスにおいては、このようなトラブルを招くことなく、鍍品位を 65% まで高めることができた。図6

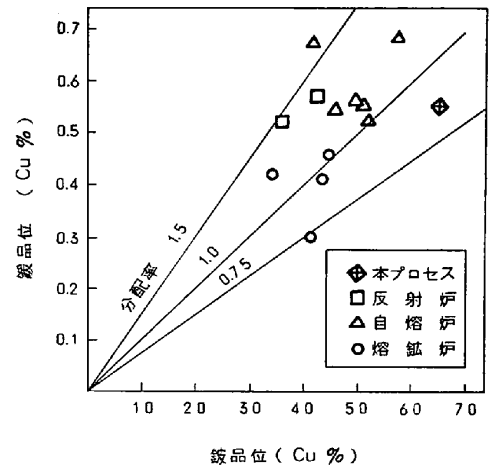


図6 鍍品位と銅損失との関係

は各製錬方式における鍍品位と鍍損失の関係を示すが見かけの分配係数 = 鍍中 Cu % / 鍍品位 × 100 で定義される。銅の見かけの分配係数は、従来法の 1.0~1.5 に対し本プロセスでは 1.0 以下である。鍍の鍍物組織を調査したところ、従来法に比し巣濁鍍粒子の少ないことが認められた。

3.4 耐火材に対する配慮

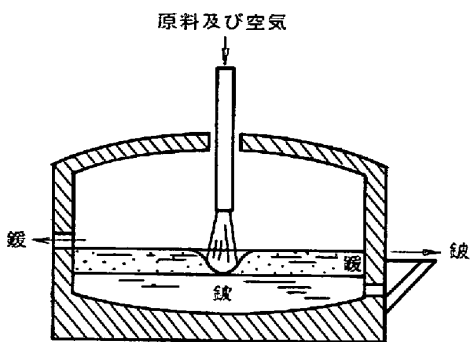
ランス吹込みは高能率の熔解を可能にすると同時に耐火材に対しては、より過酷な状況をもたらした。このため炉設計の上では、ランスの影響が緩和されるような炉形状およびランス配列が決められ、更にスラグレベルには特殊な水冷構造が設けられている。

一般論として、炉材の浸食は主として鍍に起因するところが大きい。この意味合いから分離炉（SH炉）は重要な役割を果たしている。分離炉を設けずに、S炉から鍍と鍍を別々に抽出するためには、炉内の鍍層を少なくとも 150~200 mm に保たなければならないが、鍍層は上述のごとく耐火材に対しては浸食性を有し、かつ、ランシングに対しては鍍とランス送風の直接接触を妨げるバリアーとして作用するなど問題が多い。これに対し分離炉を設置した場合、S炉では鍍と鍍は同時にオーバーフローすることができるので、炉内には極く少量の鍍を保持するにすぎず、熔湯の大部分は鍍で占められることになる。鍍層が薄いので耐火材に対する影響もおのずからそれだけ緩和される。

3.5 C炉における反応

従来法における転炉工程（コンバーティング）では、最初鍍中の硫化鉄が酸化され、鉄シリケート系の鍍を形成するが、鍍品位が上昇するにつれて、反応系の酸素ポテンシアルが上昇しマグネタイトの生成量が増す。マグネタイトは、融点が高く鍍の流動性を低下させるので、あまり多量に生成するとコンバーティングそのものにも支障をきたすのだが、実際の操業では鍍品位が 75~76% に達した時点で、まだマグネタイトの生成が急増する前に鍍の大部分を系外に取除いてから、更に送風を続け

(A) 分離炉のない場合………
 鍍がバリアーの作用をする。



(B) 分離炉併設の場合………
 ジェットが直接鍍に接触する。

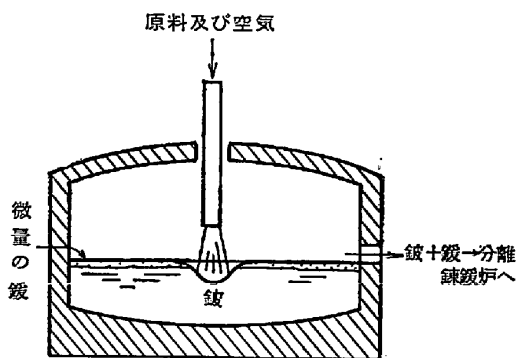


図 7 分離炉の設置による鍍層厚さの減少

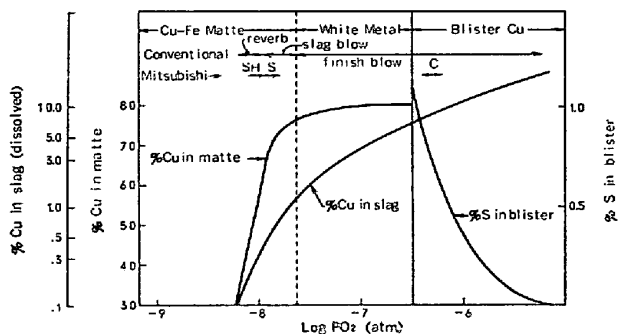


図 8 製錬反応推移を示す概念図⁶⁾

る。この時点では、残留鉄分は僅かであるからこれらがマグネタイトを形成するまで酸化されたとしても、コンバーティングそのものには何ら支障をもたらさない。しかもコンバーティングの終点ではわずか数分間のオーバーブローイングを行なうことにより、脱硫はほぼ完全に行なわれ S 0.02~0.03% の粗銅が得られている。

これは、ひとえに従来法のコンバーティングがバッチ式であるために可能であつたのだが、連続化しようとするときさまざまな問題に遭遇することになる。例えば Cu 65% の鍍には、Fe が約 10% 含まれているが、粗銅を生成する条件下では、鉄シリケート系の鍍中の鉄分の大部分はマグネタイトとなり、低圧送風でのコンバーティ

ングには、重大な支障となる。また、更に粗銅の脱硫を従来法並に行なおうとすれば、鍍中の銅分が急上昇し、銅の熔錬工程への繰返し量の増加を招く。

こうした問題を克服するためには、鉄シリケート系鍍を生成する方式では無理である。マグネタイトの含有量が高くても、融点が増えないで、かつ酸化銅の活量係数が大であるような鍍が得られなければならない。

転炉および精製炉の操業データを解析した結果、酸化銅を含む鍍は、マグネタイトの含有量が高くても融点が高いことが判明した。シリカをフラックスとする場合鍍が十分な流動性を得るためには、Cu 40~50% に達し、不適当である。種々テストした結果、シリカの一部又は全部をライムと代替することにより、低融点のスラグを得るための酸化銅含有量は逐次減少し、Cu 20% 以下、CaO 20% 以下で良いことが明らかとなった。

図 9 に示すごとく鍍中の酸化銅が高い程、粗銅中の硫黄は低下する。Cu 15~20% に管理すれば、粗銅中 S は 0.05~0.1% まで低下し得る。

3.5 プロセスコントロール

従来法では炉が大容量であり炉内滞留熔湯が操業条件のある程度の変動に対しては、バッファーとして作用するよう設計されており、それ程厳密な制御を必要としなかつたし、また、十分に制御し得るような操業方法の確立にも努力がはらわれてはなかつたと言える。本プロセスは、連続プロセスであるため、プロセスコントロールの手法を適用しやすいし、また効果も期待できるという一般的条件が整つていたため、パイロットプラントの当初からコンピューターコントロールの導入が検討された。初期の段階では、プロセスコントロールに必要な基礎的な情報の収集から手がけさせてオフラインコンピューターシステムの利用によるプロセス特性の解析が行なわれた。セミコマーシャルプラントの操業を行なつていた際、小名浜製錬所に導入されていた IBM 1800 システムの機能の一部を利用して、MI プロセスのプロセス

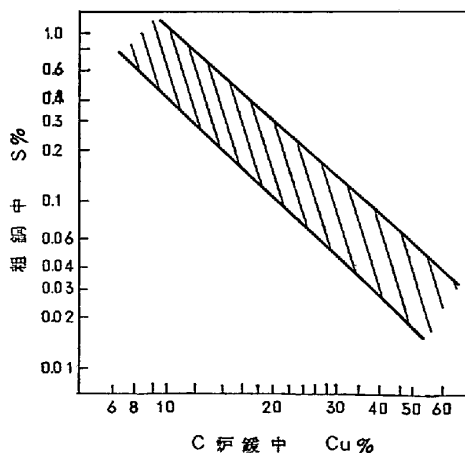


図 9 C 炉鍍中 Cu と粗銅中 S の関係

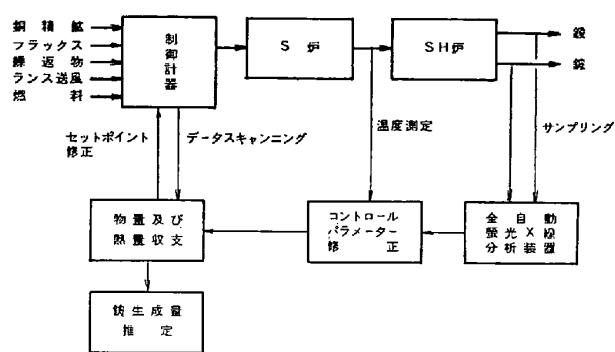


図10 S 炉コントロール概念図

コントロールテストが行なわれ、その基本方式が確立された。これはその後更に改良されて、直島の実用炉の制御にも利用されている。

熔錬の各工程、すなわち S 炉と C 炉において、それぞれフィードフォワード制御とフィードバック制御を組合せた制御方式が適用されている。一例として S 炉のコントロールブロックダイアグラムを 図10 に示す。銅精鉱、フラックス、繰返し C 炉鍍、ランス送風、酸素添加量、燃料などのプロセス変量はその積算値を 6 min 周期で読みとり、物量収支および熱収支計算が行なわれる。この際、各変量間の比率があらかじめ規定された値に保たれているか否かチェックし、偏差が認められれば次の周期においてこれを是正するよう、該当制御計のセットポイントが訂正される。それとともに、1 h 周期で生成物の分析を行ない、規定の操業条件と分析値との間に偏差が認められる場合、これを是正するよう空気率およびフラックス率が修正される。以後次の分析により再修正を受けるまでの 1 h は、これらの比率は固定され、前記物量収支計算の基礎として用いられる。温度も一定周期で測定され、制御系にフィードバックされる。

C 炉においても基本的には、S 炉の制御と同一の制御方式が採用されているが、最も重要なプロセス変量である鍍の供給量を直接計量する有効な方法がないため、S 炉の操業成績をもとに、予測計算により求められた鍍の生成量をもとに制御計算が行なわれる。

4. あとがき

本プロセスの技術的、経済的効果は、次のごとく多岐にわたっている。すなわち

- 1) 設備投資額の圧縮
- 2) 熔錬能率の向上
- 3) 操業の安定化
- 4) 省エネルギー
- 5) 省力化
- 6) SO₂ 回収率の向上、漏煙の防止
- 7) 工場内在庫の圧縮

などがあげられる。

銅、鉛、亜鉛などの非鉄金属は、現代の社会生活において不可欠の工業資材であり、さまざまな分野で、さまざまな形で利用されている。ところが、これら金属の原料は硫化鉱の形で得られ、製錬工程において生ずる SO₂ による大気汚染を最小限にとどめつつ、必要量の金属の生産を確保することは社会的な要請である。そこで、従来法による製錬所では大気汚染防止のための漏煙を防止し、これらを捕集して、中和プラントにおいて処理しながら生産を続けているが、これらの設備の運転維持に要するエネルギーおよび経費は、製錬コストの 10 ~ 20% に相当している。

連続製銅法 (MI プロセス) は、全装入量の 99% の硫黄分を硫酸工場において処理し、これも重要な工業資材の一つである硫酸を製造すると同時に、省エネルギーの操業を可能ならしめた。更に本技術は海外の製錬会社にも技術供与され、資源保有諸国に対し、技術協力の実を上げていく。

文 献

- 1) T. SUZUKI and T. NAGANO: Joint Meeting MMIJ-AIME, Tokyo, May, 1972
- 2) T. SUZUKI: The Latin American Congress on Mining and Extractive Metallurgy, Santiago, Chile, August, 1973
- 3) T. NAGANO and T. SUZUKI: The 105 th AIME Annual Meeting, Las Vegas, Nevada, February, 1976
- 4) 永野 健: 金属, 46 (1976) 5, p. 28
- 5) T. NAGANO and T. SUZUKI: The 15 th Annual Conference of the Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Ottawa, Canada, August, 1976
- 6) H. H. KELLOG: The Latin American Congress on Mining and Extractive Metallurgy, Santiago, Chile, August, 1973
- 7) T. SUZUKI, I. OHYAMA and T. SHIBASAKI: The 103rd AIME Annual Meeting, Dallas, Texas, February, 1974