

極低炭素鋼用パウダーに関しては、鑄型内溶鋼中へのパウダーの巻き込みを防止するために高粘度化が、また、加炭を防止するために熔融特性の向上が図られている。一方、中炭素鋼の縦割れ防止対策として、パウダーの結晶化温度の上昇、結晶化層内のマイクロポーアの増加により、鑄型内鑄片の緩冷却化が指向されている。

(iii) 電磁初期凝固制御

電磁初期凝固制御とは、鑄型内メニスカス部に交流磁場を印加し、凝固シェルもしくは溶鋼を誘導加熱するとともに、電磁気力により鑄型/溶鋼間のパウダー流路を拡げ、鑄型振動により発生する流路内の圧力を低減し、鑄片表面を平滑化するとともに、鑄型内潤滑の安定化を図るものである。電磁初期凝固制御法として、イ) 銅鑄型背面に低周波コイルを配するもの、ロ) 高周波磁場を用いるコールドクルーシブルタイプなどが挙げられる。両法で鑄造したピレット表面は、磁場印加によりオシレーションマーク深さが浅くなることが報告されている。

電磁初期凝固制御に関しては、鑄片表面品質から見た磁場印加法の選定とともに、溶鋼への印加効率向上のための鑄型およびコイル設計が重要な技術開発課題であり、基礎実験あるいは現場実験の段階である。

(3) 偏析防止技術

サワーガス用ラインパイプ材の耐 HIC 特性の向上、均熱拡散処理の省略などのため、連鑄スラブ中心部のマクロおよびセミマクロ偏析を低減する必要がある。

中心偏析の防止対策として、凝固末期に鑄片を所定量圧下する軽圧下法が開発、適用されている。軽圧下法としては、稠密ロールによるもの、ウォーキングバブロックによるものがある。軽圧下法により、大幅にセミマクロ偏析が低減することが報告されている。

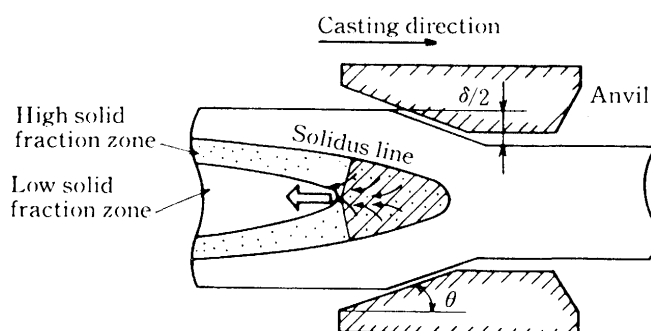


Fig. 3.17. Concept of continuous forging process. (Kawasaki Steel Giho, 26 (1994), p. 1)

連鑄ブルーム材においても、同様に凝固末期圧下技術が適用され、中心偏析およびセンターポロシティの改善に効果をあげている。圧下法として、ロール圧下法と、未凝固鑄片を一对の金型で大圧下する連続鍛圧法 (Fig. 3.17) が挙げられる。連続鍛圧法は、高級鋼線材の伸線性向上、線棒製品の高機能化に貢献している。

(4) 今後の課題

連鑄技術の使命は高品質と高生産性を両立させるところにある。将来、より高注湯速度下で、より高品質の鑄片を得るには、以下の技術的ブレークスルーが期待される。①タンディッシュ内での攪拌力を用いたより積極的な溶鋼の脱酸技術の確立。②鑄型潤滑、鑄型内での鑄片の緩冷却などの機能を同時に達成しうるモールドパウダーの開発。③より強力な電磁力を用いた鑄型内溶鋼流動制御法の開発。④電磁初期凝固制御の進歩、実用化による表面無欠陥の達成。⑤浸漬ノズル内へのガス吹き込みを実施せずに、詰まり防止を可能とする鑄造技術の確立。⑥非定常部を減少させるため、タンディッシュ、モールド内での異鋼種混合防止技術の確立。

3.3 コスト削減、国際競争力確保の努力と今後の課題

3.3.1 コスト削減を主体とした操業技術の改善

1973年のオイルショック以降、1億t強という国内生産量の停滞は好景気による多少の増加はあるもののこの10年間も同様の動きであり、1992、93年の両年に至っては1億tの台も割り込む状態になっている (Fig. 3.18)。

生産量の停滞に伴い量の主体を占める転炉製鋼法では転炉工場の新設はなく、粗鋼全体での連鑄化比率も1985年の92.5%から1992年の96.5%とわずかな増加に留まっている。

1986年からの円高不況と1991年からの内需の崩壊と第二の円高ともいべき不況に直面し、コスト面での国際競争力の低下をいかに克服するかが現在も続く大きな課題である。一方、オイルショック以降明確となった鋼材品質要求の

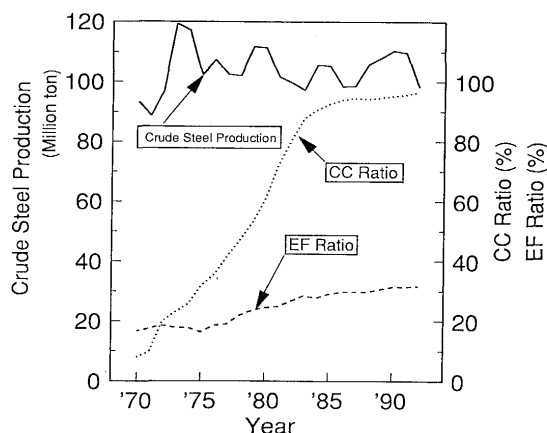


Fig. 3.18. Crude steel production, CC ratio and EE ratio in Japan.

厳格化、小ロット多品種生産などのニーズの多様化は相変わらず続き、この動きの中でコスト低減努力が必要とされている。この10年の間での製鋼技術に大きく関与する製品からのニーズは薄板の連続熱処理を可能にした極低炭素鋼の量産化であろう。

品質要求の比較的厳しくない一般鋼材の生産を担ってきた普通鋼電気炉業にあっては高炉メーカーと多少異なった状況にあった。オイルショック後一貫して不況化にあったため特定不況産業安定臨時措置法、特定産業構造改善臨時措置法のもとに設備集約、廃棄による需給ギャップの調整が各社の生き残りをかけたコスト合理化、生産性向上の努力のもとに行われた。この努力が1987年からの内需拡大と相俟って大きな収益の回復をもたらすとともに高炉メーカーに先駆けた形でのリストラクチャリングとなった。

この間のコスト合理化、生産性向上と並行した、電磁攪拌やレードルファーンエスの採用による新製品分野への参入、品種拡大の努力が実り、転炉鋼のシェアを侵食し、1980年の24.4%から現在では31%を越える比率を維持している。

また、この電炉鋼の拡大の傾向を象徴的に示す現象として東鉄、岡山工場でのホットコイルの製造が1990年に始まった。電気炉-ミニミルの薄板生産への参入がエネルギー単価の安い米国ほどに拡大するかどうか多少疑問はあるが新しい動きとして注目される。

以上の背景を踏まえて、この10年の技術動向を概観してみる。

転炉製鋼法に関していえば、低磷鋼のニーズの高まりに対応して脱磷技術を中心とした溶銑予備処理技術が一般化したことが大きな特徴である。当初の低磷化という品質ニーズに対する対応から、転炉からの脱磷機能の除去という機能分離を生み出し、脱炭専用炉に変化させることで生産性向上にまでつながった。さらにはマンガンの回収、媒溶剤の低減という効果まで生み出し、大量処理の一般化という日本独自の技術となっている。これに伴い一般鋼の製品磷、硫黄の低さでは世界を凌駕するものとなっているが、一工程分だけエネルギーロスがあり、溶銑率の上昇を招き、スクラップ多量発生への対応という面では原料のフレキシビリティを多少失っている。

1980年代初頭に複合吹錬への転換を終了した転炉にあっては第一次円高不況時に生産性のより高い大容量転炉への設備集約が一つの流れであった。この後、上記の溶銑予備処理と二次精錬の採用による生産性の向上が進み、従来の2/3基操業から1/2基操業への移行が始まりつつある。

品質への要求の厳格化に伴い、大きな役割を占めているのが二次精錬である。1980年代初頭から、二次精錬比率は着実に増加の一途をたどり、転炉鋼、電気炉普通鋼のいずれも80%に達している。これらの動きの中では自動車用、家電用極低炭素鋼の量産ニーズに対応したRHの利用技術が特筆され、 $C \leq 20$ ppmまでの鋼が連铸とのマッチングの中で生

産が可能になった。

1985年に90%を越えた連铸化比率も、圧下比制約という極めて大きな壁を前にして、インゴットを集約することにより工場あるいは製造所単位での100%の連铸化は増加しているものの全体ではわずかな増大に留まっている。この状況の中では1981年の新日本製鐵(株)・堺製鉄所に始まった連铸と圧延との直結化が熱延でのサイジングの採用と相俟って着実に浸透しつつある。ただしその形態は必ずしも直接圧延ではなく、ローカルな状況を踏まえて加熱炉を介するホットチャージを選択する場合もある。この直結化を促しコストダウンを可能にした大きな因子が高速鑄造技術と多連铸と準備時間の短縮である。現在ではNKK福山のNo. 5連铸の3.0 m/minを初めとする2.0 m/minを越える鑄造機が各社で稼働している。一方鑄造時間率を高める技術としてノズル詰まりを回避する技術からなる多連铸化技術はもとより、ダミーバートップ挿入を利用した最終鑄片引き抜き中に次チャージの鑄込みを開始するなどの技術が開発されマシンの稼働率は80%を越えるほどになっている。

一方、連铸製造コストに大きな比率を占める耐火物原単位を低減すべく、タンディッシュの無補修多数回使用を目的とした熱間再利用技術が近年開発され、コスト低減に大きく寄与している。高速鑄造技術と稼働率向上をもとにした、転炉の1/2基操業に相当する1ストランドマシンの出現が近年の特徴である。

シェア拡大の著しい電気炉におけるこの10年間の技術革新の特徴は高生産性、コストダウンに大きく寄与したEBTとDC炉の採用である。これらがそれ以前の高電力操業、水冷炉壁、酸素富化操業と相俟って製鋼時間50分強という高速精錬の達成と約300 kWh/tという電力原単位の低減を初めとするコスト低減を可能にした。

以上、この10年の製鋼技術について概観したが今後の課題について、個別技術は次節以下に譲るとして地球環境、労働環境の問題を忘れるわけにはいかない。

地球環境対策としてのCO₂発生削減、スラグ、ダストの処理、労働人口の高齢化と若年労働者の製造業離れ対策としての労働環境整備といっそうの自動化が今後の大きな課題であろう。

3.3.2 転炉における高能率生産技術の開発

(1) 設備技術の進歩

1973年のオイルショック以降、国際的なコスト競争力を確保するには操業諸元の改善のみならず、労働生産性の向上が必要となり、生産効率の高い製鉄所への設備集約、ならびに自動化が推進された。また、自動車向けを中心とする薄板の拡大を背景に、大型転炉を持つ製鋼工場は大ロットの薄板を中心に集中生産し、小型転炉を持つ製鋼工場は小ロットの特殊鋼専用工場に特化するか休止に至った。この傾向は1980年以降も同様であり、200 t/heat以下の転炉が休止さ