

「圧延歩留り向上の技術と理論」特集号に寄せて

岡 本 照 三*

鉄鋼連盟発刊の「日本、アメリカ、ECの鉄鋼生産比較」に記載された統計によれば、1979年の鋼材の対粗鋼見掛け歩留りは日本の89.1%に対し、アメリカは73.5%、ECは76.8%であり、それぞれ約16%、12%の大差になっており、最近10年間に格差が広がって来ている。

これは60年代から70年代初頭にかけての高度成長期における旺盛な鋼材需要を、活発な設備の新設と生産性の徹底的な追求によつて対応したのに対し、第一次オイルショックをインパクトとして、それまでに培われ、蓄積された操業技術力を、鋼材需要減による生産余力を合理化に活かしたことと、歩留り向上の主役となつた連続鋳造設備の登場とその逐年の増加によるものである。70年代における歩留り向上に対する寄与率は、連続鋳造設備が約60%であり、他の40%を圧延技術の向上を主体とした操業努力が埋めている。

5年程前に圧延理論部会の幹事の方とキャップド鋼の連鋳化是非について議論をかわしたことがある。

当時はキャップド鋼の分塊歩留りが各社平均で92%程度であつたので、筆者はイーゾーに連鋳化されるのは当然だと申し上げたのに対して、歩留りが96%を越えることは十分予測される。その場合コスト的に見て連鋳化することは疑問ですと反論されて驚いたのを覚えている。

現在では各社平均でも96%に近づいており、最良の会社では97%を越えていることが報じられて、自らの不明を恥じると共に、時代の要請に即応し得た分塊圧延関係者の技術力の高さと努力に敬服している。

分塊圧延では高歩留りに加えて、省エネルギーの点でも、無加熱均熱操業やホットストリップミルへの直接圧延等合理化の限界への挑戦が達成されており、単にコスト的に見ればキャップド鋼の分塊圧延は、キルド鋼連鋳に負けない諸元に達している。

もちろん現在では適用の可能な限度まで、連鋳化が進められているけれども、キャップド鋼に関しては、筆者が不明にも論拠とした分塊圧延と連鋳との歩留り差によるものでなく、連鋳キルド鋼を素材とする製品の加工性能、均質度、清浄度等の質的優位が連鋳化の決定要素になつたと言えよう。

そしてこの2つの製造方式それぞれにおける、工程省略及び連続化に見られるプロセス特性と操業技術に加えられた改善の内容は鋼材歩留り向上の諸施策を例示している。

まず鋼板を主とした圧延歩留り向上の2、3の事例を述べる。短尺材料の圧延では主として非定常部圧延のくふうによりスクラップロスを低減し、長尺材料の圧延では寸法精度の向上によつて有効長、有効面積の増加と次工程での加工性能要求に対応する。

分塊圧延では鋼塊端部の厚み、幅中央部のひけを無くすために、圧延機前面にプレスをインライン設置して予備加工を行うという大胆な提案があり、実鋼塊による実験も実施された。また同様効果を目的とした巨大ミルによる巨大圧下も提言された。これらは分塊工場では実現しなかつたが、ホットストリップでのエッジ前での端部成形プレスや棒鋼、線材ミルの粗圧延機での押し込み大圧下圧延において、更に精密な研究が進められている。一方現状では現有設備の機能範囲内で、圧延諸因子と変形挙動の関連がきめ細かく整理され、多くのクロップロス低減策が実施された。鋼塊形状についてはウェル形状の最適化と卵形の特殊鋳型が提案され、パススケジュールにおいては後段での幅強圧下を軸とした最適化、クロップエンドでのメタルフローの制限のための噛み戻し圧延等が実効を挙げている。

鋼塊中心部への圧下の滲透を目的とした温度差圧延に関連して、キャップド鋼の未凝固圧延が提案され、その圧延特性が明確にされた。更に本技術の提案と平行して鋼塊の潜、顕熱利用が大いに進み、鋳造直後横倒し搬送により無加熱均熱が新技術として出現した。造形的な効果は少なく、スケールロスの低減は通常無加熱均熱と同等であるが、偏析度が改善されたことで広い意味での歩留り向上に貢献している。

厚板圧延は単独工程として歩留りの向上が最も顕著な分野である。計算機を駆使した素材設計、連鋳材比率の向上、剛性度の高い圧延機と高性能AGCによる高精度圧延、平面形状制御技術等の集積によ

* 日本鋼管(株)(現:中山鋼業(株)専務取締役)
前本会共同研究会圧延理論部会長

るものであり、しかもいずれの施策、技術も計画、実施、見直し、レベルアップを繰り返して今日の成果に至っている。その中で平面制御技術はパススケジュールの最適化やエッジャーの効果的な利用の他に MAS 圧延、差圧幅出し圧延、異幅圧延等の特異な技術を発展させた。これは圧延因子と平面形状との関連の数値的な認識によるアプローチの底流に、かつて小形鋼塊を直接圧延した時代の自由な造形の経験があつたためではなからうか。

厚板分野の今後に期待したいのは、オンライン熱処理による工程省略と新しい圧延機であろう。前者は既に各社において、多くの方式が開発されておるので今後それぞれの特徴が評価され工場ごとの最適特性のものが採択され設置が進むであろう。一方新圧延機については対象が余りに巨大なためわずか 2, 3 提案があつた程度である。製品の断面寸法範囲や圧延条件がこれ程広い圧延機はない。高荷重は避けられないのでロール段数を増すことには抵抗があるが、横剛性や比剛性を適時転換できる圧延機は検討の価値がある。

長尺製品を圧延するホット、コールドストリップミル、線材、棒鋼ミルではクロップロスの歩留りに対する影響が少ないため、単一工程での歩留り向上代は少ないが、それだけにきめ細かい操業努力によつて、ほぼ限界に近いまでの高歩留りに達している。しかもこれらの製品は 2, 3 次加工用の素材であり、主として寸法精度のレベルアップによつて、次工程の歩留り向上に貢献すべく努力が続けられている。

15 年程前に圧延工学の大先輩から、ストリップクラウンの極小化を技術テーマとするよう示唆をいただいたが、レンズ状の断面でなければ平坦な板はできないと信じていたので非常にとまどつたことがある。ところが最近、例えば DI 缶やテレビのシャドーマスクの素材には極端に小さい板内板厚偏差が要求され、ストリップクラウンの極小化努力によつてこれにこたえようとしている。もし当時から極小クラウンのストリップが製造されていれば、鋼材の節約は既に数百万 t が計上されたであろう。

ストリップミルには、油圧々下装置、SCR 電源等、高い応答速度の制御要素が採用され、AGC 機能が格段に向上、拡大した結果、計算機によるセットアップの改善と共に非定常部を含む長手方向ゲージ精度を向上させた。今後パススケジュールの最適化、新形式ミルの有効配置が、三次元変形解析等の理論面の強化にバックアップされて進展し、エッジドロップを含むストリップクラウンの極小化が遠からず達成されよう。

ホットストリップミルでの幅制御には連铸比率の拡大に対応する大幅圧下と、幅精度の限界追求との二つの命題がある。

前者は連铸化の速度が非常に速く、スラブ幅圧延技術はこれを追う形で完成が急がれている。設備としては V-プロセス、ショートストロークエッジャー、端部成形プレス等が出そろつているし、これらにおけるクロップ生成と端部幅挙動の実験的な解明と、これに基づく制御モデルも整備されて来ているが、今後ローカル条件に応じた設備の選択と、制御機能のレベルアップが必要である。

後者の幅精度限界追求に対しては、仕上げ圧延機のスタンド間エッジャー、低張力または高応答性ルーパー、ダウコイラーでの張力制御等が既に提案され開発が進められている。しかし限界値としては次工程でのノートリムを保証するレベルはぜひ期待したいし、そのためには大幅圧下や熱間潤滑の部分適用等新規参入技術による幅変動、キャンパーや最端部での幅変動もあわせて解決しなければならない。

ノートリムは工程省略の一例であり、寸法精度向上による同様事例としては、冷間鍛造用素材の冷間引き抜き工程省略が実施されているし、高幅精度厚板のアズロール幅での切板並びに取り引きも提案されており、効果的な歩留り向上が期待される。

プロセスとしては可能ならば工程数を減らし、必要工程については連続化することが望ましい。

工程省略は製造工程の最も望ましい改善手段であり、単一工程の技術成果が限界に達しつつある現状での期待は大きい。現在連続鑄造設備以外に工業化された例がないのは残念だが、最近小断面の連続鑄造、直接圧延を期待する報文が見られるようになった。例えばストリップキャストは工程省略メリットと更にこれに付随した新しい鋼板製造工程と新製品を期待したい。

連続化では非定常圧延部を避ける目的のエンドレス圧延設備と複数工程の接続統合設備および熱延材料の停滞を省いた直接圧延の 3 つの様式が既に実現しており、更に進展するであろう。

以上鋼板分野での歩留り向上技術について所見を述べたが、他の分野においても高度の展開がなされていることは言をまたない。

冒頭に掲げた鋼材の高歩留りは、製鋼に始まる一貫工程で造りこまれた高品質を背景とするものであり、日本の鉄鋼業を比類ないものとしている。

この成果に大きな貢献を果たした圧延技術の蓄積は尨大なものとなつた。成果の限界は技術の停滞を許すものではなく、次の段階への進展を要求するものである。単一工程での限界は、複合工程に成果の拡大を求めなければならない。今後更に有効な圧延理論の展開と現場でのその実証、応用並びにプロセスに関する更に包括的な考察により、製鉄業の総合プロセスの最適化と最適操業が進められることを期待したい。

「圧延歩留り向上の技術と理論」特集号の発刊に当たつて、圧延技術者がその分野を越えた領域にまで連携と活動の場を広げ、日本の鉄鋼業の飛躍の時代を築かれることを祈つてやまない。

特集号編集委員会

幹事 木原諄二

委員 岡戸 克

北村邦雄

國岡計夫

小池 允