

連铸から熱延への直結化に関して思う

解説

加藤 健 三*

Consideration on Direct Connection between Continuous Casting and Hot Strip Mill

Kenzo KATO

昭和 55 年 12 月に第 71 回西山記念技術講座において、80 年代の鉄鋼業に対する考察が加えられ、過去をふり振り返り将来を展望して技術的にどのような問題点があるかを考えることができた。小生はその中で加工技術の現状と将来のところを担当し、最も大きなテーマとして連続铸造と圧延加工の連続化をあげ、とくに連铸-ホットストリップミルの連続化について、その年の鉄鋼工学セミナーで討論した結果をふまえて、次のように記述してみた。

1. 連続铸造と圧延加工の直結化 [昭和 55 年の時点]

製鋼から圧延への連続化の課題は 80 年代の最も大きなテーマの一つであるということができよう。ほとんどの鋼種の連铸が可能となり、やがて数年内には粗鋼に占める連铸鋼量の比率も 75% を越えるまでにいたると考えられる。

圧延の立場から考えると、すでに省エネルギー対策としての直送圧延 (Direct rolling) および熱片装入 (Hot charge) の適用拡大が進みつつある。

1.1 連铸-ホットストリップミルの連続化

次に示すような段階の発展過程が考えられよう。

①加熱炉でスラブを加熱する場合に熱片では冷片に比して 100×10^3 kcal/t 程度の燃料節約になるが、実際の装入では断続的に装入されるので冷片と熱片の隣接部で燃料低減効果が少なくなる。そこで今後は熱片装入比率を高くすることが必要で、それとともに熱片ロットを大きくすれば効果的であろう。これが第 1 段階であり、この間に製鋼品質 (表面性状、介在物など) の向上安定化をはかるとともに、鋼片の熱間さび検出およびホットスカーファの一段の進歩が必要であろう。

②第 2 段階として連铸鋼片を直接、加熱炉に装入するか、さらに直接、ホットストリップミルに装入する連続化の段階が考えられる。ここでは鋼片品質の完全な安定

化を必要とする。

③第 3 段階としては完全連続化であつて、連铸機-圧延機の直結であり、圧延出口で連続的にでてくるコイルせん断が必要となる。連铸機としては圧延機入口速度と同調できる高速铸造技術：たとえばロータリーキャスター方式とか非鉄で実用化している方式のようなもので鉄鋼に適したものが必要となろう。

Fig. 1 は連铸-熱延の連続化について第 1 回圧延国際会議 (1980) に発表されたものである。

さて、以上の連铸-圧延の直結化に対する第一の問題は、連铸製造スケジュールと熱延製造スケジュールの独自性の問題である。連铸としては同じ鋼種、同じ幅で連続してだしたい。一方、熱延としては一般にロール摩耗などを考察して広幅材から順次、幅を減少させていきたい。これら両条件を調整していくためには、次のような研究が必要となろう。

(a) ロール耐摩性の向上

- 摩耗に強いロールの開発研究

- 熱間潤滑および圧延位置の幅方向移動による摩耗低減法

- ロール表面研磨用オンラインラインダー、また、ロールクイックチェンジなどの研究

(b) スラブ幅変更の新技術

- 連続铸造の铸込中の幅変更技術の開発

- サイジングミルまたはエッジングミルによる幅圧下

- 熱延ラインの幅変更法としてカリバー付きの縦型スケールプレーカによるレバース圧延、また、中央部を圧延する幅出し圧延などの研究

- フィッシュテールおよび端部幅落し対策として、エッジングプレスによる幅圧下、端部予備プレス成形、押込みエッジング、また全ラインにおける自動幅制御の研究

以上の技術開発と同時に、板厚、鋼種、幅変更にとともにロールクラウン制御の研究が必要であることはいうを

昭和 62 年 10 月 26 日受付 (Received Oct. 26, 1987) (依頼解説)

* 大阪大学 工学部 教授 工博 (Faculty of Engineering, Osaka University, 2-1 Yamadaoka Suita 565)

Key words : continuous casting ; hot rolling ; steel industry ; continuation ; energy saving ; direct rolling ; hot direct charge rolling ; controlled rolling ; productivity ; process control.

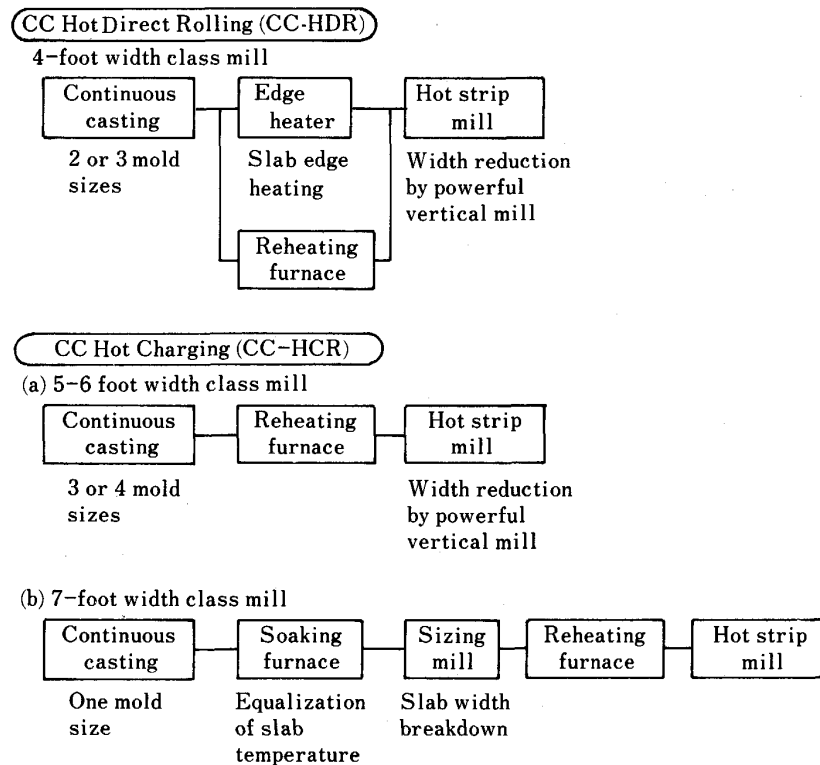


Fig. 1. CC-Hot Direct Rolling (1st International Conference on Steel Rolling : N. FUKUDA)

またないであろう。

(c) スラブせん断

- 大型スラブ連続機における連続フレーム切断の開発
- マルチフレーム切断法の研究
- グループロール切断法の研究
- スリッピングミル切断法の研究

この方面の研究は英国の BSC やスウェーデンで進んでいるようであるが、フレーム切断法は人口の多い開発途上国に、また、スリッピングミル法は人口の少ない国に適しているとされている。

(d) トリプレット・ミル

スウェーデンの Metalform 社とストランド教授らが開発を進めているもので、連続機から一定の長さで切断した連続片を連続して各種の幅のスラブおよび丸棒や形鋼用のブルームに圧延するのが目的であり、垂直-水平-垂直の3組のロールから成立っており、可逆式圧延を行うのが特色である。連続片を直角に立てて縦方向から幅圧下を加え、何回か可逆的に圧延して幅と厚さを出す。その際、スラブを倒さないで逆転時間が短く、3パスの圧延を行うことができる。脆いボロン鋼を既存の設備で圧延したところコーナークラックが生じたが、トリプレットミルでは生じなかつたといわれる。連続機では引張応力の影響を大きく受けるので、オフラインの方がよく、初段のパスは圧下を少なくしてスラブ表面を強化するような圧延がよいとされている。このトリプレッ

トミルとスラブせん断の組合せが小規模または中規模プラントにおける各種の幅の鋼板および形鋼の生産に適しているとされている。

以上、連続-熱延の直結化について考えたが、製鋼側から見ても溶鋼のストリップへの直接製造を目標にしてハゼレット式、ロータリー式、2ロール式などが試験され、80年代にはどの方式が有利であるかの評価がされると思われる。それまでの間、種々の水平連続機、ローヘッド湾曲型スラブ連続機などの実用化が進むであろう。

既存の熱延工場の頭にスラブ連続機を建設中の製鉄所、また、スラブ連続機における幅大圧下設備を進めている製鉄所もあり、一方、水平連続機とミニミルとの結びつきを研究する傾向もあらわれており、80年代の大きな課題であるといわなければならない。(以上については、1987年の現在ではすでに実用化が完了している例もでてくる。)

1.2 ホットストリップミル

熱延においては生産規模の増大および圧延の高速化により全連続式へと発展してきたが、近年では粗圧延時の材料温度低下を減少させるなど温度バランスが重視され、粗圧延機列に一部、可逆圧延を加えた配列(スリークオーター)が主流となつた。圧延速度は最終パスで1600 m/min、コイル重量も45tが可能となり、これにともない加熱炉もウォーキングビーム炉が設置され、加

熱能力は1h当たり300~400tに上昇した。生産性の向上のポイントは仕上圧延のピッチを短くすることで、アイドルタイムが10s程度になつている。また、省エネルギーを目的として、直送圧延、熱片装入、低温出片などが行われるようになった。以下、技術開発動向のポイントをあげよう。

①低温出片

(1)ミルラインの短縮化：剛性の高い圧延機で大圧下を可能にすること。ロール材質、潤滑の改良が必要。

(2)放熱の防止：保熱カバー、コイルボックス、エッジヒーティングの利用。

(3)仕上スタンド前素材板厚の厚肉化：仕上列前のクランプシャの能力増大、仕上スタンドのクラウン制御、仕上NO.1スタンド前のエッジャによる押込み。

(4)通板速度の増大：仕上圧延の通板速度は11~13m/sであるが、コイル前端と後端の温度差を少なくするために、前端巻取り後に加速の必要がある(ズーム圧延)。ロールピッチもできるだけ小さくする必要がある。かりに通板速度を11m/sから15m/sに増加させることができれば、出片温度を150°C下げられるという計算結果があり、燃費も 45×10^3 kcal/tの節約になる。

②直送圧延および熱片装入

(1)スラブ表面欠陥の除去：無欠陥スラブの生産技術、熱間表面検査技術、熱間スカーファの開発。

(2)保温技術：保温炉、保温カバー、エッジヒーティング、その他の保温技術の開発。

(3)熱延と連铸またはスラブミルとの調整：生産制御システムの改善、粗スタンドの幅大圧下技術の開発。

(4)仕上列での圧延自由度および精度の拡大：クラウンおよび形状制御技術、ロールの局所摩耗防止技術、耐摩耗性高強度ロールの開発、熱間潤滑の利用。

③熱延での制御圧延(材質制御)

(1)制御圧延技術の拡大：低温加熱、再結晶域圧延、未再結晶域圧延、二相域圧延、急速冷却、低温巻取りなどの技術開発。

(2)制御冷却の技術開発：急速冷却、適応冷却パターン、スタンド間冷却、熱延熱処理ラインなどの開発。

(3)二相域圧延技術の拡大：フェライト-マルテンサイト二相鋼による高張力、低降伏点材の開発。

(4)強力圧延機の開発：変形抵抗の増大に対応しつつ板厚精度向上のために必要。

(5)プレス成形性：自動車その他の応用を考えて熱延板の成形性向上の研究。

2. 第4回圧延国際会議に出席して [昭和62年の時点]

前節では昭和55年の時点で連铸-熱延の直結化について考えてみたわけであるが、昭和62年の現時点に立つて考えるといかがであろう。すでにわが国においては、

熱延工場の頭にスラブ連铸機が設置されて稼働中である例また、多鋼種直接生産を目的として製鋼と熱延工場間に高保温高速台車、スラブエッジ加熱設備を配置して直結化をはかつた例もでてきた。

昭和55年に第1回圧延国際会議が東京で開催され、わが国の圧延技術が世界に紹介されたが、昭和62年6月第4回国際会議がフランスで開催され、同じ平圧延のテーマのもとに800名の各国研究者、技術者が参加し3日間盛会のうちに終了した。その会議でとくに熱延関係で鋼管福山の連铸-熱延の連続化の報告が行われたが、各国の関心と呼び、きわめて多数の質問がだされた。その質問を列記してご参考にしてみたい。

(1)HDRプロセスにおいて、材質的な問題はないか。とくに、アルミキルド鋼はどうか。

(2)パーキャスターが開発されつつあるが、コスト面から見ると、どのように考えるか。

(3)HDRプロセスに限らず、材質アップを考えると、粗バーエッジヒーターの能力はどのくらいが適当か。

(4)冷圧材で深絞り材は製造しているか。また、バッチ焼鈍、連続焼鈍材は製造しているのか。

(5)スラブエッジヒーターをガス燃焼タイプ、粗バーエッジヒーターをインダクションタイプにしたのはなぜか。

(6)連铸と熱延の能力を考えると、熱延が能力が大きいが、そのバランスはどう調整しているか。

(7)HDR材のグレードはどのくらいか。

(8)HDR適用材拡大のネックは何か。

以上の他にも質問があつたが、とにかく質問集中の感があつた。

終わりに、本国際会議の第1日目にUSINOR ACIERS社のG. DOLLE氏の特別講演があり、圧延技術としてとくに、フリースケジュール圧延技術が進んで、各種の幅の圧延が可能になつたこと、そしてその技術を可能にするためのクラウンおよび形状制御技術の進歩、およびロールシフトミルの発達が述べられた後、今後の期待として、「薄肉連铸-熱延の直結化」について次のように述べている。

近い将来において、革新的な圧延機が生れるであろう

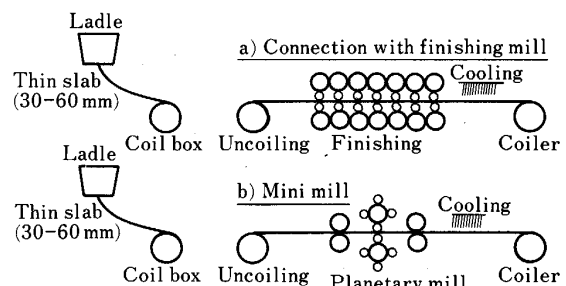


Fig. 2. CC-Hot Direct Rolling (4th International Conference on Steel Rolling : G. DOLLE).

か。

あまり期待できない。しかし、薄肉連铸には注意を払う必要がある。そして、次のような二つの可能性があると考えられる。

一つは 3~4 mm 厚の薄肉ストリップの連铸により、熱延を通さずに冷延への連続化-研究が開始されている。もう一つは 30~50 mm の薄肉スラブの連铸で、すでに研究開発を終了し、工業化の段階である。この薄肉スラブからの連続化は Fig. 2 に示すように 2 種の考え方ができる。

a) 熱延仕上スタンドへの連続化：薄肉スラブをコイルボックスで巻取つて、仕上スタンドに通す。

b) ミニミルへの連続化：500~1 000 kt/年のミニミル、とくに大圧下のきくプラネタリーミル技術の進歩に期待する。

3. む す び

昭和 55 年で第 1 回圧延国際会議後に記述した内容と昭和 62 年第 2 回圧延国際会議後の感想とを比較して、連铸-熱延の直結化について考えてみた。そこには時代の必然的な進歩が見られよう。今後の問題として、薄肉スラブ連铸および薄肉ストリップ連铸の研究動向、そしてそれら連铸技術と直結化する圧延技術の研究の将来に期待しつつ一考察を加えたしだいである。