

技術報告

UDC 662.614.2 : 621.771

ス ラ ブ の 直 送 圧 延*

高 橋 守 雄**・増 井 淑 郎**

Hot Direct Rolling

Morio TAKAHASHI and Yoshiro MASUI

Synopsis:

For energy saving, following new hot rolling processes are very useful. One is the hot rolling system which the slab is passed directly without cooling from slabbing mill to hot strip mill (called Hot Direct Rolling). The other is the system which the slab is charged into reheating furnace in hot condition and then is supplied to hot strip mill (called Hot Charge Rolling). Since energy crisis, in 1974, in steel industries, various utmost efforts for the development of these new processes have been made, so that these techniques were established in the mass production scale and were adopted in seven iron works in Japan.

In this report, for the purpose of cost minimizing from steel making shop to rolling shop, hot direct rolling process and also future aspects of further developments are described.

1. 結 言

鉄鋼業の省エネルギー対策で最近注目されるものの一つに「スラブの直送圧延」がある。

鉄鋼製品、たとえば薄鋼板ができるまでの上工程からのエネルギー消費量の中、分塊ミルと熱延ミルで消費される分は約 1/10¹⁾ である。この 1/10 の中には燃料分が多く、分塊ミルでは 66%²⁾、熱延ミルでは 61%³⁾ が燃料分である。従来から、熱片スラブの顕熱を積極的に利用しようとする研究や試みは色々行われたが、鋼質一特に表面疵一の改善が伴ず、分塊ミルから熱間ミルへの直送圧延や、加熱炉へ熱片スラブを装入するホットチャージは、本格的実施には至らなかった。

1970 年代に入ってから、製鋼技術面の急速な進歩により、先ず鋼塊方式では硫黄含有量が極度に低い低炭リムド鋼の量産が容易となりスラブ表面品質が安定し、一方連続 casting (CC) 方式では casting 技術の進歩により低炭素アルミキルド鋼スラブの表面品質が著しく改善され、無手入で熱間ミルに送ることができるようになった⁴⁾。さらに工程管理面では、オンラインコンピュータの活用によりミル間の材料の流れを効率よく迅速に管理できるようになった。また、圧延部門のスラブ直送関連技術としては、分塊ミルでの熱片スラブ疵状況に対応した熱間溶削技術の確立、分塊ミルと熱間ミルとの間の熱片スラ

ブ搬送方式、およびスラブ保熱のための各種技術・設備の開発など⁵⁾、の進歩があつた。

これら一連の製造技術・設備技術・管理技術の進歩により、石油危機以降のわが国一貫製鉄所では「スラブ直送圧延」が本格的に検討され、多少のレイアウト上の困難を克服して既に 5 社 7 製鉄所が、量産体制に入っている。表 1 は 7 製鉄所の概況を示し、写真 1 には住友金属工業・和歌山製鉄所のスラブ直送状況を示し、図 3 にレイアウトを示したものである。この「スラブ直送圧延」による生産量は、全国熱延普通鋼圧延量の 4~5% に達している。わが国の「スラブ直送圧延」技術は、世界の先端を行くものである。

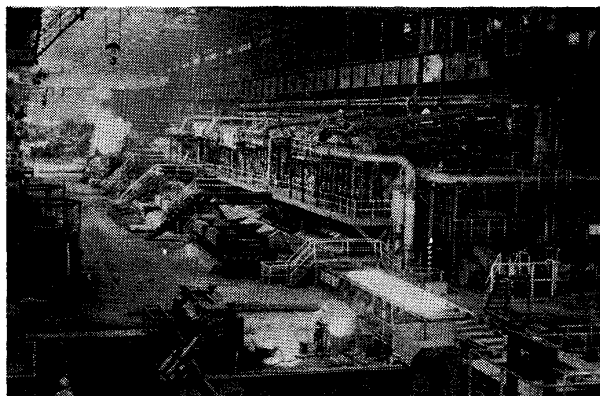


写真 1 HDR 外観 (住金, 和歌山)

* 昭和 53 年 3 月 13 日受付 (Received Mar. 13, 1978)

** 住友金属工業(株)本社 (Sumitomo Metal Industries, Ltd., 5-15 Kitahama Higashi-ku Osaka 541)

表 1 HDR 実施会社、製鉄所名、生産量

会 社 製鉄所名	分塊圧延スタンド 熱延スケールプレカ 間距離 (m)	分塊-熱延 ミルセンター ずれ有無	製鋼,分塊,熱延 T/H 差の状況	現状の H.D.R生産量 (KT/M)
新日鉄,名古屋	261	無	熱延 = 分塊 > 製鋼	25 ~ 35
" , 堺	255	有	製鋼 > 分塊 > 熱延	50 ~ 60
日本鋼管, 福山	169	無	熱延 ≧ 分塊 > 製鋼	10 ~ 20
川 鉄, 千葉	228	無	分塊 ≧ 熱延 > 製鋼	35 ~ 40
住 金, 和歌山	227	無	熱延 > 分塊 > 製鋼	25 ~ 35
" , 鹿島	405	有	分塊 ≧ 熱延 > 製鋼	20 ~ 30
神 鋼, 加古川	403	無	熱延 > 分塊 ≧ 製鋼	10

注. H.D.R は直送圧延を指す

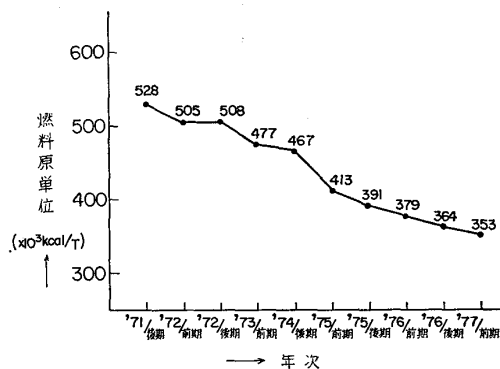
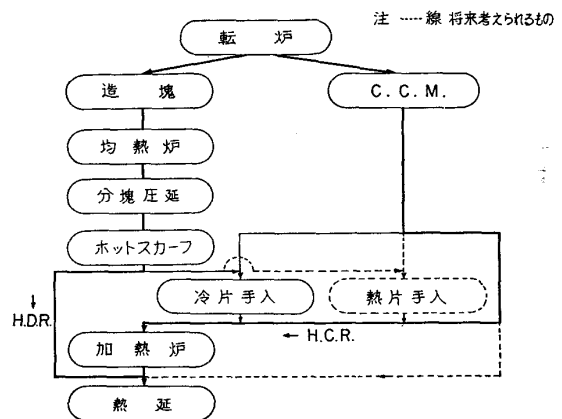
図 1 熱延工場の燃料原単位推移 (全国平均)
(鉄鋼協会, 共同研究会資料より)

図 2 HDR, HCR の工程

熱片スラブを熱間ミルの加熱炉に装入する「ホットチャージ」方式は、分塊スラブのみならずCCスラブにも採用する製鉄所が増えて来ている。現在「ホットチャージ」による生産量は、全国熱延普通鋼圧延量の4~5%である。

なお、熱片スラブの顕熱 (175~190×10³kcal/t) 利用の面からは、次の3点、すなわち

- (1) 分塊圧延後、直ちに熱間ミルにて圧延する直送圧延法。((以下略して IHDR (Ingot Hot Direct Rolling) または単に HDR の語を用いる。))
- (2) 分塊圧延後の熱片スラブ、またはCC熱片スラブを高温 (500°C 位) で熱間ミル (本稿では熱延ミル) 用加熱炉に装入する熱片装入方法。((以下略し

て IHCR (Ingot Hot Charge Rolling) または、CHCR (CC slab Hot Charge Rolling)。本稿では主として CHCR について述べ、単に HCR の語を用いる))

- (3) 分塊またはCCの熱片スラブを熱源とし、ボイラーで蒸気として回収するスラブクーリングボイラー法 ((以下略して SCB (Slab Cooling Boiler) とする。)) が考えられる。

本稿では、現実に量産技術として、拡大しつつある、

- (1) 項の「鋼塊法スラブによる直接圧延 (HDR)」を中心に記述し、一部、(2) 項の「CC法スラブのホットチャージ (HCR)」に言及することとする。

2. HDR と HCR とその背景

2.1 社会的背景

1973 年の石油ショック以降、石油価格が一挙に 3 倍に上り、国内鉄鋼各社の熱間圧延工場の原価低減の第一目標は「燃料原単位の低減」となった。図 1 に全国熱延工場の燃料原単位の推移（全国平均）を示す。毎期、その記録は更新されているが、HDR および HCR は、熱延工場の省エネルギー対策の最重点項目として、各社共その拡大に努力が払われている。

2.2 HDR と HCR の鋼片の流れ

図 2 と表 2 に従来の鋼片の流れと HDR・HCR の鋼片の流れを比較して示す。省エネルギー対策の効果の他に手入工程および加熱工程の省略・軽減という面から、省力・歩留向上・納期短縮の効果が明白である。なお、図

2 の点線部で示される工程は熱片スラブの探傷技術と熱間部分手入技術の開発によつて新しい鋼片の流れとなるうとしている工程である。

2.3 関連技術の進歩

2.3.1 製鋼技術の進歩

熱延・冷延製品の大半は低炭素リムド鋼であり、キャップド鋼で作られることが多い。キャップド鋼の場合には多くの論文で指摘しているように、鋼中の硫黄成分量がスラブの品質を左右する。1970 年までは、炉内脱硫が中心で、硫黄水準も 0.020~0.030% であつたが、1970 年以降になると、溶鉄脱硫が量産技術として取り入れられ、硫黄水準も 0.010~0.020% となつた。硫黄水準とスラブ表面品質を左右するソリッドスキン厚さの関係については、既に報告されている⁹⁾。このような熱片スラブでの品位向上と分塊ホットスカーフの表面疵に

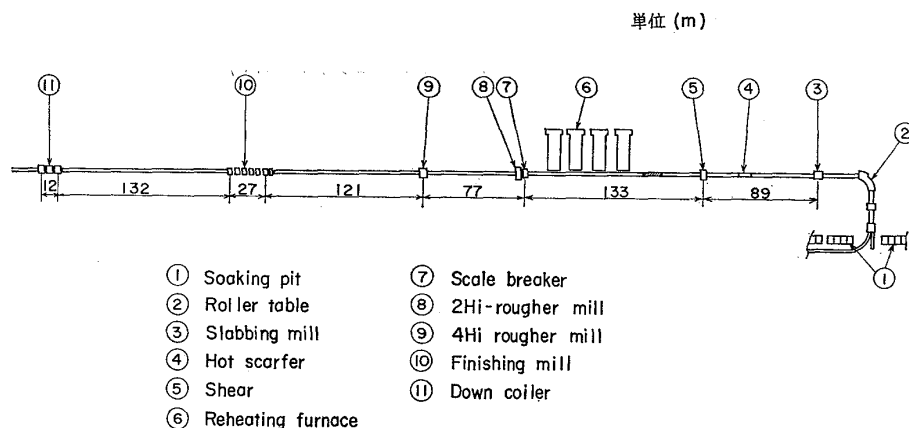


図 3 HDR ミルレイアウトの例（住金，和歌山）

表 2 HDR, HCR の方法

製鋼法	方 法	名 称	工 程										※ 工程数
			転炉	造塊	連铸	均熱炉	分塊	(ホット スカーフ)	冷片 手入	(熱片 手入)	加熱 炉	熱延	
鋼塊法	通常法	—	○	○	—	○	○	○	○	—	○	○	7
	直送圧延法	I.H.D.R.	○	○	—	○	○	○	—	—	—	○	5
	熱片装入 圧延法	I.H.C.R.	○	○	—	○	○	○	—	○	○	○	6
C.C 法	通常法	—	○	—	○	—	—	—	○	—	○	○	5
	直送圧延法	C.H.D.R.	○	—	○	—	—	—	—	—	—	○	3
	熱片装入 圧延法	C.H.C.R.	○	—	○	—	—	—	—	—	○	○	4

※ ホットスカーフ、熱片手入は除外

対応する施工技術が結合し、直送圧延 (HDR) が可能となったのである。

一方、CC法の冷延用低炭素アルミキルド鋼スラブも鋳込技術の進歩により無手入で熱間直送が可能となり、CCスラブのホットチャージ (HCR) が本格化した。今後の HCR の適用品種拡大のためには、Nb 入鋼や、Nb-V 入鋼の CC スラブ無手入直送化が重要な課題である。

2.3.2 圧延技術および工程管理技術の進歩

分塊・熱延ミルはいずれもオンラインプロセスコンピューターシステムが採用され、これを工程管理・進捗管理のビジネスコンピューターと有機的にうまく結合させることにより、HDR および HCR 量産技術となる道を開いた。

直送圧延 (HDR) 時には、これらのコンピューターが有機的に働き、製鋼から分塊ミル・圧延ミルまでの分単位の間調管理技術が大きく貢献している。また、分塊均熱炉の DDC システムは、鋼塊の焼上り温度の管理精度を著しく向上せしめ、HDR の製品品質バラツキを減少させている。

CCスラブをホットチャージ (HCR) する場合には、500°C 程の熱片スラブが装入されるのであるから、何といても加熱炉における無駄焼き防止技術が重要でありこのために、加熱炉燃焼制御プロセスコンピューターが大きな威力を発揮している。

3. HDR・HCR に関連する技術上の検討課題

3.1 HDR

既に完成した一貫製鉄所において、スラブの直送圧延 (HDR) を実施する場合、第一の課題は分塊ミルから熱間ミルまでの温度降下である。現在実施している各製鉄所の分塊と熱延の関係は表 1 に示した。

高温の材料の温度降下は一般に次式で与えられる。

$$\Delta\theta = 1.9 \times \{(\theta + 273) / 1000\}^4 \times t / h$$

$\Delta\theta$: 温度降下量 (°C)

h : 板厚 (mm)

θ : 材料温度 (°C)

t : 同一厚さでの経過時間

スラブコーナー部の温度降下は、上式の計算より実測の方が若干大きい。

分塊と熱延ミルの間の温度降下を補償する方法としてスラブの分塊ミル仕上温度を通常材より高くすることが先ず考えられる。分塊時に温度降下を防ぐ作業上の工夫は色々行われているが、均熱温度を必要以上に高めることは、均熱炉の燃料原単位およびスラブ表面品質を悪化

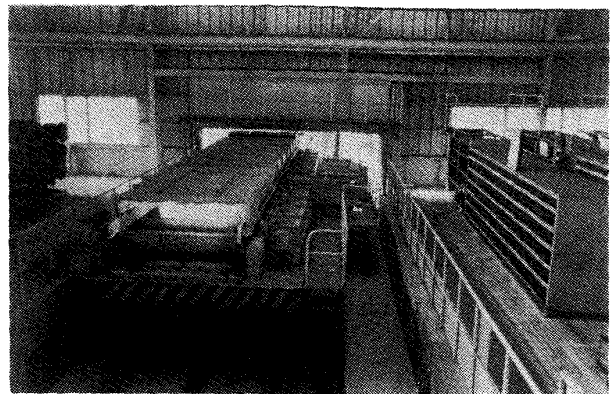


写真 2 HDR 分塊熱延間保温カバー付スラブ台車 (住金, 鹿島)

させるという点で好ましい方法とは言えない。むしろスラブの分塊仕上りから熱延仕上げミルを出るまでの間に次のような、設備上、作業上の開発検討が行われておりその一部はそれぞれ製鉄所の個有条件を考慮し検討されいくつかは採用されている。

- (1) 熱延仕上ミル前のローラーテーブル上にエッジバーナあるいは保温炉の設置
- (2) 分塊ミル、熱延粗圧延ミル、熱延仕上ミルのそれぞれのミル間のテーブルローラーのスピードアップ
- (3) 熱延の粗・仕上圧延圧下配分の変更 (仕上負荷の増大)
- (4) 熱延仕上スタンドでのズームアップ圧延の強化
- (5) 分塊と熱延間の温度降下実績によるスラブ厚さの適時変更 (オンラインプロコンによる制御)
- (6) 熱延粗圧延機のモーター容量アップによる圧延スピードアップ
- (7) 熱延仕上スタンド前到着材の厚さ (素厚) の増大と仕上ミルのモーター容量アップとスタンド増設
- (8) 熱延と分塊ミルの間に自送式保温台車の設置

写真 2 には住友金属工業・鹿島製鉄所の自送式保温台車の例を示した。

3.2 HCR

現在、ホットチャージ (HCR) 方式の本格的実施は主として、CCスラブの熱延ミルへの適用という形で行われている。厚板ミルへの適用は、今後の課題であり、スラブの脱水素処理や、材料の単重調整を要しない低グレード品から今後実施することになろう。HCR の場合、製鋼工場の連続鋳造機から熱延ミルの加熱炉までの距離は、HDR の場合程大きな問題にはならない。多くの場合、特製保温スラブ台車が用いられる。住友金属工業・鹿島製鉄所の場合も製鋼と熱延とは約 1200m 離れているが充分効果をあげている。CC 鋳込後から熱延加熱炉装入までの時間は、鋼塊の場合と同様に「トラック

タイム」と称して管理され、HCR の熱的効果を高める一つの指標でもある。

新たに HCR を実施する場合、次のような設備上の検討が必要である。

- (1) 最も効果的なスラブ保温台車の開発
- (2) 磁気変態点以上の温度の高重量のスラブを取扱う吊具ハッカーの新設または既存吊具の改善
- (3) 加熱炉装入側スラブヤードに熱片スラブ保温用ピットの設置 (トラックタイムバラツキの吸収)
- (4) 加熱炉装入側クレントロリーなどの断熱保護 (焼損防止)

要は、いかにスラブを断熱保温し、迅速なハンドリングにより熱効率を高めるかにポイントがある。

4. 工 程 管 理

スラブの直送圧延 (HDR) の工程管理では、製鋼、分塊、熱延について、それぞれの変動を迅速に調整しながら、いかに初期の計画通り同調させ管理するかが、ポイントである。また一社の中で二製鉄所以上で HDR を実施している場合は、どの製鉄所で優先的に HDR を行うようミル配分することも重要となる。

具体的に HDR のスケジュールを組むに当っては「熱延→分塊→製鋼」の手順を重視する。この理由は、熱延工場の加熱炉の火を落すタイミングと HDR 実施のチャンスをやうまく組み合わせることにより、燃料節減の効果を一層高めることができるからである。

このような手順で組まれた、HDR 円滑実施のための

時刻指定をした製鋼鑄込みスケジュールを、筆者らは、「スケジュール出鋼」と呼んでいる。表3は、HDR チャンス設定のための、代表的月間スケジュールの事例である。この表中の指定の時刻に対する「遅れ」は、直ちに各工場の操業効率面と熱効率面の成績低下として現われるので、関連各部門は細心の注意をもつて管理をしなければならない。

「遅れ」の要因の第一は操業技術面であり、例えば、「指定成分外れによる材料振替え」「スラブ表面品質の不適による冷片スラブヤードへの取り出し」「分塊ミルあるいは熱延ミルにおけるミスロール」などである。「遅れ」の要因の第二は設備保全技術面であり、「一連の設備の突発故障によるミル停止」がこれに当る。「スケジュール出鋼」などによりいつたん最適チャンスを設定した以上、操業部門・保全部門の関係者は「遅れ」を発生させないよう最善の努力を払わなければならないが、いつたん「遅れ」が発生した場合には、工程管理関係者はオンラインコンピューターを駆使して定常状態に迅速に戻す努力を払わなければならない。

熱片スラブのホットチャージ (HCR) の工程管理は HDR に比すれば容易である。HDR と HCR との両方を一つの熱延工場で行う場合の工程管理は、かなり複雑となる。住友金属工業・鹿島製鉄所は、これを行っている。

5. 品 質 管 理

一般に、HDR および HCR を実施する場合は対象製

表 3 代表的 HDR 月間スケジュール

月/日	10/1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1
シフト別	A/B/C	A/B/C	A/B/C	A/B/C	A/B/C	A/B/C	A/B/C	A/B/C	A/B/C	A/B/C	A/B/C	A/B/C	A/B
H.D.R.チャンス													
分塊 保全修理													
熱延													
熱延 ロール替													
ヒート数/HDRチャンス		12	12	8	8		12	12	12	12	12	8	
鋼種数/ "		1	2	2	2		2	2	2	1	2	2	
サイズ数/ "		3	3	3	1		3	2	3	3	3	4	
チャンスルール		C	C	C	C		A	B	C	C	C	C	

31	合 計
	25回
	3回
	3回
	50回
12	184ヒート
2	—
4	—
C	—

- 注 1) 熱延ロール替はHDRに関するもののみ
 2) 1ヒートは約160T
 3) 鋼種数は低炭リムド、中炭リムドで大別
 4) サイズは製品幅区分とし3尺、1000mm 4尺、5尺で大別
 5) チャンスルール A:熱延保全修理直前、B:同直後、C:修理に無関係なシフト休憩直後
 6) 上記例は住金、和歌山の場合

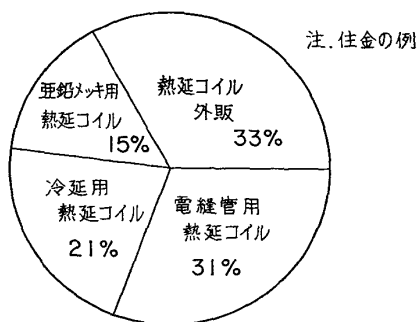


図 4 HDR 対象品種構成

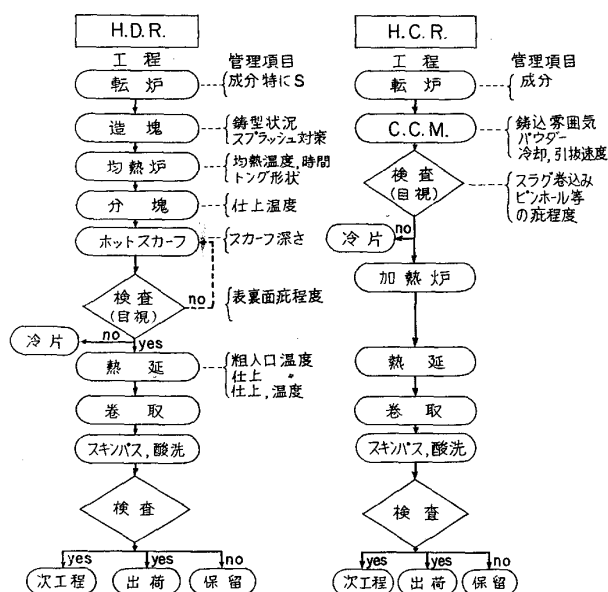


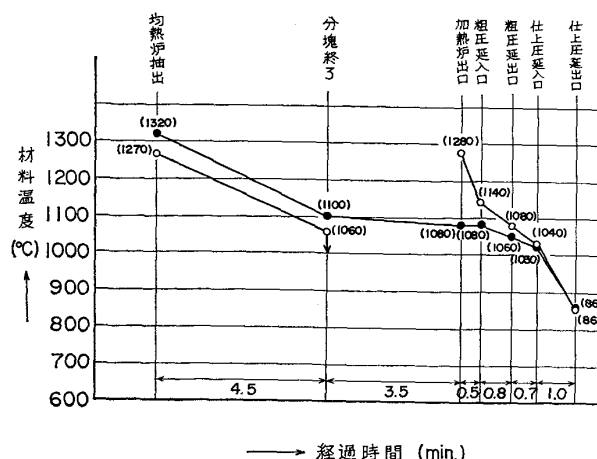
図 5 HDR, HCR の品質管理

品は順次、低グレード品から行つて製品成績を繰返しチェックし、その品質水準を確認しながら高グレード品への適用拡大を計っていく。図4に、HDR 対象品種構成の一例を示す。

品質管理の面から最も重要なことは、客先には従来品と同等または、同等以上のものを常に納入することである。したがって、社内次工程向け熱延コイルで充分その品質水準を確認した上で熱延外販品に適用している。

品質管理のフローチャートの代表的なものを、図5に示す。品質管理上のポイントは、表面品質と材料温度確保の二つの点である。製鋼における重点管理項目は、スプラッシュ防止、硫黄含有量水準の管理、鑄型内面肌管理など、である。分塊での重点管理項目は、均熱温度、均熱時間ホットスカーフ量などである。

最近では、表面疵の程度に応じ、ホットスカーフでのリターンスカーフ法が採用されている。表面疵のために分塊ミルで冷片化する比率は、おおむね 2～10% であ



注. スラブサイズ 1250 x 210 mm
製品サイズ 1250 x 3 mm
記号 ○ 通常法
● HDR法

図 6 HDR 分塊から熱延仕上迄の温度履歴

る。

熱延の製品検査成績は HDR 材や HCR 材と、従来材と変わらない。

材料温度管理は、製品金相組織や、コイル形状不良に関連する最重要管理項目である。分塊のホットスカーフ後の温度と熱延仕上スタンド前の材料温度を特に重点管理している。図6には、分塊の均熱炉抽出から、熱延仕上スタンドミル出口までの材料温度の履歴を、HDR 法と従来法と比較して示した。この事例は、分塊から熱延仕上スタンドまでの間に保温炉エッジ加熱設備などが無いケースである。均熱炉抽出温度は、従来材よりやや高目にし、熱延仕上出口の材料温度確保を図っている。均熱炉における高温抽出は、分塊ミルにおける燃料原単位が若干高くなるが、HDR による全体のメリットに比すれば、そのデメリットは小さい。直送圧延 (HDR 材) が熱延粗圧延入口では、従来材に比し 60°C 低かつたにもかかわらず、熱延仕上圧延出口ではその差は 0 になっている。これは、直送圧延材は従来材に比し、材料内部温度が高いために復熱現象をともない。結果的に熱延での温度降下の割合が少いためである。

温度管理面で特に注意すべきことは、直送圧延材では材料コーナー部の温度降下が若干大きいことである。コーナー部保温などの特別の設備を設置していない場合には、従来材よりセンター部温度を若干高目に管理することが必要である。最近では、幅方向温度を測定し品質管理を強化する方法も実用化されつつある。

6. 効 果

6.1 HDR

スラブ直送圧延法の一番大きな効果は、燃料原単位の低減にある。副次効果も少くない。以下順を追って明らかにする。

まず、燃料原単位低減の効果を図7に示す。この図の場合は、分塊と熱延ミルの間に加熱または保温の燃焼装置のない場合を×印で示し（分塊ミルの均熱炉での過均熱分を差引いた燃料原単位低減寄与値を示す）理論計算上の数値を○印で示す。（×印で結ばれた直線はそれぞれの製鉄所の操業条件によつて矢印方向にシフトする。）

燃料原単位の他の副次効果としては、製鋼-熱延通算歩留の向上、熱延コイルの板厚寸法精度の向上、燃焼排ガス量の減少による環境条件の向上、冷片スラブ手入工程の人員・スペースの合理化、リードタイムの短縮、およびスラブ在庫金利の減少などがあげられる。

HDR の鋼塊から熱延製品までの歩留を従来材と比較したのが表4である。通算で約0.2%の向上が見られ、その主なものは従来材の冷片での手入ロス加熱炉でのスケールロスなどの減少である。

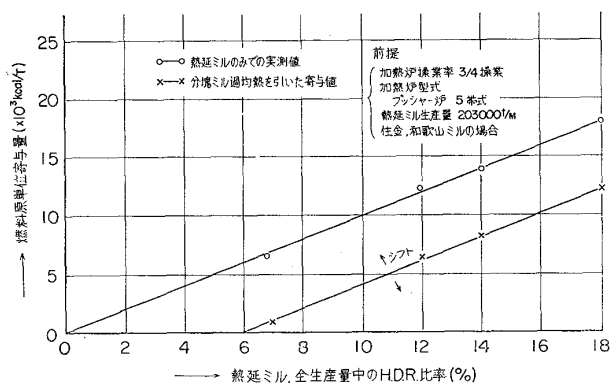


図7 HDR 生産比率の燃料原単位への寄与

表4 通常法とHDR法の歩留差の例

歩留	方法別	通常法	H.D.R法	差
通算歩留 (%)		93.5	93.7	+0.2
内訳	ホットスカーフロス	1.0	1.5	-0.5
	分塊クロップロス	3.2	3.6	-0.4
	冷片手入ロス	0.7	0	+0.7
	加熱炉スケールロス	1.0	0.4	+0.6
	フライングクロップシャーロス	0.4	0.4	0
其 他		0.2	0.4	-0.2

注 1) 分塊での鋼塊重量を100%とした熱延コイルの歩留
2) 熱延コイル寸法3mm×930mm×C

板厚寸法精度向上のメリットは、加熱炉を通さないため熱延材のスキッドマークが皆無になり、長手方向の温度分布が均一になり、板厚が均一になる点である。この代表事例を図8に示す。巾寸法精度も当然向上するが、各社で現在進められている熱延巾制御技術の開発と相まって大きな期待がかけられている。

環境改善については、一つの試算によると、HDR を20%実施する場合、加熱炉排ガス量は15%減少する。

冷片スラブ手入ヤードの合理化は、HDR の実施比率に応じ、工数とスペースの減少が図れるのは言うまでもないことである。製鉄所の中で最も合理化が遅れているこの分野に、HDR は一つの光明を与えているといつて過言ではない。

この他、加熱炉出口シューターによる裏面へげ疵の完全削減、加熱冷却サイクルがなくなることによるスラブの変態割れ・析出割れの軽減、などにより製品表面欠陥が全般的に減少する。

HDRの総合メリットを一覧表にしたものが表5である。これらによる原価低減は、製品トン当たり、製品総原価の1.3~1.8%に相当する。

HCR の総合メリットを表6に示した。HCR の原価

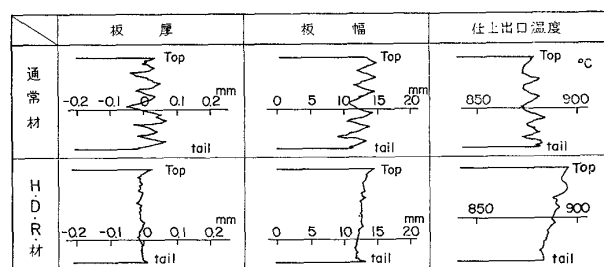


図8 HDR による製品寸法精度向上例
製品サイズ2.6mm×1055mm

表5 HDR の効果総括

項 目	効 果	備 考
燃 料	均熱炉原単位 ($\times 10^3 \text{ kcal/t}$)	-73 通常法115 H.D.R. 188
	加熱炉原単位 ($\times 10^3 \text{ kcal/t}$)	+284 通常法377 H.D.R. 93
電 力 原 単 位 (KWH/t)	-2.4	
材 料 歩 留 (%)	+0.2	
品 質	板 厚 変 動	減少 } 図8に示す スキッドマークがない
	板 幅 変 動	" } " " "
其 他	排ガス量減少率 (%)	-15 熱延全生産量の20%時
	スラブ手入工数減少率 (%)	-20 " "
	リードタイム短縮 (日)	-2 " "

※ 住金、和歌山の例

表6 HCR の効果総括

項 目		効 果	備 考
加熱炉燃料原単位($\times 10^3$ kcal/t)		+125	熱片 500°C 装入時
材 料 歩 留	冷片手入ロス減少(%)	+0.5	0.62
	加熱炉スカルロス減少(%)	+0.12	
其 他	排ガス量減少 (%)	-15	熱延全生産量 の20%が HCRのとき
	スラブ手入工数減少 (%)	-20	
	リードタイム短縮(日)	2~3	

注. 住金 鹿島の場合
対象材: 低炭素鋼にキルド鋼
冷延向

低減面への寄与は、製品総原価の 0.6~1.0% に相当する。

7. 今後の展望

(1) 直送圧延 (HDR) は多くの特筆すべき利点がある。前述の熱延ミルのみならず大形、厚板、条鋼線材の各ミルでも実施に移されつつあり、わが国一貫製鉄所の新しい省エネルギー量産技術として定着しつつある。HDR は分塊、熱延ミルが直結し、能力バランスが合っている所では今後大幅な拡大が予想される。一社で数多くの製鉄所を持っている場合は、ミル配分のやり方いかんによつては特定製鉄所の HDR を 100% 近くにするのも夢ではない。

(2) HDR を拡大するに際しての障害は鋼塊品質が必ずしも満足すべき水準にまで向上していないことにある。これへの挑戦として「無欠陥スラブ」の開発が試行されており、わが国の鉄鋼技術をもつてすれば必ずやコスト的に見合った製造方法が開発されるであろう。

(3) 「無欠陥スラブ」実現迄の過渡的段階として、熱間探傷機の開発による品質保証精度の向上や、スポッ

トスカーファの開発による歩留向上などが進められている。

(4) 一方 HCR は HDR に比しコストメリットは少ないが、分塊熱延ミルが直結していない所とか、CC法による各種スラブも対象となり、適用範囲がかなり広い。製鋼品質の向上とともに今後拡大するものと思われる。

(5) 従来は夢であつたが、溶鋼の顕熱を最大限に利用する製造技術として熱塊の無加熱分塊材と HDR の結合が実現されるものと思われる。

上記したようにエネルギー資源の乏しい日本における鉄鋼製造技術は今後ますます省エネルギー指向で行かねばならず、品質との両立を計りつつ今後ますます発展させる必要がある。熱間ミルでの省エネルギーは溶鋼の持つ顕熱をいかに利用するかにかかっている。既存の製鉄所ミルレイアウトは必ずしも熱フロー的に有利ではない一面があるが、各種の工夫、改善により省エネルギーの余地があり、今後も、多角的検討が続けられるであろう。

最後に本報告書作成に際し資料提供を頂いた各位に本誌をかりてお礼申し上げます。

文 献

- 1) 第 39 回西山記念技術講座: 昭51・5月「製鉄所に於ける省エネルギー」p. 149
- 2) 鉄鋼協会熱経済部会: 昭51年度「一貫製鉄所に於けるエネルギーバランス」より、昭52・10月
- 3) 同 上
- 4) 鉄と鋼: 63 (1977) 11, p. 132
- 5) 例えば、特許公報, 昭 47-9253 「ストリップ中間圧延材端部の加熱装置」小野
- 6) 例えば、鉄と鋼 No. 12, Vol. 61, Sept. 1975, 「リムド鋼における S の影響機構に関する考察」, 野崎等