粗鋼生産と鋼材歩留

山 鹿 素 雄*

はじめに

鉄鋼業の生産規模を示す尺度として、鋼塊と連続鋳造で鋳込まれた鋳片を合計した粗鋼生産量が一般的に用いられている。この粗鋼は、1次圧延、2次圧延などの加工工程を経て、製品となるが、この過程で、スケールロス、切断ロス、不合格などのロスが加わる。粗鋼量に対する鋼材製品量の比を、鋼材歩留とよんでいる。

日本の粗鋼生産量は、年間1億トンを超える規模にあるので、1%の歩留向上は、百万トン強の粗鋼増と同じ効果をもつことになり、その与える影響は非常に大きい。

最近の日本鉄鋼業における歩留の向上は著しく、粗鋼生産量のみでは、生産の指標とすることが不適当となってきており、鋼材の歩留をあわせて考える必要が生じている。

以下に、粗鋼生産量と歩留の推移ならびに歩留向上技術について、簡単に紹介したい。

世界主要国の粗鋼量と歩留

主要国の粗鋼生産量と熱間鋼材生産量の推移を、図1の棒グラフで示す⁽¹⁾。1978年実績で比較すると、我が国は、粗鋼生産では、ソビエト、アメリカに次いで第3位にあるが、鋼材生産量では、ソビエトにつづいて第2位にある。これは図1中の点線で示した鋼材量/粗鋼量(=歩留)に見られるように、ソビエト、アメリカの70%台、

西ドイツの80%台に対し、日本は90%にまで達していることによるもので、前述の如く粗鋼生産量のみでは、その国の真の姿を表わしていないことがわかる。

図1 世界主要国の粗鋼量、鋼材歩留、連続比率比較。

1979年の日本とアメリカの歩留の差は17%近くあり、日本の粗鋼ベースでいえば、年間約2千万トンの粗鋼差を生ずることになり、フランス1国の鉄鋼生産量に匹敵する粗鋼量を、歩留向上によってカバーしているといえる。

この歩留向上は、日本鉄鋼業全体にわたる、合理化や効率化のための技術開発によっているが、図1中の実線で示す連続鋼の比率が、各国で大幅に異なっていることから、連続比率の歩留に対する影響の大きいことが推定される。

鋼材歩留と連続比率

連続鋳造法は、分塊圧延工程が省略できるの

* 日本鋼管株式会社鉄鋼技術部長
Productivity of Crude Steel and Yield of Steel Product; Motoo Yamaga (Iron and Steel Technology Department, Nippon Kokan K.K., Tokyo)
1981年5月6日受理

で、分塊圧延時に発生する鋼片頭底部の切捨てロス(クロップロス)やスケールロスが少ないため、鋼材までの歩留は、鋼塊法に比べ、10%程度向上する。

図2は日本における鋼材歩留と連铸比率の推移を示したもので⁽²⁾、1970年と1979年をくらべると、鋼材歩留は約8%向上しており、1979年の粗鋼量で換算すると年間約1千万トンの粗鋼節約となっている。一方1970年には、わずかに5.8%にすぎなかった連铸比率は、1979年には52%に上昇し、約46%の増加となっている。

図2 鋼材歩留と連铸比率の推移。

図3 連铸化による粗鋼節約量。

1979年の粗鋼量を、連铸比率を1970年水準に固定して、換算係数を使って算定すると、連铸比率の増加によって節約された粗鋼量は、図3に示すように⁽²⁾、約618万トンとなり、鋼材歩留の向上の約6割強は、連铸比率の増加によるものと推定できる。今後とも連铸化の促進によって、鋼材歩留は向上していくものと期待される。

圧延工程における歩留向上

鋼材歩留の向上は、前述の連铸比率の向上のほかに、製鋼から始まる一貫した品質管理による不良品の減少と、各圧延プロセスにおける形状や寸法精度の改良による切捨て量の減少、加熱時に発生するスケールロスの減少などについての新技術の開発と、これらを有機的、総合的に結びつけた管理システムの発達によるところが大きい。

各加工工程において、歩留向上を目的として、多くの技術が開発されているが、ここでは厚板と薄板の製造について、いくつかの例を紹介する。

歩留の定義

歩留は一般に次のように定義される。

$$\text{歩留}[\%] = [\text{製品質量} / \text{素材質量}] \times 100$$

厚板の場合を例にとると、実歩留としては次式に示す注文歩留がつかわれている。

$$\begin{aligned} \text{注文歩留} &= [\text{合格製品質量} / \text{実スラブ質量}] \times 100 \\ &= \text{命令歩留} \times (\text{予定スラブ質量} / \text{実スラブ質量}) \\ &\quad - (\text{不合格製品質量} / \text{実スラブ質量}) \times 100 \end{aligned}$$

図4にスラブから製品までのフローを模式的に示すが、上式中の命令歩留は、素材のスラブを請求する段階で使われる理論値であり、図4中に示す一般式で表わされる。圧延後の鋼板の形状は一樣ではなく、寸法や形状にバラツキを生ずるため、厚み、幅、長さそれぞれに余裕代をとり、加熱時に発生するスケールロスを見込んだ式となっている。

この命令歩留は、各製造工場の工程能力にもとづいて、製品の仕様ごとに定められる数値であり、この値をもちいて、受注製品を最も合理的に製造するために準備すべきスラブの予定質量が決められる。

図4 厚板製造フロー概念。

歩留向上のためには、余材の発生を極力少なくするようにスラブの設計を行なうとともに、製品と素材スラブの形状や寸法精度を改善し、余裕代を軽減することが重要となる。

生産管理システムの発達(厚板の場合)

厚板は、ほとんどが受注生産であり、用途が多様多様であるため、製品の寸法、品質が多岐にわたっていることが特徴で、製造工程は図5に示すように⁽³⁾、複雑である。

多岐にわたる製品の用途、要求性能、規格等の条件と、納期ならびに複雑な製造工程をマッチングさせ、工程能力をフルに発揮させ、品質、コスト、工程のバランスのとれた最適な組合せを作ることを行って、総合的なシステム化が行われている。

最近では、自動制御技術、精度向上技術の進歩にともなって、歩留を管理するための要因は、ますます多くなっており、計算機の威力は増大しつつあり、合理的な素材設計を行うとともに、各製造工程に適切な指示を与える大規模な生産管理システムが発達している。

図5 厚板の製造工程。

このシステムによって、素材請求精度ならびに製造適中率が向上し、歩留向上に大きく寄与している。

圧延工程で発生するロスの減少

圧延工程で発生するロスの例として、表1にホットストリップミル(熱延)における、歩留ロスの内容を示す⁽⁴⁾。加熱炉でのスケールロスと、板先後端部のクロップロスの占める割合が多い。

表1 熱延歩留ロスの内容。

項 目	ロ ス の 内 容	発生率 (%)
スケール	加熱炉内およびデスケーリングによるスケールロス	0.6~1.5
クロップ	粗バー両エンドのクロップロス	0.2~0.6
ミスロール	粗・仕上のミスロール巻取のミスコイル	0.02~0.2
試片およびエンド屑	試片および検査用のサンプル、フィッシュテール、欠陥部のカット屑	0.01~0.3

(1) 加熱炉スケールロス

加熱中に発生するスケールは、加熱温度、在炉時間、ヒートパターンあるいは炉内雰囲気などの影響を受ける。加熱炉の計算制御、低温加熱等の技術とともに、最近では、高温のスラブを直接加熱炉に装入する熱片装入が盛んに行われ、スラブの在炉時間が短くなり、スケールロス低減に効果を挙げている。

(2) 形状、寸法精度の改善

圧延後の鋼板あるいはコイルの形状は、一様なものではなく、圧延先端あるいは後端での形状不良(クロップ、フィッシュテール)や板厚変動(オフゲージ)、圧延長さ方向や幅方向の板厚変動あるいは長さ方向の板幅変動などがあり、切捨てロスの原因となっている。

(i) 圧延先後端部ロスの減少

圧延の先後端部の形状を改善するために、計算機によるダイナミック自動板厚、板幅制御(AGC)が実施され、また先後端部の平面形状を長方形そのものに近づける圧延法なども開発されている⁽⁵⁾。

また、ロスの比率を少なくするために、素材質量の増加の効果が大きいので、スラブ単重アップやコイル単重アップを目的とした設備改造が行われている。

さらに、素材単重アップの極限ともいえる連続圧延法が開発され、完全連続コールドタンデムミルが稼動している。これは、圧延機入側でコイル

表2 完全連続ミルによる歩留ロスの減少。

	完全連続ミル	従来のミル
板厚不良発生率	0.1%	1.4%
通板尻抜による ロールキズ発生	0%	1.0%

を次々と溶接し、ストリップ貯蔵装置を経由して、タンデム圧延機に連続的にストリップを供給し、圧延機出側で所定のコイルに切断する方法で、ロス減少の効果は表2に示すように⁽⁶⁾、2次ミルとしては大きな歩留向上を得ている。

(ii) 板厚、板幅変動に起因するロスの減少

厚板やコイルの板幅方向の厚み変動は、圧延ロ

ールが圧延力によって湾曲することによって生じるもので、ロールの湾曲度(クラウン)や摩耗の管理、これらに応じたロールチャンスや圧下スケジュールの管理を十分に行うことにより減少している。

最近の設備的な進歩としては、ロールベンディング装置やハイクラウンコントロールミル(H.C.ミル)などによって、ロールクラウンを変え、板の形状制御を行う方法が採用されつつある。

長手方向の板厚変動は、加熱炉でのスキッドマークや圧延時の温度差などによって生じるもので、対策としてはAGCが採用されている。現在では高い精度の得られる各種のAGCが発達し、板の圧延機にとって不可欠の装置となっている。

長手方向の板の幅変動は、スラブ温度の不均一、板の曲りあるいは幅出し比などによって生ずるが、ロールクラウン、エッジング、パススケジュールなどの管理により改善が図られている。

以上に述べた技術、設備の進歩による効果は、薄板の場合、熱延自体の歩留向上への寄与度よりも、冷延や電縫管製造時のサイドトリム量の減少、オフゲージによる切捨て量の減少などにより、次工程の歩留向上への寄与度が大きい。これにくらべ厚板の場合には、製品歩留の向上に直接効果があり、図6に示すように⁽⁷⁾、この8年間で、注文歩留ではほぼ8%と大幅な向上が得られている。

図6 厚板圧延における歩留の推移。

お わ り に

以上のべてきたように、我が国の鋼材歩留は、

連铸比率の上昇と、圧延技術の進歩発展によって、非常に高い水準に達している。10年後の1990年には、連铸比率86%、鋼材歩留94%程度に達するとの予測もあり、当分他国の追従を許さない優位の状態にある。各国とも連铸比率の向上をはかり、歩留も向上するであろうが、日本においては、歩留ロス‘0’を目指した、多くの新技術開発への努力が、今後もつづけられるであろう。

文 献

- (1) 日本鉄鋼連盟編：鉄鋼統計要覧による。
- (2) 河野 力：鉄鋼界，(1980)，11月号，59。
- (3) 日本鉄鋼協会編：第3版鉄鋼便覧Ⅲ(1)，(1980)，222。
- (4) 日本鉄鋼協会編：第3版，鉄鋼便覧Ⅲ(1)，(1980)，468。
- (5) 池谷尚弘，坪田一哉，瀬川佑二郎，磯山 茂，菊川裕幸，旭 一郎：鉄と鋼，65(1979)，No.4 S304。
- (6) 日本鉄鋼連盟編：鉄鋼界報，1979年8月1・11日号
- (7) 日本鉄鋼協会編：第3版，鉄鋼便覧Ⅲ(1)，(1980)，332。

＜新刊案内＞

Acoustic Emission

Deutsche Gesellschaft für Metallkunde 編

1979年にアコースティック・エミッション(AE)に関するシンポジウムが3日間、西ドイツ(ドイツ連邦共和国)のBad Nauheimにおいて開催された。これは西ドイツの金属学会の主催によるものであるが、他のヨーロッパ諸国、および我が国からも4つの論文発表が行なわれた。会議は約100名の参加をえて、英語、独語を用いて行なわれたが、この時のProceedingをまとめたのがこの新刊書である。注目すべきことは、23論文(イギリス1件、日本4件、イタリア1件、フランス1件)中16を占めるドイツ人による論文はすべて英訳されていることである。これは広く世界中の人々にドイツのこの分野のactivityを公開したいという意図の由であるが、我が国からの発表にも若干刺激されてこのような形になったとも聞いている。

内容は、AEの基礎的な研究9件、工学的応用の橋渡しとなる論文7件、工学的適用7件に分類できよう。これはAE技法そのものが、耐圧試験等の非破壊検査法として割れモニターとしての機能と、材料の強

度・物性の研究手法としての発展が考えられる現状において妥当なものであろう。基礎的には、変換子による検出AE信号は媒体、変換子の特性に大きく依存するので、それらの影響を取り除いたAE原波形について議論することの重要性がそこかしこに強調されている。これは現在のAE研究が大きな変換を示しつつあり、割れの応力集中解放量の時間変化を動的に検出するAE原波形へのアプローチが始まったことに結びついている。一方、生じた多体AE信号の時間間隔等に注目した新しい信号処理法が提案され、AEによる材料評価法の可能性を拡めている。

その他、変形、破壊(疲労、破壊靱性)におけるAEの信号処理法、および耐圧試験への適用例がいくつか示され、又、非金属への応用例が含まれ、この本が論文集というよりはむしろ現在のAEの発展段階を知る一つの参考書となりうるものといえよう。(T.K.)

[16.8×24.5cm 383頁 95マルク(約9,500円) 1980年
Deutsche Gesellschaft für Metallkunde]

本会特別頒布価格 7,000円(送料共)。ご希望の方は金属学会事務局まで代金をそえてお申込み下さい。