

ホットストリップ圧延へのハイスロール適用技術の開発

Development and Application of High-speed Tool Steel Roll in Hot Strip Rolling

橋本光生^{*⁽¹⁾} 川上 保^{*⁽²⁾} 小田高士^{*⁽³⁾} 倉橋隆郎^{*⁽⁴⁾}
Mitsuo HASHIMOTO Tamotsu KAWAKAMI Takashi ODA Ryurou KURAHASHI
 保木本 勝利^{*⁽⁵⁾}
Katsutoshi HOKIMOTO

抄 録

近年の鉄鋼圧延における技術進歩並びに圧延製品の品質向上に伴い圧延ロールへの品質要求は高度化した。これに対応すべく著者らはハイスロールと一般的に呼ばれる高性能ロールを開発した。本ロールは外層にハイス系工具鋼を採用し、主にCPCプロセスにより複合ロールとして製造される。現在、本ロールはホットストリップ仕上圧延機用として広く採用され、耐摩耗性、耐肌荒れ性及び強靱性において高性能を発揮した。その結果、圧延製品の品質向上並びにロール起因による圧延操業の規制が大巾に緩和された。本論はハイスロールについて製造及び使用両面での技術開発、更には性能評価並びに得られた成果について述べる。

Abstract

Keeping step with the recent technical innovation in hot steel strip rolling and the improvement in quality of the hot strip steel, requirements to the quality of hot stripping roll have been enhanced. To correspond to the requirements, authors have developed a so-called high-speed tool roll of high performance, on the outer surface layer of which the high-speed tool steel is applied, and which is prepared by mainly CPC process as a composite roll. At present, the roll is widely adopted as the roll for finishing hot strip mill, which exhibits its high performance in wear resistance, rough-surface resistance and high toughness. As the result, the rolled steel has been improved in quality and restrictions of the hot rolling operation originated in rolls have been sharply relieved. In this report, keynotes for the development of the high-speed tool steel roll and technical developments both in its preparation and use, and further, its performance in the actual hot rolling operation and operational results are described.

1. 緒 言

近年、鉄鋼圧延における技術進歩は圧延製品の寸法精度に代表される品質向上と経済的な操業を最重点の課題として発展してきた。とりわけ1970年代後半以来、圧延機本体の高機能化を含む種々の新しい圧延法が開発された。一方、圧延製品と直接接触する圧延ロールの性能向上も強く望まれている。そこで1987年にエッジドロップの低減を目的に試みられた極小径ワークロール圧延機(MEミル)¹⁾の具現化を契機に、著者らはハイスロールと一般的に呼ばれる新しい圧延用ワークロール(以下、ロールと呼ぶ)の開発を行った。本ロールは耐摩耗性において従来ロールに比べ数倍の高性能を発揮した。更に、高性能であるがために使用に際し、いくつかの技術的課題を解決して実用化を達成した。現在は小径ロールに限定されることなくホットストリップミルの仕上圧延機用として広く採用されるに至った。その結果、圧延製品の品質向上並びにロール起因による

圧延操業の規制が大巾に緩和された。

本論は新ロールについて製造及び使用両面での技術開発、及びその成果について述べる。

2. 基本構想

2.1 歴史的背景

ホットストリップの分野における圧延技術の進歩をロールの変遷と対比して図1に示す。表1に主要な圧延方式において使用されているロールにかかる負荷を示す。6重圧延機(6-Hiミル)では大径のバックアップロールに代わり小径の中間ロールとの接触による胴部のヘルツ接触応力、またベアクロス圧延機(PCミル)においては頭部のスラスト応力が増大した。その結果、6-Hiミルの導入を契機に仕上前段圧延機において高クロム鑄鉄ロールへの外層材質の変換、また強靱なダクタイル鑄鉄の芯材への採用が遠心鑄造法にてなされた。

*⁽¹⁾ エンジニアリング事業本部 機械・プラント事業部
 機械製造・素形材部 部長代理

*⁽²⁾ 広畑製鐵所 薄板部 掛長

*⁽³⁾ 八幡製鐵所 薄板部 室長

*⁽⁴⁾ 広畑製鐵所 薄板部 次長(現 吉川工業㈱)

*⁽⁵⁾ エンジニアリング事業本部 機械・プラント事業部
 機械製造・素形材部 部長

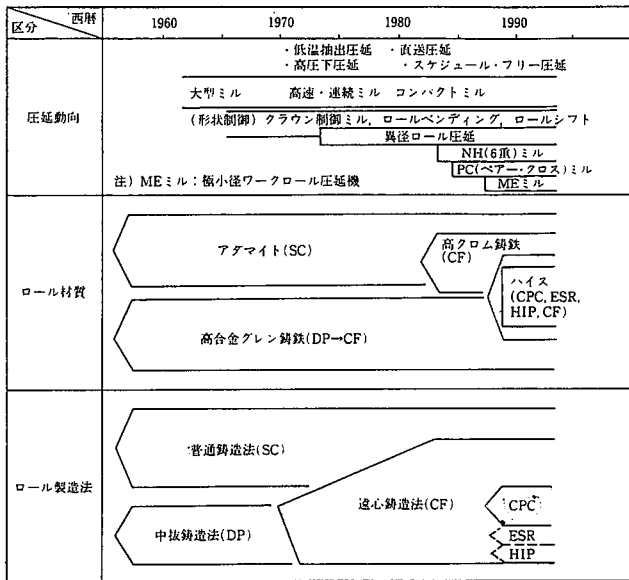


図1 ロール材質と製造法の変遷

表 1 代表的圧延機における圧延負荷

厚延法	圧延負荷	負荷応力 (MPa)	
		従来	現在
NH(6-Hi)ミル ベア・クロスミル 極小径ロール圧延	胴部の接触	1 000~2 000	2 000~2 500
	頭部のスラスト	≤50	150~350
	胴部の水平曲げ	≤50	250

更に、前述のMEミルではロールの小径化と水平曲げの積極的な利用が試みられた結果、ロールに負荷される曲げ応力、ヘルツ接触応力、転動数がいずれも増大した。そこで、新しい製造法の採用を伴う新材質ロールの開発が必要となった。すなわち、小径ロールの水平曲げに耐える強靱性と高面圧・多転動数に耐える工具並の耐摩耗性の兼備が必要であった。また、これらの品質要求は鉄鋼圧延分野において強力に推進されているスケジュールフリー圧延の完全実施及び圧延単位の拡大による連続圧延を可能にする摩耗が少なく長寿命のロールの要望にも一致した。

2.2 新ロールの品質設計

2.2.1 機械的強度

MEミルの水平曲げに耐えるために、軸部に具備すべき機械的性質は250MPa以上の回転曲げ疲労強度(700MPa以上の引張強度に相当)を有する高強度の鋼系材料の採用を開発の前提とした。一方、ロールの胴部表面については小径化に伴うヘルツ接触応力と転動数の増大を考慮し硬度Hs80以上に設定した。

2.2.2 冶金的な具備特性

ロールの小径化に伴う接触応力並びに転動数の増大に耐え、更に良好な表面性状を維持するためロールの摩耗を1/5以下にする高硬度でかつ緻密な外層材質が望まれた。更に熱間圧延に供するため、特に高温において優れた材質特性を維持することが必要である。そこで

- (1) 高硬度の炭化物の利用
- (2) 炭化物の微細・分散
- (3) 高温で高硬度を維持する基地組織
- (4) 微細な凝固組織

を指向した。まず表2に示す高硬度で微細、分散する炭化物として

MC系並びにM₆C系炭化物を生成させる。

また、高温においても高い基地硬度を維持するため、析出硬化能を有する合金(例えばCr, Mo)、並びに耐熱特性を有する合金(例えばCo)を積極的に添加する。更に、凝固組織については高速凝固による緻密化を図る。

2.3 ロールの製造

実際の圧延における性能評価を行う目的で実機ロールを製造した。製造法は2.2節で述べた品質目標を達成するため、

- (1) 芯材を強靱な鋼系材料にできる
- (2) 外層の高合金化が容易である
- (3) 凝固冷却速度を広範囲に変えられる

等の特徴を有するCPC(Continuous Pouring Process for Cladding)法を採用し、外層にハイス系、芯材を鋼系材料とした複合タイプのロールとして製造した。CPC法の概略を図2に示す。CPC法は垂直に立てられた芯材と水冷鑄型との間隙に外層となる溶湯を供給し、芯材と溶着させながら順次凝固させ、断続的に下方へ引き抜き複合ロールを製造するものである。この時溶着を完全なものとするため芯材及び溶湯には電磁誘導加熱により熱を供給する。

なお、本ロールはESR法による鍛造一体型ロール、遠心鑄造法による複合ロールとしても一部で製造されている。

3. ハイスロールの特徴と性能

3.1 ロールの製造品質²⁾

外層をハイス材、芯材を鍛鋼とした材質組み合わせによる新ロールは、圧延ロールとして十分な製造品質を得た。写真1にロール切断面のマクロ組織を示す。表3には機械的性質を示す。

現在ハイスロールの表面硬度は従来ロールに比べ高いショア硬度80~85で最も多く使用されている。ヘルツ接触応力に対応する円筒接触降伏応力は3 200MPa、転動疲労強度も2 200MPaである。

表 2 主要炭化物の物理的性質

炭化物の種類	硬度(Hv)	形態	ロール材質
Fe ₃ C	840	網目状	高合金グレン鑄鉄
Cr ₇ C ₃	2 100	網目状	高クロム鑄鉄
M(V)C	2 800	粒状	ハイス
M ₆ C	1 500~1 800	棒状/緻密	ハイス

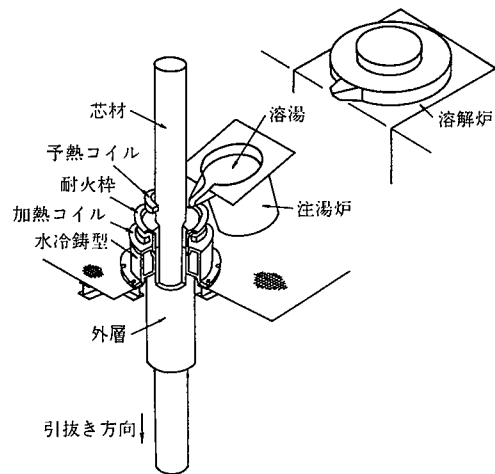


図2 CPC法の概略図

強靱で高ヤング率の鋼系芯材により、耐曲げ強度は2倍、曲げ剛性は1.2倍程度となる。また、耐偏平性についても同様に向上した。ハイスロールの外層顕微鏡組織を写真2に、材料特性を表4に、物性値を表5に示す。金属組織は主としてVによる微小な初晶MC炭化物、主としてFe, Cr, Mo, Wによる微細な結晶粒界に分布した共晶M₆C炭化物、及び焼入れ後焼戻されたマルテンサイトの基地組織により構成されている。なお炭化物の量は使用条件により決定さ

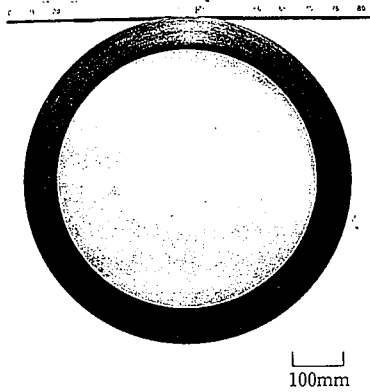


写真1 ハイスロールの切断面

表3 主要ロールの機械的性質

区分	項目	単位	ロール材質(外層)		
			ハイス	高クロム鑄鉄	高合金グレン鑄鉄
外層	硬張強度	Hsc	70~90	70~80	75~85
	引張強度	MPa	700~1 000	700~900	400~600
	圧縮強度	MPa	2 500~3 200	1 700~2 200	1 900~2 500
内層	破壊靱性値	MPa·m ^{-0.5}	25~28	21~34	18~25
	引張強度	MPa	700~1 000	400~500	300~500

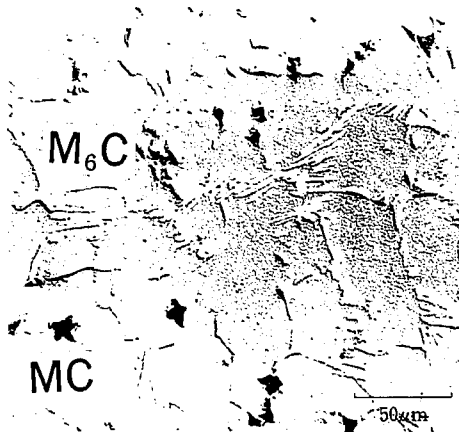


写真2 ハイス材質の金属顕微鏡組織

れ、耐摩耗性を指向する場合は多く、耐き裂性を重視する場合は抑制される。また、図3に高温硬度を示すが、高温まで高い硬度を保つ。更に基地組織に優先分布するCoを添加した場合、この傾向が顕著である。一方、本ロールは物性面では従来ロールに比較し外層材の熱膨張が大きいことと内層材の熱伝導が良いことがあげられる。

3.2 実ミルでのロール性能^{3,4)}

本ロールをホットストリップ仕上圧延に供した。その結果、従来の遠心鑄造製高合金グレン鑄鉄ロールに比べ

- (1) 耐摩耗性は5倍以上
- (2) 強靱性は2倍以上
- (3) 耐肌荒れ性は4倍以上

の高性能が確認された。

図4に仕上圧延機における圧延負荷、具体的にはロール軸方向の

表4 主要ロール材質の化学成分と冶金的性質

ロール材質	化学成分 (wt%)	金属組織 (上段:黒鉛, 中段:炭化物, 下段:基地)	硬度 Hsc
ハイス	C: 1.5~2.4 V: 2~10 Ni: — W: 2~10 Cr: 2~10 Co: ≤10 Mo: 2~10	無 MC+M ₆ C 焼戻マルテンサイト	80~90
高クロム鑄鉄	C: 1.0~3.0 V: ≤3 Ni: 1~2 Cr: 10~25 Mo: 1~3	無 M ₇ C ₃ 焼戻マルテンサイト	70~90
高合金グレン鑄鉄	C: 3.0~3.4 Ni: 4~5 Cr: ≤2 Mo: ≤1	≤5% Fe ₃ C ベイナイト	70~85

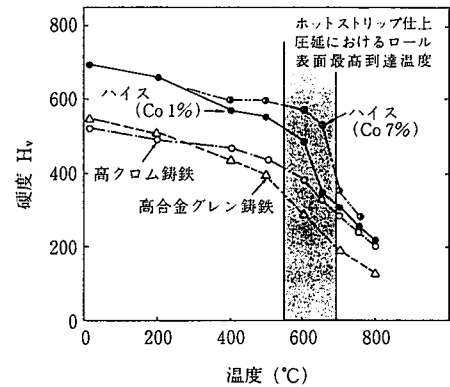


図3 主要ロール材の高温硬度

表5 主要ロールの物理的性質

製造法	材質 (外層/内層)	熱伝導率 k(W/m·K)	比率 C(kJ/kg·K)	比重 γ(kg/m ³)	線膨張係数 α(10 ⁻⁵ /K)	ヤング率 E(10 ⁴ MPa)	ポアソン比 ν
CPC	ハイス	25.5	0.50	7 700	13.0	23.5	0.27
	合金	42.0	0.50	7 850	14.0	20.6	0.29
遠心鑄造	高クロム鑄鉄	20.0	0.59	7 600	13.0	22.0	0.30
	ダクタイル鑄鉄	27.0	0.59	7 200	12.0	20.5	0.30
	高合金グレン鑄鉄	23.5	0.54	7 500	8.0	17.5	0.27
	ダクタイル鑄鉄	27.0	0.59	7 200	12.0	20.5	0.30

単位長さ当たりの圧延荷重と転働数を考慮したロール摩耗を示す。本ロールの摩耗は従来ロールに比べ極めて少ない。更に、Co含有率の影響をみた場合図5に示すとおり添加とともに摩耗は減少する。圧延後のロール肌も重要な具備特性であるが、本ロールは写真3に示すとおり美しい金属光沢を呈し、表面粗度も極めて小さい。特にアプレシブ摩耗が支配する仕上後段圧延機においてこの傾向が顕著である。図6は仕上後段圧延機における圧延後のロール表面粗度とロールの組織との関係を示すが組織の緻密化とともにロール表面粗度は小さくなる。

他方、高温の圧延製品との接触により、特に仕上前段圧延機においてはロール表面に酸化被膜（一般には黒皮と呼ばれている）が生

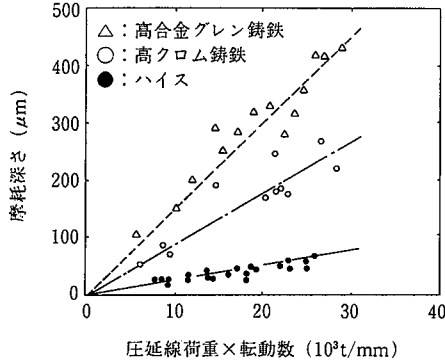


図4 ホットストリップ仕上圧延におけるロール摩耗

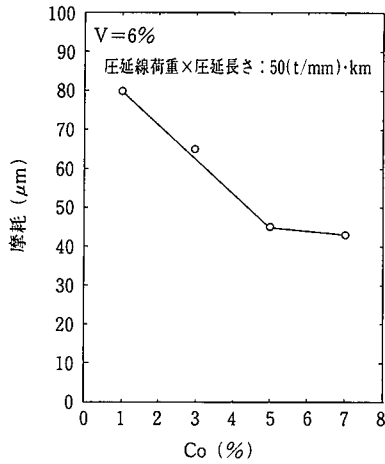


図5 ハイスロールの摩耗に及ぼすコバルト添加の影響

成される。この黒皮が剥離した場合はバンディング状肌荒れを生じ、圧延製品のスケール傷を誘発していた。本ロールにおいては後段圧延機においても酸化被膜が認められるものの非常に薄く、これが剥離した場合もロール損傷は軽く良好な評価を得た。そこで肌荒れの原因となる酸化被膜は、更に抑制、薄肉化を指向している。表6に各種ロールを使用した場合に生成する酸化被膜の組成を示す。

一方、圧延トラブル時のき裂深さを表7に示す。“噛み止め”による熱き裂は浅いものの、仕上後段スタンドでの使用時の“絞り”においてはき裂が深い傾向にある。これに対し合金添加等により従来ロールのレベルまで改善されたものの、さらなる性能向上が望まれている。

4. 使用に当たっての課題とその解決策

4.1 圧延操業上の技術開発⁵⁾⁶⁾

本ロールの使用に当たっては耐摩耗性が優れているがゆえに、特に後段圧延機にて使用するに際しいくつかの課題を解決する必要がある。以下に本ロールを使用する上での改善点並びに関連技術を示す。

4.1.1 通板性の確保

従来の操業条件下で本ロールを圧延に使用した場合、通板中の板中央部が薄肉化する傾向にある。この結果、板の蛇行量が大きくなり最悪の場合、絞り現象の増加につながる。導入初期においては本ロールの熱膨張が大きいことがこの現象の原因と考えら

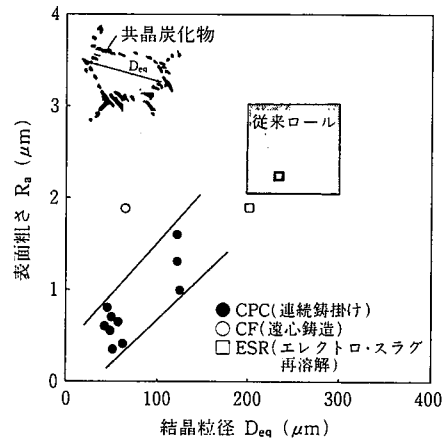


図6 ホットストリップ仕上後段圧延後のロール表面粗さとロール材結晶粒径の関係

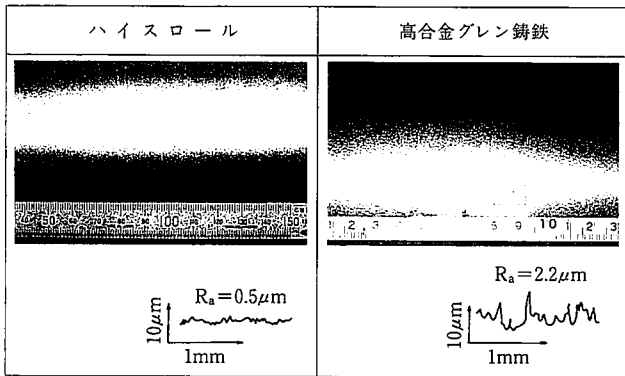


写真3 ホットストリップ仕上圧延後のロール表面肌

表6 圧延時に生成される酸化被膜の組成と厚み

ロール材質	組成	厚み (前段)
ハイス	Fe ₂ O ₃ +Fe ₃ O ₄	5~15μm
高クロム铸铁	Fe ₂ O ₃	10~30μm
高合金グレン铸铁	Fe ₂ O ₃ +Fe ₃ O ₄	—

表7 圧延トラブルによりロール表面に発生したき裂の深さ例

ロール材質	トラブルの種類	
	咬止 (前段スタンド)	絞り (後段スタンド)
ハイス	0.41mm	0.28mm
高クロム铸铁	1.66mm	—
高合金グレン铸铁	—	0.22mm

注) 数値はいずれも広畑ミルにおける平均値。

れてきた。本ロール及び従来の高合金グレン铸铁ロールの圧延中のプロフィールを図7に示す。本ロールの熱膨張並びに従来ロールの摩擦の様子がよく分かる。また、圧延の進行に伴うゲージメーター・エラーの推移を図8に大量圧延量の場合、図9に通常圧延量の場合について示した。

従来ロールの場合、イニシャル・クラウンから圧延によるロールの温度上昇とともに膨張(熱膨張)しプラス側に移行する。引き続き圧延を継続するとロールの摩擦が顕著となり、マイナス側に移行し、最終的には限界値でロールを取り替えることとなる。一方ハイスロールの場合は摩擦が極めて少ないためロールの熱膨張により一定値に収束していく。

この結果、従来熱膨張が大きいと考えられていた通板部の不安定

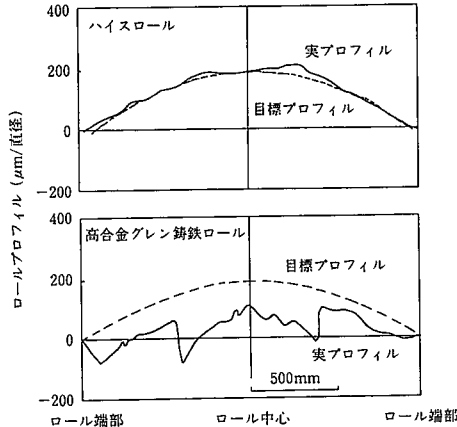


図7 オンライン・プロフィールメーターによる圧延中のロールプロフィール

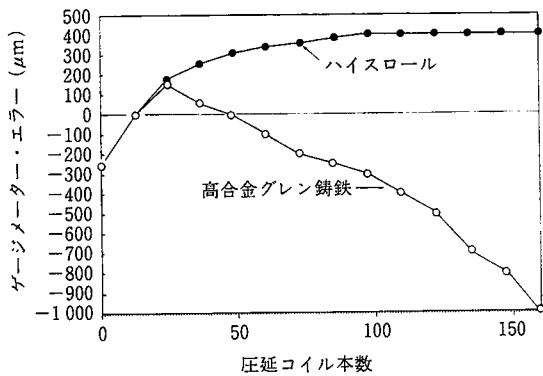


図8 圧延スケジュールにおけるゲージメーター・エラーの推移(大量圧延時)

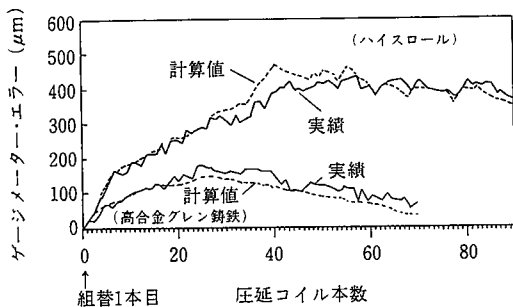


図9 圧延スケジュールにおけるゲージメーター・エラーの推移

の原因は、むしろ摩擦が少ないためにサーマル・クラウンが顕著に現れてきたと理解するほうが妥当である。そこで、著者らは図10に示すとおりこの現象をロールの摩擦とサーマル・クラウンとに分離し、これをモデル化し、図9に示す通り圧延途中のロール・プロフィールを精度良く推定し操業を安定化した。

なお、本ロールの場合あらかじめイニシャル・クラウンをマイナス側に変更することが望ましいことは明らかである。表8に変更例を示すが、一般的には50~200 μ m程度である。

さて、いずれにしてもサーマル・クラウンは小さい方が望ましい。そこで、ロール中央部分の冷却を積極的に行う必要があった。図11, 12にそれぞれ冷却条件の変更及びこれに伴うロール表面温度の変化を示す。この結果、図13に示すとおり圧延における絞りトラブルの発生率は本ロール導入前の値に止めることができた。更に1コイルを圧延中にも100 μ m程度のロールの熱膨張はあるが、これはロールベンダーにて打ち消すことにより制御性は向上する。また、ロール軸部方向の通板部と未通板部との熱膨張差によるロール軸部方向のロールプロフィールの不適性はシフト機構の活用にて適正化が可能である。

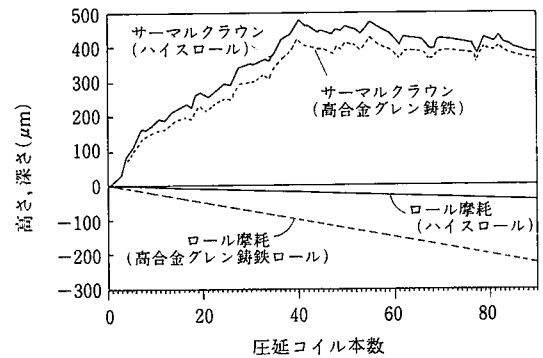


図10 ロール摩擦とサーマルクラウンの推移

表8 ハイスロールの導入に伴うイニシャル・クラウンの変更例

スタンド No.	導入前		導入後	
	ワークロール	補強ロール	ワークロール	補強ロール
F ₁ ~F ₃	0(フラット)	0(フラット)	-50	0(フラット)
F ₄	0(フラット)	0(フラット)	-200	0(フラット)
F ₅ ~F ₆	0(フラット)	0(フラット)	-200	-100

(注1) 単位: μ m(直径)

(注2) ハイスロール導入前の従来ロール

F₁~F₃: 高クロム铸铁ロール

F₄~F₆: 高合金グレン铸铁ロール

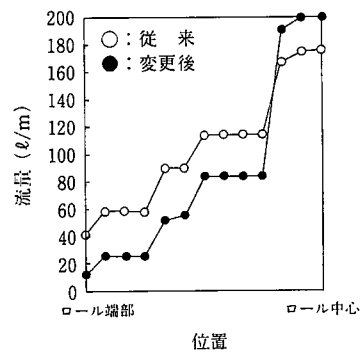


図11 ワークロールの水冷条件

圧延操作においてロールに関してはイニシャル・クラウン、サーマル・クラウン及び摩耗の三点が大きな要因であり、従来はとりわけ摩耗による制約が大きかった。しかしながら本ロールの使用においては摩耗の問題は実質的にはなくなったと見なせる。また、本質的な問題ではないがイニシャル・クラウンはロールの物性差を補正している。そこで、サーマル・クラウン制御を主に考慮して圧延操業の安定を図ることが望ましい。

4.1.2 セットアップ精度の確保

この種の一部のロールにおいてはロール・バイト内の摩擦係数が増加し、圧延荷重が10%程度増加する現象として現われる。この場合、予測に対する実績圧延荷重の差異は変形抵抗の誤差と考え次材のセットアップに反映させる方法が通常採用される。ところが実際には摩擦係数の差が原因であるためこの方法では板厚精度は低下する。

したがって、これを解決するために本ロールを含むロール個々について摩耗係数を分離設定させ精度維持及び向上させた結果を図14に、具体的に用いた摩擦係数の値を表9に示す。なお、摩擦係数の増大は基地組織の優先摩耗と粒状の非常に硬いMC型炭化物の剝離

に起因するもの(スパイク現象と命名)であると推定され、Co添加によるロール基地組織の性能向上等の組織制御により耐摩耗性の改善と合わせて解決した。図15に具体的な圧延荷重を示すが、従来ロールに比べても低下させることが可能となった。

さて、図16に前段圧延機における摩擦係数の圧延の進行につれての経時変化を示す。高クロム鑄鉄ロールの場合は時間とともに変化し低下していくのに対し、ハイスロールの場合は変動が少ない。したがって、スリップ発生が無く、圧延スケジュールを通じてセットアップ精度を向上させることができた。

4.2 関連技術の開発

4.2.1 ロール傷の探傷

圧延トラブルにより生じた傷は完全に除去しなければならない。傷を残存したまま使用に供した場合スポーリング等の大きな事故に至る危険があり、従来にも増して注意深い探傷が必要である。ロールの探傷においては従来渦流探傷が最も普及していたが、磁気特性等の材質特性の影響を受けやすく、物性の異なる組織が混合した本ロールにおいては信頼性が低い。そこで材料の影響を比較的受けない超音波による探傷法を開発した。

本探傷法は表面波による最表面及び縦波斜角法(クリーピング・ウェーブ法とも呼ぶ)による表面直下内部の探傷を併用し、0.2mmの

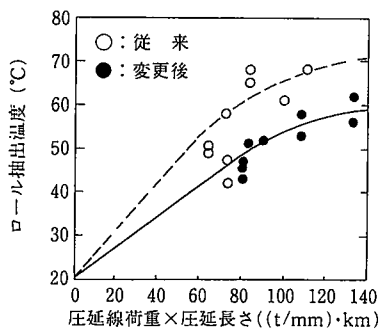


図12 ワークロール抽出温度への冷却水量の影響

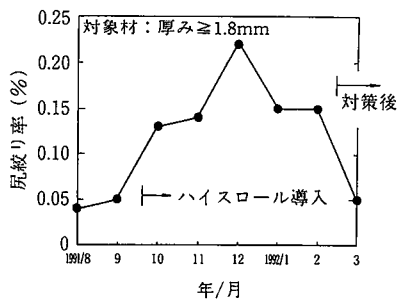


図13 圧延コイルの疵紋り率の推移

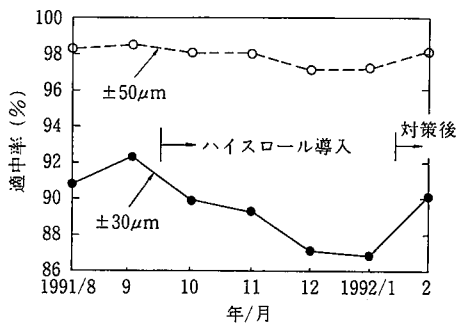


図14 圧延コイルの頭部板厚精度の推移

表9 セットアップに用いた各種ロールの摩擦係数

スタンドNo.		F ₁ ~F ₅	F ₆
ハイス	Co ≤ 3%	0.35	0.25
	Co ≤ 5%	0.25	0.25
高クロム鑄鉄		0.25	0.25
高合金グレン鑄鉄		0.25	0.25

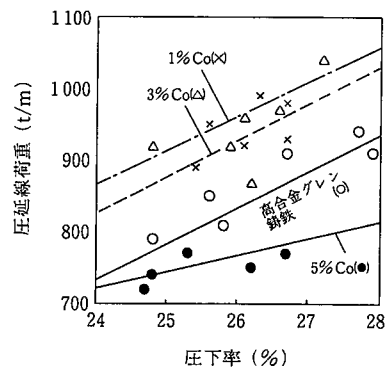


図15 各種ハイス材質における圧下率と圧延荷重の関係

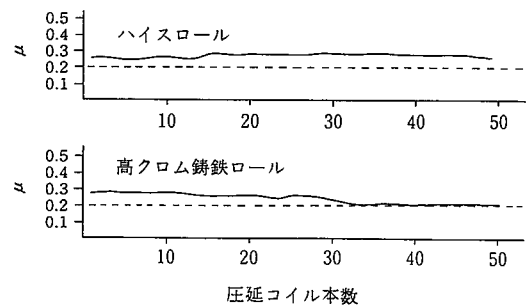


図16 圧延スケジュールでのロールとストリップ間の摩擦係数の推移

表面疵、0.5mmの表面近傍内部疵まで探傷可能であり、かつ多方向からの自動探傷ができる⁷⁾。

4.2.2 研削

ロールの耐摩耗性の向上に伴い研削効率是一般に低下する。

研削においてはハイス材に含まれる微小な硬質炭化物による砥石の目詰まりに起因したスクラッチ傷が発生しやすく注意を要する。このため特に最終スタンド用の使用砥石としては高硬度で破砕型砥粒と自生作用と保持力のある結合剤の組み合わせが望ましく、現状ではFCA(ファインセラミックス型アルミナ)砥粒を推奨する。なお、最終スタンドを除いては一般的なGC系36番程度でも基本的には問題なく、この場合スクラッチ疵の深さは10μm以下が目安である。現在、研削時間については表10に示すとおり個々のロールで正味時間として20~50%増加しているが、ロール性能の向上による研削本数の減少により総研削時間は大幅に減少している。

5. 得られた成果

本ロールは革新的な高性能を有することが実証された。この結果、本ロールの使用により得られた主要な成果は図17に示す。以下に、具体的に述べる。

表 10 主要ロールの研削所要時間

ロール材質	ハイスロール	高合金グレン铸铁ロール
研削砥石	GC #36 (最終スタンド:FCA #36)	GC #36
研削時間	20分	30分

(注) ロール胴部寸法: 660mm 直径×1840mm 長

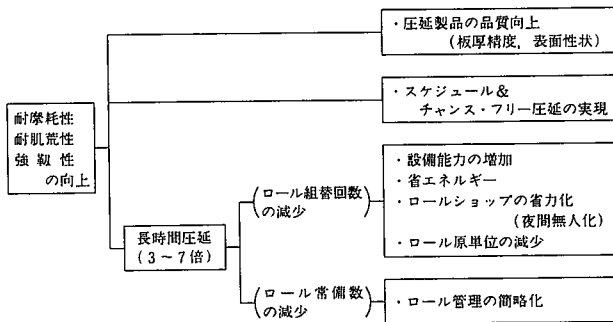


図17 ハイスロール導入により期待される成果

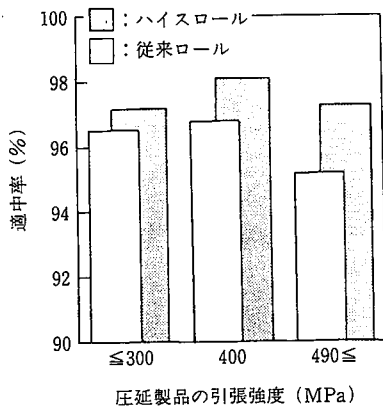


図18 板厚適中率 (±30μm 全巾)

5.1 製品品質の向上

前述のとおりロール摩耗によるゲージメーター・エラーが飛躍的に改善されたことにより板厚精度は向上した。図18に板厚の中率を従来ロールとの比較で示した。また前段圧延機において使用した場合の表面酸化皮膜の剝離によるバンディング肌荒れの発生も図19に示すとおり改善され、ロールの肌荒れ起因によるスケール発生率は1/5に改善された。

更に、耐面圧強度の向上により SUS 等の難圧延材の圧延が容易となった。

5.2 圧延操業の改善

ロール摩耗の減少並びに耐面圧強度の向上による難圧延材の容易化によりスケジュール・フリー並びにチャンス・フリー圧延の完全実施が可能となった。

本ロールの導入にあたり、品質上 (板プロフィール、表面疵) 最も厳しい冷延薄物、ブリキ、リロール材を中心に品質チェックを行いながら圧延単位置 (スケジュール) を拡大し、図20に示すとおり従来の2倍程度に増大した。更に研削間圧延量は前段圧延機においては15 210t、後段圧延機においては6 618tの連続圧延を試験的ではあるが達成し、総合的にも従来の3倍程度に増大した。図21にスケジュールを拡大する上でのモデルの経過を示す。現在、ロールの摩耗、肌荒れによるロールの組み替えを行うことなく、圧延量の拡大が可能となるとともに、板巾並びに異鋼種ミックスによるスケジュール規制の緩和に貢献している。

これに伴いロール組み替え回数が減少し、研削作業の省力化に加え図22に示すロール組替作業時間率、図23に示す燃料原単位、図24に示す電力原単位、図25に示すロール原単位の向上が図られた。

今後、圧延操業性の向上、省エネルギー及び研削作業の省力化が更に期待される。

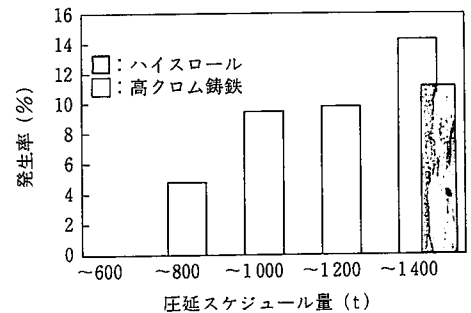


図19 ホットストリップ仕上前段圧延におけるロールバンディングの発生状況

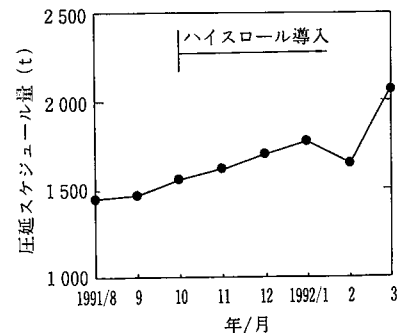


図20 圧延スケジュール量の変化

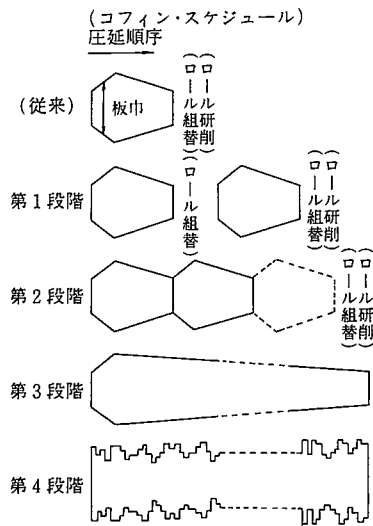


図21 圧延スケジュール拡大のモデル

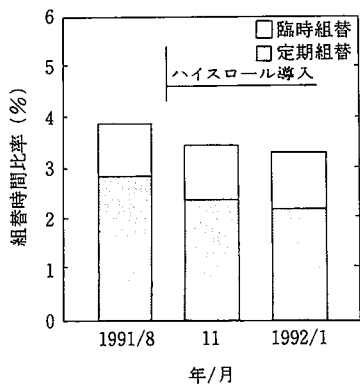


図22 ロール組替時間比率の推移

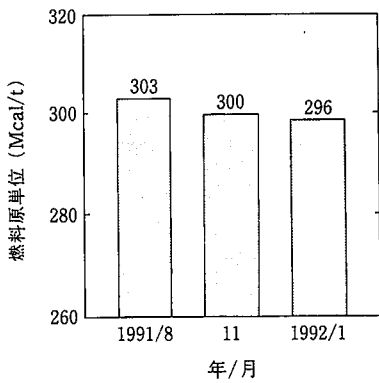


図23 燃料原単位

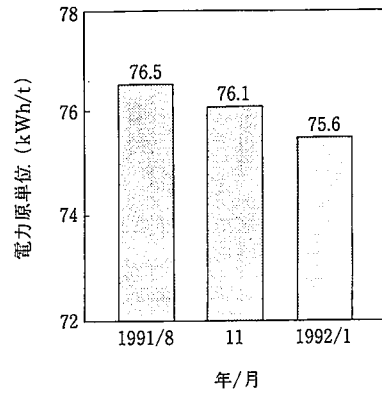


図24 電力原単位

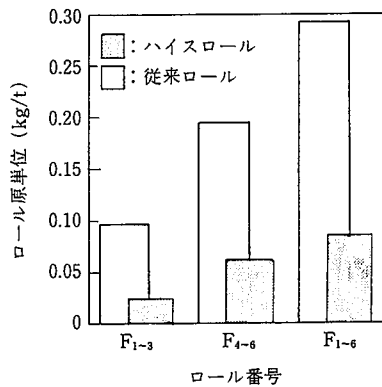


図25 各種ロールのロール原単位

6. 結 言

圧延ロールを取り巻く最近の圧延動向を踏まえ、ハイスロールの開発についての基本構想並びにその結果について報告した。本ロールは外層材の高合金化、組織の緻密化並びに芯材の強靱化を図り、耐摩耗性、耐肌荒れ性及び強靱性が極めて向上した。この結果、ホットストリップ圧延におけるロール起因の制約条件が大幅に緩和され、圧延製品の高級化及び生産性の向上などが図られた。

参 照 文 献

- 1) 倉橋隆郎 ほか：塑性と加工. 32(369), 1236 (1991)
- 2) 橋本光生 ほか：製鉄研究. (338), 62 (1990)
- 3) 橋本光生 ほか：材料とプロセス. 4, 450 (1991)
- 4) Hashimoto, M. et al. : ISIJ Int. 32(11), 1202 (1992)
- 5) Kurahashi, R. et al. : Technical Exchange Session. Madrid, 1992, IISI
- 6) Hashimoto, M. et al. : 36th Mechanical Working and Steel Processing Conferences. Baltimore, 1994, I S S
- 7) 橋本光生 ほか：材料とプロセス. 5, 514 (1992)