

# 連続注入クラッド法による 高耐久性伸鉄ミル用複合ロールの開発<sup>(1)</sup>

Development of Composite Roll for Re-rolled Iron Mill with High Durability by Continuous Pouring Process for Cladding



CPC 技術開発室  
坂本 真一  
Sakamoto Shinichi

CPC 技術開発室長  
斉藤 弘道  
Saito Hiromichi

## 要 旨

当社開発の、連続注入クラッド法 (C.P.C) を適用して、高耐久性伸鉄ミル用複合ロールの開発を行なった。まず、連続注入クラッド法において、鑄造ロールの特性におよぼす、制御因子の影響を実験し、複合ロールの製造法を確立した。

更に肉盛材として、ハイス系材料の成分、および熱処理法を決定し、伸鉄ミル用複合ロールを開発した。このロールを、実機圧延使用した結果、従来ロールにくらべ、10~23倍の高耐久性が得られ、また、ロール肌荒れも、表面粗さが $\frac{1}{3}$ ~ $\frac{1}{4}$ に減少し、良好な結果が得られた。

## Synopsis:

We developed a high durability composite roll for rerolled steel mill by applying continuous pouring clad process (C.P.C) which had also been developed FUJICO.

Firstly, we examined the effect of control factor on property of casting roll in C.P.C and established a production process of composite roll. We further developed a composite roll for rerolled steel mill by determining the component of high-speed tool steel system material as padding material and heat treatment process.

As a result of utilizing the roll as the actual rolling, we have obtained such favorable result that the high durability and the roll surface roughness as well became 10 to 23 times more and 1/3 to 1/4 times less than the conventional roll, respectively.

## 1. 緒 言

当社は、創業以来、圧延ロール、ローラの製造技術開発に取り組み、多くのクラッド材製造法を開発してきた。その中の1つが、連続注入クラッド法<sup>(2)</sup> (以下 C.P.C と略す) である。

当社では、このプロセスによって、各種の圧延部材の高性能化を進めてきた。C.P.C 法は、クラッド法として、他法に比べて、製品品質および生産性の両面において、すぐれた特長をもっている。

特に、本法では、使用中の大きな発生応力に耐え得る鋼系材料を母材 (芯材) にすることにより、肉盛材として高硬度材をクラッドすることができる。

今回、この特長を利用して、高炭素ハイス材を肉盛り、高耐久性をもった伸鉄ミル用複合ロールを開発したので、その製造法と、使用結果について報告する。

## 2. 伸鉄ミル用ロールへの C.P.C 法の適用

伸鉄ミル用ロールには、従来、チルドロール、ダクタイル鑄鉄ロールが使用されてきた。これらのロールは、ロールコストは低い反面、耐摩耗性、特に、コーナー部、エッジ部等の局部摩耗が発生しやすく、肌荒れも著しいため、高品質ロールへの潜在ニーズは大きい。当社は、既に、各種のロール、ローラ類を、C.P.C 法で製造してきたが、更に、圧延用ロールを本法によって製造し、上記のニーズに対応することを目的とした。

開発の考え方を Fig. 1 に示す。

## 3. C.P.C 法によるロール製造技術の開発

### 3. 1 C.P.C 法制御因子

C.P.C 法は、鋼系母材の表面に、クラッドする溶融金属を高周波誘導加熱を用いて、連続的に接合する方法である。

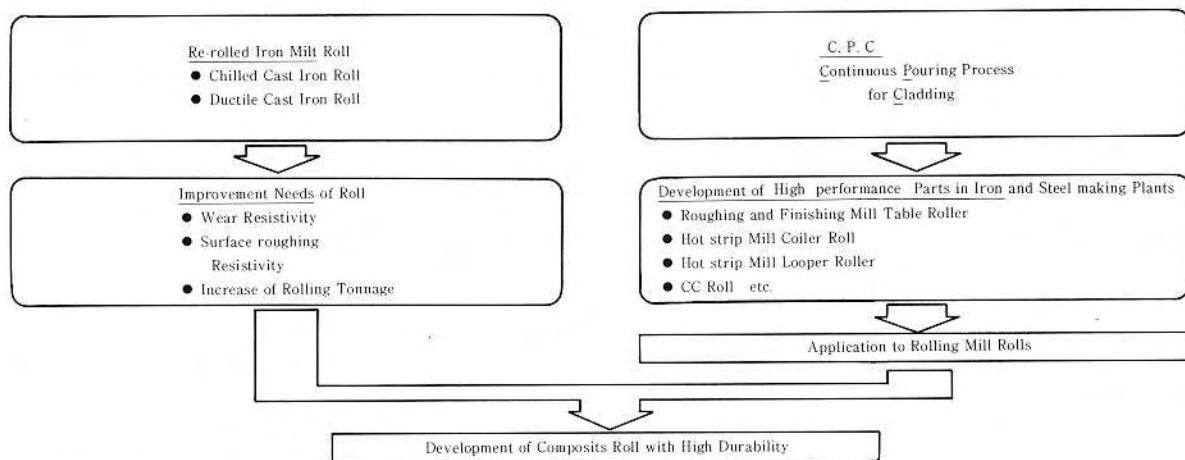


Fig1. Schematic Diagram of Development

Fig 2 にプロセス概略図に合せて、主要な制御因子を示した。良好な性状をもったロール用 C.P.C 素材を製造するためには、

- (1)肉盛材と母材の境界の完全溶着
- (2)溶込深さのバラツキの最少化
- (3)凝固組織の微細化、均一化

を図る必要があり、Fig. 2 の制御因子を最適値に設置することが重要である。

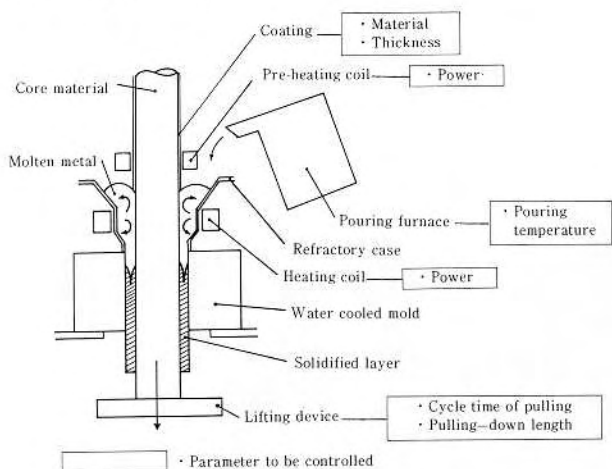


Fig2. Schematic Diagram of CPC System and Parameter to be controlled

### 3. 2 C.P.C 鑄造条件の設定

C.P.C 法の制御因子に関する実験の結果、ロールの肉盛層と母材の境界の溶着ならびに、溶込み深さに影響する因子として、

- (1)母材表面のコーティング剤
- (2)高周波誘導加熱コイルによる投入電力量

が重要であることが判明した。C.P.C 法によるロールの鑄造技術を確立するために、この2項目の実験と適正化を行なった。

#### 3. 2. 1 コーティング

C.P.C 法においては、現在、すべての母材にコーティングを施工している。母材表面のコーティングは、母材が予

熱コイルにより加熱された際、溶融して母材表面を完全に破覆すると同時に、母材表面の酸化物を吸収し、溶湯中で母材から遊離、浮上する。これにより、母材表面が清浄で、活性化した状態で溶湯と接触するため、健全な接合部を得ることができる。

C.P.C 法によるロール製造法開発の当初、コーティングなしで鑄造を行なったが、その場合のロール断面状況を Fig. 3 に示す。円周方向、軸方向で、溶着と溶込深さの大幅なバラツキが生じた。

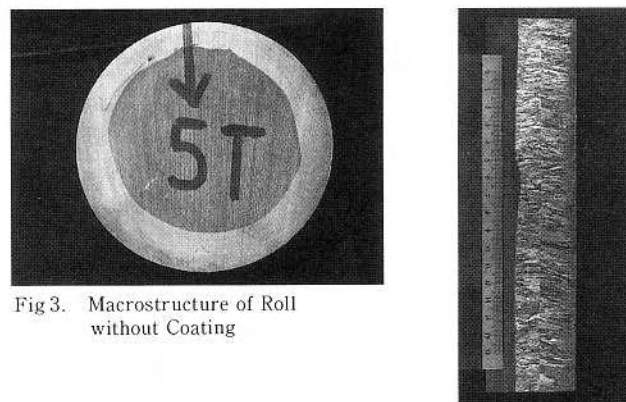


Fig3. Macrostructure of Roll without Coating

そのため、コーティング剤使用に着目し、各種のコーティング剤の試験を行ない、完全溶着と溶込深さの均一化を確保できるコーティング剤を開発した。供試コーティング剤の組織を Table 1 に示す。

この中の、No. 4 のホウケイ酸ガラス系のコーティング剤が、最適であることが判明した。開発したコーティング剤を用いたロールの断面状況を、Fig. 4 に示す。全体の完全溶着と、溶込深さの均一化が達成できた。

Table 1 Composition of Coating (mass %)

Coating	SiO <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO	R <sub>2</sub> O	Result
1	83.5	10	2	—	4.5	×
2	72.4	—	1.7	11.1	14.1	×
3	33	24	3	18	22	△
4	36	25	5	6	28	○



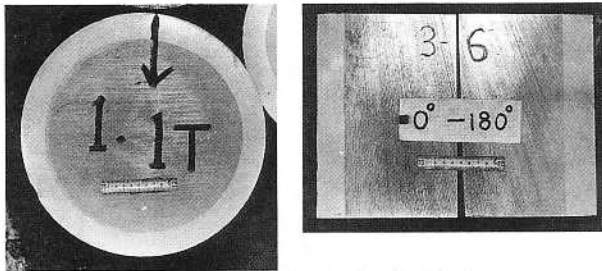


Fig4 Macrostructure of Roll with Coating No.4

### 3. 2. 2 加熱コイル投入電力量

ロール境界部の溶着と溶込深さに影響するもう一つの因子として、加熱コイル投入電力量がある。適正な投入電力量は、肉盛材、および母材、それぞれの材質と形状によって、変る。

今回は、圧延ロール材として適用した肉盛材である高炭素ハイス材（後述）を用いて、鑄造実験を行なった。その結果、肉盛層の単位面積当りの投入電力量と、溶込深さの間に、Fig. 5 の関係があることが判明した。

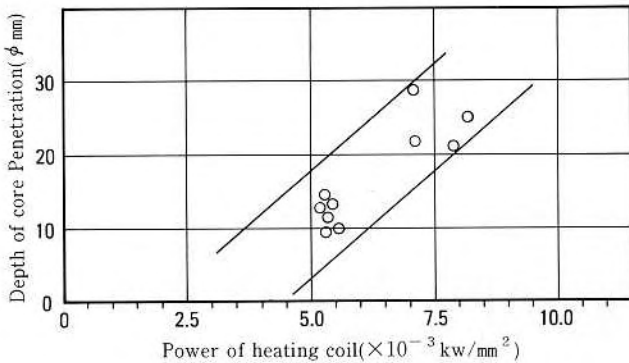


Fig5 Relation between Power of Heating Coil and Depth of Core Penetration

両者の関係は、若干バラツキの幅はあるが、ほぼ直線関係になっており、下記で表わすことができる。

$$P=6.0 \times 10^{-3} (E/S - 3.3)$$

ここで、P：溶込深さ (φmm)

E：投入電力量 (KW)

S：肉盛層断面積 (mm<sup>2</sup>)

これらのC.P.C法制御因子の適正化によって、C.P.C法によるロール製造法の目途を立てることができた。

## 4. 伸鉄ミル用ロールの開発

### 4. 1 成分系

Fig. 1. に示した、伸鉄ロールの材質改善ニーズから、最近C.P.C法への適用で注目されている<sup>(3)</sup>、高炭素ハイス材を使い、大幅な耐久性向上を図った。Fe-M (Cr, Mo, V, W, Co)-C系である、この多合金系材料については、凝固過程、凝固組織などの基礎的、体系的研究は少なく、最近、徐々に報告され始めた段階である<sup>(4), (5)</sup>。

今回は、ハイス鋼SKH材をベースに、C含有量と各合

金元素の炭化物形成のバランスをとった成分<sup>(6)(7)</sup>として、Table 2 を設定した。

また、母材材質は、強靱性と、軸部の耐摩耗性を付与した、SCM 440を選定した。

Table 2 Chemical Composition and Hardness of Developed Roll (%)

C	Si	Mn	Cr	Mo	V	W	Hardness (Hs)
1.5 ~2.5	0.2 ~0.8	0.2 ~0.8	2.0 ~6.0	6.0 ~10.0	3.0 ~7.0	3.0 ~7.0	80~85

### 4. 2 熱処理

C.P.Cハイスロールの熱処理条件の設定について述べる。SKH材は、通常1473K以上の高温で焼入れを行なう。しかし、当ロールでは、①長尺、厚肉材の高温加熱は、設備上の制約があること、②母材（芯材）であるSCM 440の劣化が懸念されること等から、1273~1373Kの焼入れ温度で条件設定を行なった<sup>(8)(9)</sup>。

焼戻し処理については、SKH同様、773~823Kで2~4回の処理を行なった。焼戻し処理回数は、硬さと残留応力の測定により、材質の安定化を確認しつつ決定した。

上記の成分、熱処理によって得られたロールは、硬さHs 80~85であり、Fig 6. に示すマイクロ組織になる。MCとM<sub>6</sub>Cの炭化物と、焼戻しマルテンサイトから成る、微細均一組織である。

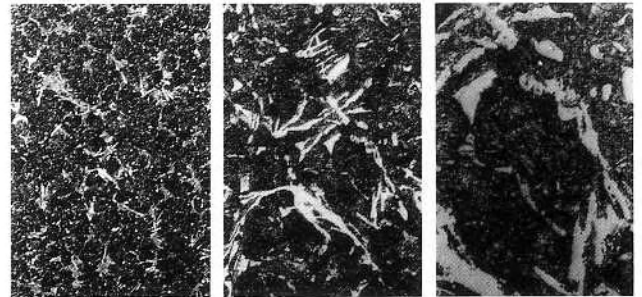


Fig6 Microstructure

## 5. 実機使用結果

### 5. 1 ミルおよびロール

開発したC.P.Cロールの圧延使用特性を確認するために、2 High伸鉄ミルの#3中間スタンドで使用し、耐久性を従来のチルドロールと比較した。Table 3にミルとロールの概要、Fig. 7にロール形状を示す。また、#4スタンドと#3スタンドの圧延成品形状および#3スタンドの圧下率は、Table 4のとおりである。#3スタンドは、圧下率が大きく、特に、I形鋼では、中央部のI形形状を決める、重要なスタンドであり、ロールカリバーのコーナ一部分の形状確保保持性が、ロールの耐久性を決定する。

Table 3 Outline of Mill and Roll

Mill	2 High Flat Bar Mill	
Rolling Product	Flat bar	25~38 w×3~4.5 t
	I-Shape	32~38 w×5 t×3 t
Roll Stand	# 3 Intermediate roll	
Caliber	6 Calibers×2 Lines (Total 12 Calibers)	
Roll Shape	Barrel Dia φ260 Barrel Length 600 Total Length 1475	

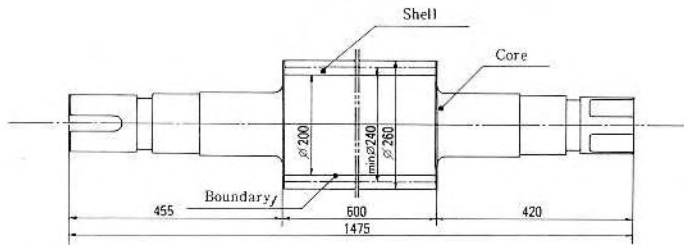


Fig 7 Shape of Roll

Table 4 Cross Section of Rolled Shapes

Stand	# 4	# 3	Reduction Ratio (%)
Shape			
Flat bar (25×3)			36
1-Shape (4.5×2.5×32)			45 (18)

5. 2 使用結果

C.P.C ロールを、従来ロールと同一条件で圧延使用し、ロール摩耗量、肌荒れ外観と表面粗さを測定、調査するとともに、1回当たりの圧延量増大試験を行なった。

5. 2. 1 摩 耗

開発ロールと従来ロールの摩耗量を Table 5 に示す。開発ロールにおいては、摩耗量が減少することに加え、1回あたりの圧延量の増加が可能になるため、耐摩耗性は、従来ロールの10~23倍の高耐久性を示した。また、I形鋼のコーナー部の摩耗が少ないことが、ロール改削量減少の効果をもたらした。

Table 5 Result of Application to Re-rolled Iron Mill

Roll	Stand	Pass design	Rolling tonnage (ton)	Depth of wear (mm)	Durability ratio to conventional
Developed	Intermediate		25~59	0.12~0.23	10.0~22.8
Conventional			25	1.0~1.25	1.0

5. 2. 2 肌 荒 れ

ロールの肌荒れ状況を Fig. 8 に示す。開発ロールは、肌荒れが少なく、全体がち密な表面状況を示している。

また、表面粗さを測定し、比較した結果を、平鋼は Fig. 9、I形鋼は Fig. 10 に示した。開発ロールは従来ロールに比べ、表面粗さの値が Ra, Rmax とともに1/3~1/4に軽減しており、特にI形鋼における改善効果が大きかった。

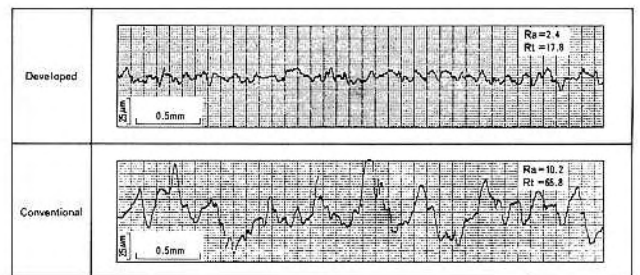


Fig 9 Roll Surface Roughness after Rolling (I-shape, 25ton)

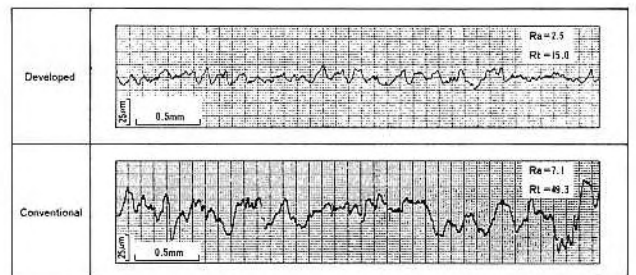
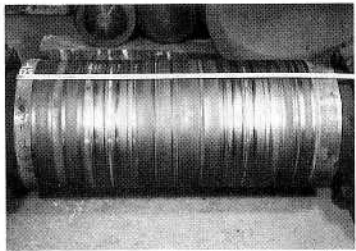

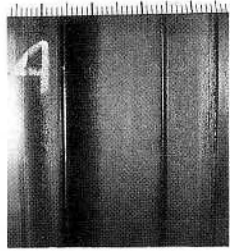
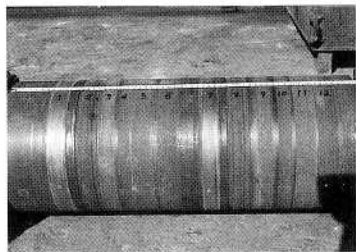
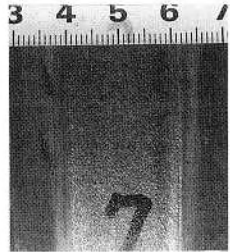
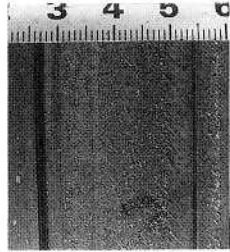


Fig 10 Roll Surface Roughness after Rolling (Flat-bar, 25ton)

	Roll Total View	Flat Bar	I-shape
Developet			
Conventional			

## 6. 結 言

連続注入クラッド法による、伸鉄ミル用複合ロールを開発し、実機圧延使用を行なった。その結果は以下のとおりである。

- (1)連続注入クラッド法による鑄造ロールの特性におよぼす制御因子の影響を把握し、複合ロールの製造条件を決定した。
- (2)肉盛材として、高炭素ハイス材を適用した、伸鉄ミル用複合ロールを開発した。
- (3)実機圧延使用の結果、摩耗量の減少と1回あたりの圧延量の増加によって、従来のチルドロールに比べ、10～23倍の耐久性を示した。また、ロール肌荒れも、表面粗さが $\frac{1}{3}$ ～ $\frac{1}{2}$ に減少し、良好な結果が得られた。

## 参考文献

- (1)坂本眞一、斉藤弘道、津田篤信、堀正夫、山本厚生：材料とプロセス、4 (1991) 488
- (2)坂本眞一、玉川進、津田篤信、森高靖彦、山本厚生：フジコー技報、1 (1993) 6
- (3)橋本光生、吉田幸一郎、大友清司、倉橋隆郎：材料とプロセス、4 (1991) 450
- (4)松原宏宏、本田義興、笹栗信也：鑄物協会120回講演大会概要集 (1992) 33
- (5)山崎健治、浜田貴成、小野幸徳、大城桂作：材料とプロセス5 (1992) 1594
- (6)G. Steven, A.E. Nehrenberg, T.V. Philip: Trans, ASM 57 (1964) 925
- (7) G.A. Roberts, R.A. Cary: TOOL STEELS (1980) 726[ASM]
- (8)同 上 640
- (9)木村達己、石井正武、岡裕、中野昭三郎：材料とプロセス、4 (1991) 466