

## 連続注入クラッド法による 熱延仕上後段ワークロールの製造と使用結果

Production Process and Application Result of C.P.C Work Roll in Rear Stands of Hot Strip Finishing Mill



CPC 技術開発室  
坂本 眞一  
Shin-ichi Sakamoto

CPC 技術開発室  
玉川 進  
Susumu Tamagawa

CPC 技術開発室長  
斉藤 弘道  
Hiromichi Saito

本社営業部長  
津田 篤信  
Atsunobu Tsuda

社長  
山本 厚生  
Atsuo Yamamoto

### 要 旨

ホットストリップミルのワークロールは、従来、高クロム鑄鉄、高合金グレン鑄鉄などの特殊鑄鉄が適用され、近年、使用条件において、高負荷化、高速化に伴ってロールの高性能化が要求されてきた。このような要求に対し、ロール材として、多種類の合金元素を含有する工具鋼系材料を選定するとともに、製造法に連続注入クラッド法（以下C.P.C法と略す）を適用することによって、すぐれた耐用を有するロールの製造技術を確認した。使用結果として、耐摩耗性および耐肌荒れ性が改善され、研削毎の圧延量の増加がもたらされ、従来の高合金グレン鑄鉄ロールに比して、5倍以上の耐久性を有することが確認された。

### Synopsis:

While a special cast iron such as a high chromium cast iron and high alloy grain cast iron et al has been conventionally applied for a work roll of hot strip mill, on the other hand, accompanied with a higher load and higher speed in the application conditions in recent years, making a work roll a higher performance has become to be required. For such requirements, together with selecting the tool steel series materials containing many kinds of alloy element as a work roll material, by applying a Continuous Pouring Process for Cladding (abbreviated as C.P.C in the following ) as a manufacturing method, a manufacturing technology for the work roll with an excellent useful life longevity has been established. As a consequence of usage, the wear resistance and rough surface resistance were improved, the rolling tonnage per 1 time of grinding was increased and it was confirmed that C.P.C work roll has a durability above 5 times compared with a conventional work roll made of high alloy grain cast iron.

### 1 緒 言

ホットストリップミル、ワークロールは、熱延鋼板の形状寸法、表面性状などの品質に影響を及ぼすだけでなく、ロールの耐久性が圧延作業の効率を左右する。このようなことから、ワークロールには、高度の耐摩耗性、耐肌荒れ性および、耐事故性（折損、クラック、焼付き）が要求されている。

当社は、創業以来、鉄鋼圧延ロール、ローラの製造技術の開発に取組み、多くのクラッドロールの製造法を開

発してきた経緯がある。中でも、当社の発明であるC.P.C法は、高炭素高合金材などの高耐摩耗材と強靱鋼との組み合わせのクラッドロール、ローラを容易に製造することが可能である。このようなことから近年のワークロールに必要とされている特性を引き出すことを目的に外層材として多合金系白鑄鉄（高炭素ハイス材）、芯材として強靱鋼の組合せを選定した。

以下に、製造工程および、使用結果について報告する。

### 2 製造方法

## 2.1 工程の概略

Fig. 1に、C.P.Cハイスロールの製造工程を示す。中周波誘導炉で溶解した肉盛材をC.P.C装置により肉盛り、その素材を熱処理、加工して、製品ロールとする。

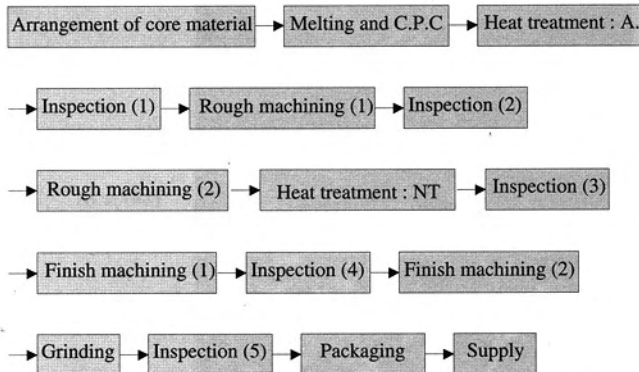


Fig.1 Production process of C.P.C high speed steel roll

## 2.2 C.P.C法について

C.P.C法とは、Continuous Pouring Process for Claddingを略した呼称である<sup>1)</sup>。Fig. 2に示すように、中実または、中空の芯材をモールドの中央にセットし、モールドと芯材の間にクラッドしようとする熔融金属を鑄込み、誘導加熱により融接させながら、断続的に引き抜き、複合材料を製造するプロセスである。

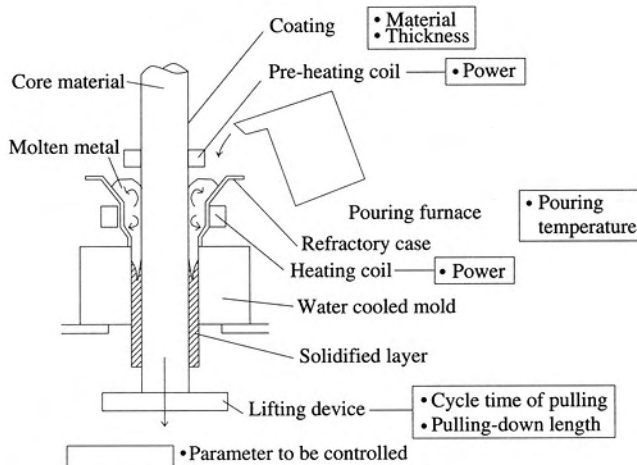


Fig.2 Schematic diagram of C.P.C system and parameter to be controlled

芯材の表面はあらかじめ、特殊なガラスのパウダーをコーティングしておき、芯材が耐火枠上部にセットしてある予熱コイルを通過する際に予熱され、その熱でガラスが熔融軟化し、芯材の表面を清浄化、活性化することによって、健全な接合部をもつクラッド層を構成することができる。C.P.C法は一層肉盛であるため、熱の集中度が極めて小さく、従来の溶接肉盛法では不可能であった材質、たとえば、多合金系白鑄鉄（高炭素ハイス材）および過共晶材などのクラッドも可能である。

## 2.3 C.P.C法の制御因子

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

- (1) 肉盛材と芯材の境界の完全溶着
- (2) 芯材の溶込みのバラツキの最小化
- (3) 凝固組織の微細化、均一化
- (4) 鑄肌の健全化

を図る必要がある。

これらの要求を満足するためには、使用する道具類およびFig. 2に示す制御因子を、最適寸法、形状および最適値に設定することが重要である。道具類については、設計検討から製作まで、自社内で実施している。主要な道具類の設計における留意点は、次のことが挙げられる。

(1) 予熱、加熱コイルは、肉盛金属と芯材との健全な溶着を得るために必要な投入熱量を決定することから、加熱物との径差および、幅、巻数が、重要な因子で、このことによって、加熱物とのマッチングおよび有効な加熱効率もたらされる。

(2) 耐火枠の形状についても健全な溶着を得ることおよび凝固金属への押湯効果に影響を及ぼすことから、芯材と湯溜り部との断面積比および高さが重要な因子である。

(3) モールドは、凝固組織および鑄肌に影響を及ぼすことから、適正な冷速が得られるよう、モールド材質、厚みおよび冷却水への熱伝達率などが重要な因子である。

C.P.C法の制御因子に関するC.P.C条件について、溶着、鑄肌、凝固組織に影響を及ぼす因子として、次のことが挙げられる。

- (1) 高周波誘導予熱、加熱コイルによる投入電力量
- (2) 母材表面のガラスコーティング剤
- (3) 引き抜き速度

これらの因子の重要性が把握され、適正化を図った。Table 1 にC.P.C条件、Fig. 3にC.P.C中の状況写真を示す。

Table 1 C.P.C condition

Diameter of core material	φ 620mm
Diameter of mold	φ 745mm
Coating material	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub> -R <sub>2</sub> O glass powder
Power of pre-heating coil	100~250 kW
Power of heating coil	450~700 kW
Pulling down velocity	10~18mm/min

## 2.4 ロール材の選定

肉盛金属には、大幅な耐久性の向上を狙って、高炭素ハイス材を適用し<sup>2)</sup>、芯材には、強靱性と軸部の耐摩耗性を兼備したSCM440材を選定した。Table 2 に肉盛金属



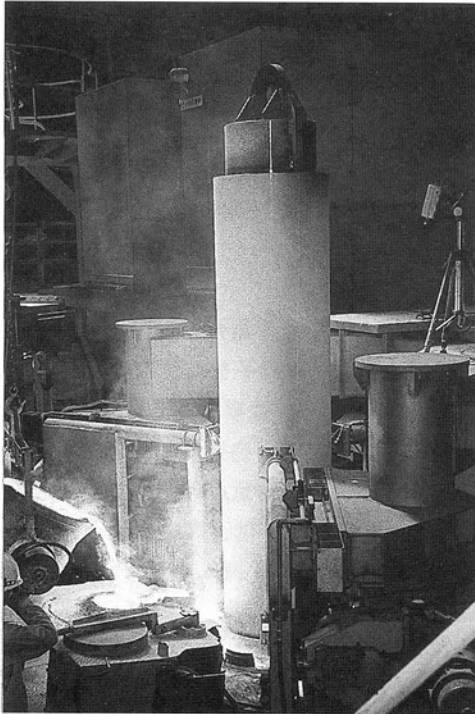


Fig.3 View of the work roll under producing by C.P.C

Table 2 Chemical composition and hardness

Chemical composition (wt.%)							Hardness (Hs)
C	Si	Mn	Cr	Mo	V	W	
1.8~2.4	0.2~0.8	0.2~0.8	3.5~7.0	4.5~8.0	3.5~8.0	4.5~7.0	80~85

の化学成分組成および硬さを示す。

### 2.5 熱処理

CPCハイスロールの熱処理条件は、設備上の制約および芯材の劣化の防止を考慮し、1000~1100℃の焼準温度<sup>3)</sup>を設定した。

焼戻し処理については、硬さと残留応力を確認しつつ、500~600℃で、2回以上繰り返して、施工した。Fig. 4に焼戻し後のマイクロ組織を示す。マイクロ組織に観察される炭化物は、MC およびM<sub>6</sub>Cで、基地は焼戻しマルテンサイトの均一微細な状況が窺える。焼準時の状況写真をFig. 5に示す。

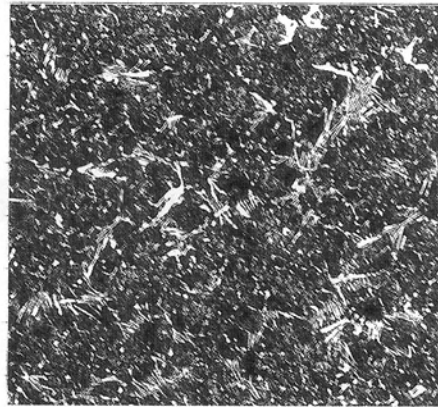
## 3 実機使用結果

### 3.1 ミルおよびロール

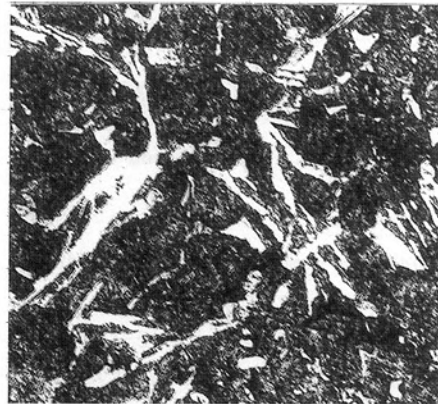
C.P.Cハイスロールは4 High ホットストリップミルの仕上げ後段、F5 および F4 スタンドで使用し、耐久性を従来の高合金グレンロールと比較した。Table 3 にミルとロールの概要を示す。

### 3.2 使用結果

C.P.Cハイスロールを圧延使用し、ロール摩耗量、削量、耐久性を従来ロールの代表的な一例と比較した。また、連続5回圧延後の肌荒れ外観と表面粗さを測定、調査した。



100 μm



25 μm

Fig.4 Microstructure

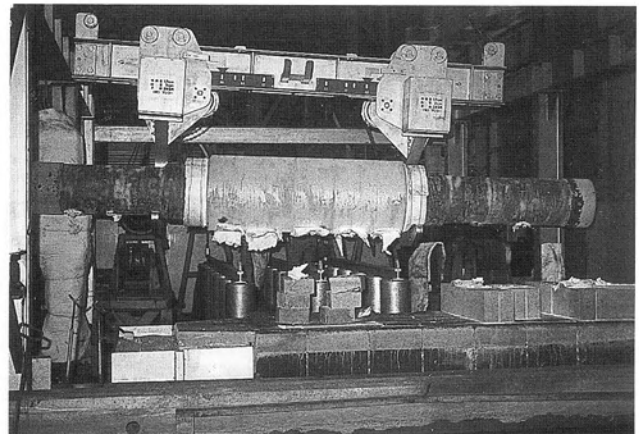


Fig.5 View of quenching procedure of C.P.C work roll after austenitizing

Table 3 Outline of mill and roll

Mill	4high hot strip mill
Rolling product	Hot coil for tinplate 974~1555 w × 1.16~2.30 t
Rollstand	F5 and F4 stand
Rollshape	Barrel dia. φ 706 Barrel Length 1830 Total Length 5190

### 3.2.1 摩耗

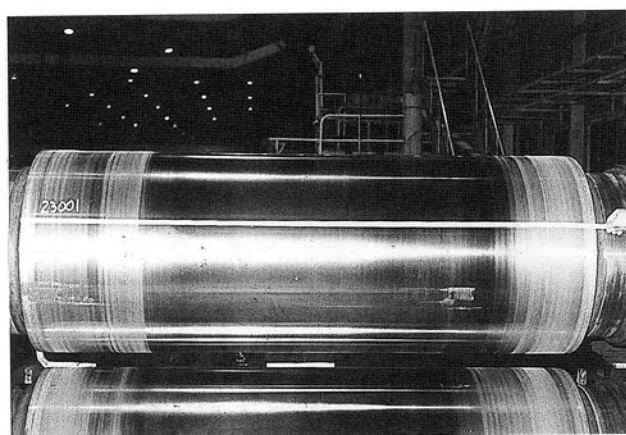
本ロールおよび従来ロールの圧延使用結果をTable 4に示す。本ロールにおいては、摩耗量が減少することに加え、連続圧延使用が可能のため研削毎の圧延量が増加したことにより、従来ロールの5倍以上の耐久性を示した。

通りである。

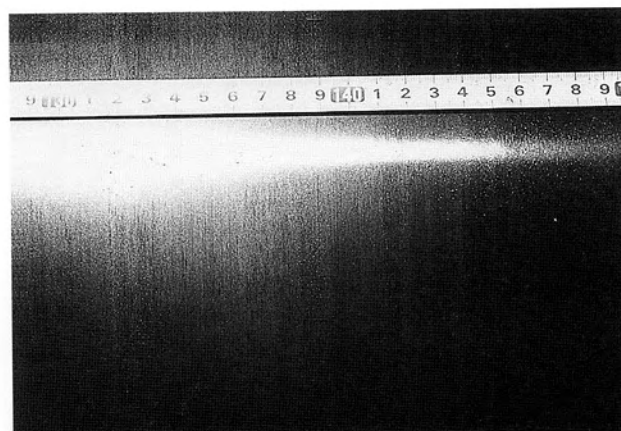
(1) ホットストリップミルのワークロールの近年の高負荷使用条件に対する高性能化を、C.P.C法により、肉盛金属を高炭素ハイス材、芯材に強靱鋼を適用することで達成した。

Table 4 Result of application to hot strip mill

Stand	Roll	Rolling times	Rolling tonnage (ton)	Depth of wear (mm/1000ton)	Depth of grinding and machining(mm/1000ton)	Durability (ton/mm)	Durability ratio to conventional
F5	C.P.C Roll	143	147,284	0.0079	0.0739	12,213	5.3
	Conventional	177	119,971	0.2613	0.1742	2,296	1.0
F4	C.P.C Roll	103	101,075	0.0067	0.0578	17,337	5.7
	Conventional	183	199,574	0.1844	0.1427	3,058	1.0



View of the work roll



Center of barrel

Fig.6 Roll surface after rolling (F5, 3742 ton)

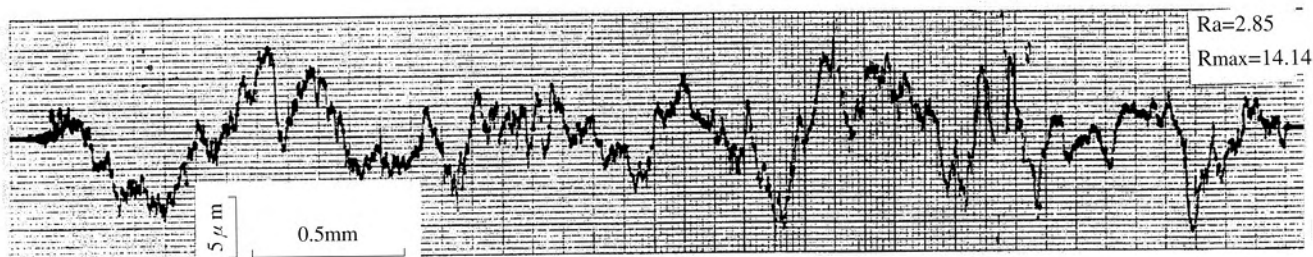


Fig.7 Roughness of roll surface after rolling (F5, 3742 ton)

なお、従来ロールは1回（約1000トン）の圧延で研削再使用となるが、本ロールは連続5回の圧延例も多い。

### 3.2.2 肌荒れ

5回連続圧延後のロール表面状況をFig. 6に示す。本ロールは、表面に均一な黒皮皮膜が生成しており、全体が緻密な表面状況を示している。また、表面粗さを測定した結果をFig. 7に示す。表面粗さの値 Rmax が14.14 $\mu$ mであり、十分5回連続圧延に耐えることが確認できた。

(2) C.P.C法における使用道具類および制御因子の適正化により、所期の特性を有するワークロールの製造技術を確立した。

(3) 実機使用の結果、摩耗量の減少、および連続圧延使用が可能となり研削毎の圧延量が増加したことにより、従来の高合金グレンロールに比して、5倍以上の耐久性を示した。なお、従来ロールは1回（約1000トン）の圧延後研削再使用となるが、C.P.Cハイスロールは5回連続圧延例も多い。また、ロール表面は緻密な黒皮皮膜が均一に生成しており、5回連続圧延後も肌荒れは少なく、良好な結果が得られた。

## 4 結言

C.P.C法による、ホットストリップミル用ハイスロールを開発し、実機圧延使用を行った。その結果は以下の

参考文献

- 1) 坂本眞一, 齊藤弘道, 津田篤信, 堀 正夫, 山本厚  
生：材料とプロセス, 4 (1991), P.448
- 2) G.Steeven, A.E.Nehrenberg, T.V.Philip : Trans.ASM,  
57 (1964), P.925
- 3) 同上, P.640

