

連続注入クラッド法による熱延仕上げ前段ワークロールの製造と使用結果

Production and Application Results of Front Stands Rolls for Hot Strip Finishing Mill by Continuous Pouring Process for Cladding



CPC技術開発室
坂本 眞一
Shin-ichi Sakamoto

CPC技術開発室長
斉藤 弘道
Hiromichi Saito

技術開発部長
山本 圭太郎
Keitaro Yamamoto

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、高クロム鋳鉄、高合金グレイン鋳鉄などの特殊鋳鉄が適用されてきた。近年、製品品質の高級化、熱延ラインの高効率化によって、ロールに対する負荷は増加し、高いレベルの特性が要求されている。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、優れた耐用を有するロールの製造技術を確認した。熱延仕上げ前段ワークロールには、特に耐肌荒れ性が要求されるため新たに材質設定を行い、無研削で最大10回使用可能の良好な結果が得られた。また、耐摩耗性についても、従来ロール（高クロム鋳鉄材）に比して、3倍以上の耐久性を有することが確認された。

Synopsis:

A special cast iron such as a high chromium cast iron, a high alloy grain cast iron, etc., has conventionally been applied for work rolls in hot strip mills. Recently accompanied with a higher quality of products and a higher efficiency of hot strip mill lines, loads to these rolls have been increased and a higher level of characteristics has been required. For these requests, together with selecting tool steel series materials containing many kind of alloying elements as work roll materials by applying the Continuous Pouring process for Cladding (hereinafter referred to as C.P.C method) as a manufacturing method, a manufacturing technology for the work rolls with an excellent useful life longevity has been established. Rough surface resistance of work rolls is specially required by the front stands of hot strip finishing mill, so the selection of material was newly carried out for a work roll. The work roll can roll 10 times without grinding and excellent application results are obtained. Also it was confirmed that its durability is three times or more greater than that of the conventional roll (high chromium cast iron) in wear resistance.

1 緒言

当社が創出したC.P.C法¹⁾は複合ロール、ローラの製造法として国内外に広く知られるに及んでいる。

C.P.C法による主要な製品のひとつである熱延ラインにおけるワークロール、搬送ローラはストリップの製品品質および、生産性の両面に影響を与えることから、高いレベルの特性が要求される。当社は本プロセスによって各種のロール、ローラの高性能化を進めており、ワークロールとしては熱延仕上げ後段ロール¹⁾、冷延リパスミル用ロール²⁾、

棒鋼ロール³⁾等の開発、適用を推進してきた経緯がある。このたびは熱延仕上げ前段ワークロールの耐摩耗性、耐肌荒れ性および、耐事故性などを高いレベルに向上させることを目的に、内外層の材質の組み合わせにおいて、内層材には強靱性と軸部の耐摩耗性の面から強靱鋼とし、外層材には耐肌荒れ性と耐摩耗性などの表面性状の面から、多元系高合金白鋳鉄の一種である高炭素ハイス材とした。製造法には複合構造ロールの製造法であるC.P.C法を適用した。以下に、製造および、使用結果について報告する。

2 ロール仕様

ロール仕様をTable 1に示す。

Table 1 Specification of roll

Mill type	4 high hot strip mill
Outer diameter	φ 776 mm
Diameter of core material	φ 690 mm
Thickness of cladding layer	> 43mm
Length of barrel	1,780mm
Total length	4,020mm

3 製造法

3.1 製造工程

C.P.C法によって高炭素ハイス材を肉盛する圧延ロールの製造法は確立されており、本報の熱延仕上げ前段ワークロールにおいても製造法は、従来のプロセスに準じた工程方案¹⁾を採用した。当ロールのサイズは従来ロールに比べ最大級であり、各工程における品質管理には十分な注意が必要であった。

3.2 肉盛材の化学組成および硬さ

肉盛金属の溶湯は中周波誘導溶解炉で溶製し、所定の組成に調整確認後、C.P.Cに供した。

肉盛材は熱延ワークロールとしての必要な特性を確保するためにCoを添加し、基地組織の緻密化を狙った当社の材質記号であるFKC704材とした。FKC704材（高炭素ハイス）は凝固時に、炭化物であるMC、M₂Cが晶出し、これらの量、分布、形態によって材質特性が決定されることから、熱延ワークロールの必要特性を高度に引き出すためには、基地の制御だけでなく、炭化物の制御が極めて重要である。今回、熱延仕上げ前段ワークロールの材質を設定するに当たり、後段ワークロールおよび前段ワークロールの圧延後のロール表面の組織からヒートクラックと肌荒れの関係を検討し、成分系を決定した。

Table 2に当ロール材に用いたFKC704材の化学組成および硬さを示す。

Table 2 Chemical composition and hardness of FKC704

Chemical composition (wt.%)						Hardness (HsD)
C	Cr	Mo	V	W	Co	
1.5~2.0	3.5~7.0	4.5~8.0	4.5~8.0	3.5~7.0	1.0~4.5	80~85

また内層材（母材）には先述したように、軸部の強度と耐摩耗性を確保できる強靱鋼を適用した。

3.3 C.P.C

C.P.C条件は肉盛材の化学組成と同等にロールの特性を決定する大きな要因である。欠陥を発生させることなく良好なロール素材を製造するには、次のような因子が挙げられる。

- (1) 母材の適度な溶け込みによる肉盛材と母材との完全溶着
- (2) 母材の溶け込みのバラツキの最小化による化学組成

の均一化

(3) 投入熱量およびモールド部における抜熱の適正化による凝固組織の微細化、均一化

(4) 凝固シェルの強度、シェル厚の適正化による铸肌の健全化

C.P.C条件の中で溶着、凝固組織、铸肌に影響を及ぼす因子として次のようなことが重要である。

- (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の材質
- (3) 引き抜き速度

これらの因子を調整することによって、上記4項目の適正化を図った。

Table 3にC.P.C条件を示す。

Table 3 C.P.C condition

Diameter of mold	φ 830mm
Diameter of core material	φ 690mm
Coating material	B ₂ O ₃ -SiO ₂ -R ₂ O glass powder
Power of pre-heating coil	150~300kW
Power of heating coil	500~700kW
Pulling down velocity	8~11 mm / min

3.4 熱処理

C.P.C後铸造応力の緩和および、軟化のための焼鈍と合わせて以下の焼準、焼き戻しを実施した。

肉盛材に含まれるC、Cr、Mo、V、W、Coの多元系高合金組成中における各元素の特性によって、基地の微細化および安定化を図ること、析出炭化物、残留応力の制御を目的とした焼準および2回以上の焼き戻し処理である。その結果、硬さHsD82~85、残留応力<30kgf/mm²（圧縮）のロール素材を製造することができた。

マイクロ組織中の炭化物はM₆C（M₂Cから熱処理によって変化）、MCであり均一に分布し、C.P.C法特有の微細なグレナサイズであることが窺える。マイクロ組織をFig.1に示す。

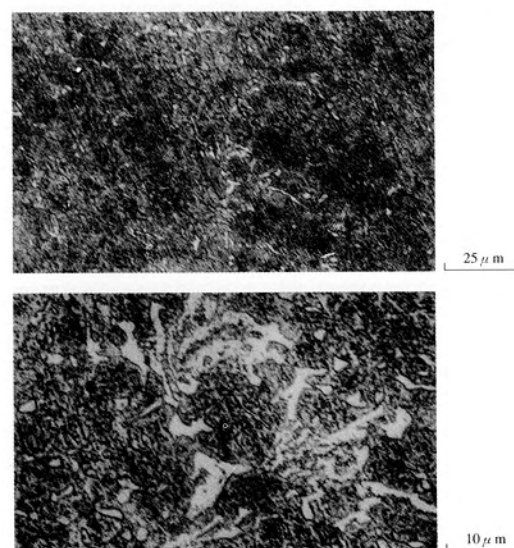
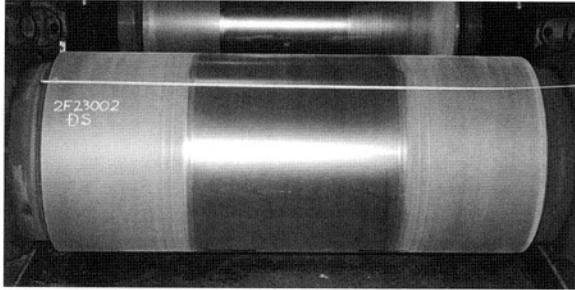


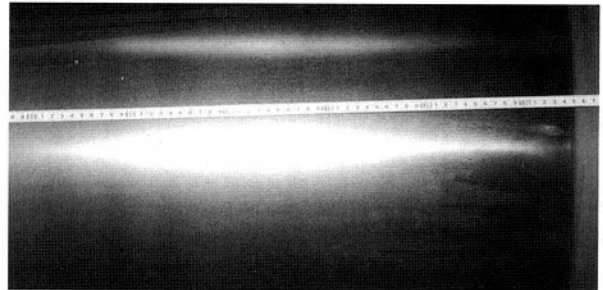
Fig.1 Microstructure

4 実機使用結果

熱延仕上げ前段ワークロールをF1～3スタンドで圧延使用し、ロールの耐久性を従来ロールと比較した。特に、熱延仕上げ前段ワークロールに要求される、耐肌荒れ性について、詳細に調査を行った。当ロールは、圧延後のロール表面状況が良好の場合、無研削で連続5～10回使用されており、順調に推移している。



View of the work roll

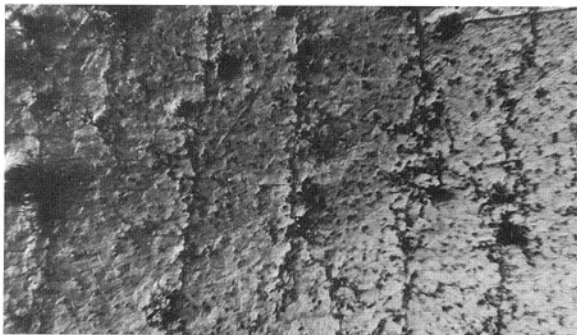


Half of the barrel

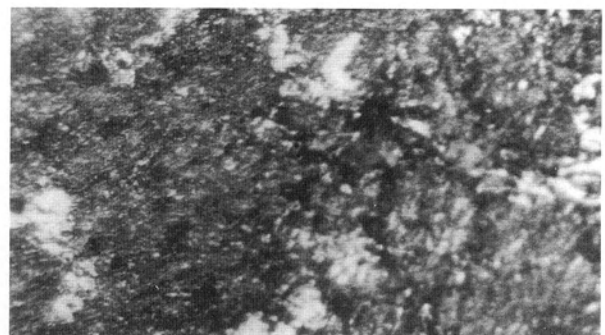
Fig.2 Roll surface of F3 roll after rolling 5times without dressing (5069 ton)



Fig.3 Roughness of roll surface after rolling (F3, 5069 ton) (Ra = 2.9 μ m, Rmax = 24.6 μ m)



(a) No etching 200 μ m



(b) Etching 25 μ m

Fig.4 Microstructure of surface of F3 roll after using 5times without dressing

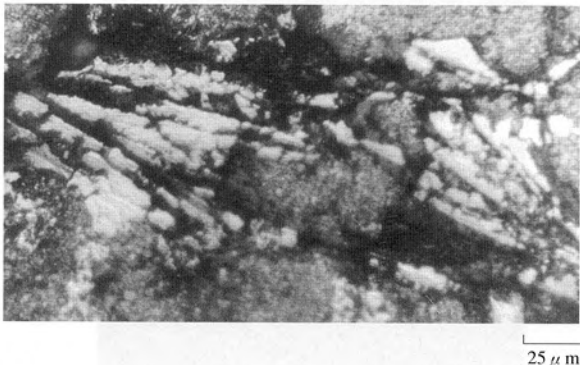


Fig.5 Appearance of carbide drop in a work roll¹⁾ (high carbon) for rear stands of hot strip finishing mill.

4.1 肌荒れ

5回連続圧延後のロール表面状況 (F3スタンド) をFig.2に示す。板幅全体にほぼ均一な黒皮皮膜が生成し、肌荒れは発生していない。また、表面粗さを測定した結果、Fig.3が得られた。後段ワークロール¹⁾に比べて、Rmaxが若干高目になっているが、著しい波形の凹凸はなく、無研削で多数回使用に十分耐え得ることを確認できた。

なお、熱延仕上げ前段ワークロールで、最も重要視される耐肌荒れ性を、さらに詳細に確認するために、Fig.2のロールの圧延後のロール表面のマイクロ組織を調査した。Fig.4にその結果を示す。腐食なしの組織写真Fig.4の(a)では、軸方向の等間隔のヒートクラックが発生している状況が認められるが、同(b)に示すように、ヒートクラックの周囲に欠け落ち部はなく、それが、マクロ的に良好な肌荒れ状態が得られた最大の要因と考えられる。本ロールの材質選定の際調査した、後段ワークロールにおいては、Fig.5に示すように、炭化物の近辺にヒートクラックが発生した場合、マッシブな共晶炭化物が脱落する部分を観察した。熱負荷がさらに増大する、前段ワ

ークロールでは、同一成分系にした場合は、この共晶炭化物の欠落がさらに増大する事が予想されたため、C量、V量および、Mo、W量のバランスを図ってマッシブな共晶炭化物を生成しにくくした成分系を決定した。本ロールにおいては、ロール表面全体にわたって、大きな共晶炭化物の欠落発生は認められず、所期の耐肌荒れ性を確保することができた。

4.2 摩耗

本ロールおよび従来ロール（高クロム鋳鉄ロール）の圧延使用結果をTable 4に示す。ここでは、スタンド毎に従

(1) 仕上げ前段ワークロールは、これまで製造した中での、最大径ロールであるが、C.P.C法による製造技術を確立できた。

(2) 肉盛金属は、耐肌荒れ性を最重点とした高炭素ハイス鋼を選定し、芯材には強靱鋼を適用した。

(3) 実機使用の結果、仕上げ前段ワークロールとして最も要求される耐肌荒れ性について、良好な結果を確認した。その要因として、マッシブな共晶炭化物の生成を抑止した成分系を選定しヒートクラックの近傍の欠落を防止できたことによると推定される。

Table 4 Rolling result of C.P.C work roll

Stand	Roll material	Rolling times	Rolling tonnage (ton)	Depth of wear (mm / time)	Depth of machining and grinding (mm / time)	Durability (ton / mm)	Durability ratio to conventional
F3	High carbon high speed steel roll	81	85,042	0.0112	0.0496	17,267	3.1
	High chromium cast iron roll	52	52,504	0.0345	0.1473	5,553	1.0
F1	High carbon high speed steel roll	480	542,004	0.0043	0.0533	19,610	3.0
	High chromium cast iron roll	164	178,114	0.0217	0.1432	6,587	1.0
F2	High carbon high speed steel roll	105	118,335	0.0100	0.0407	22,243	2.9
	High chromium cast iron roll	42	46,427	0.0157	0.1277	7,706	1.0

来ロールと比較した。この結果、F3→1→2のいずれのスタンドでも、従来ロールに比較し、約3倍の耐久性を示した。なお、従来ロールは1回、約1000～1100トンの圧延で必ず研削していたが、本ロールでは、連続5～10回、無研削使用が可能になった。

5 結論

C.P.C法による、ホットストリップミル用ハイスロールの開発に関し、今回、仕上げ前段(F1～3)ワークロールの製造と実機適用を行った。その結果は以下の通りである。

(4) 当ロールの耐久性は、5～10回の無研削連続使用が達成できたことと、耐摩耗性の向上とから、従来の高クロム鋳鉄ロールの約3倍を達成した。

参考文献

- 1) 坂本眞一, 玉川 進, 斉藤弘道, 津田篤信, 山本厚生: フジコー技報, No.3(1995), p.10
- 2) 坂本眞一, 斉藤弘道, 津田篤信: フジコー技報, No.3(1995), p.15
- 3) 坂本眞一, 斉藤弘道, : フジコー技報, No.4(1996), p.24