

# 技術論文

## 連続注入クラッド法による冷延ワークロールの製造と使用結果

Result of Production and Application for Cold Strip Mill Work Roll 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

本社営業部長  
津田 篤信  
Atsunobu Tsuda

### 要 旨

冷延ワークロールの性能向上を目的として、当社開発の連続注入クラッド法（C.P.C）によるハイスロールの開発を行った。

高炭素ハイス鋼を肉盛した、かたさHsD90～92のロールを製造し、実機使用した結果、従来の鍛鋼ロールの3倍の耐久性が得られ、ロール表面状況も良好で、均一であった。また、圧延前、後のロール表面粗さの変化が小さいことなど、従来ロールとは全く異なる良好な特性が確認できた。

### Synopsis:

For a purpose of performance improvement of the cold strip mill work roll, a development of high speed steel roll through applying a Continuous Pouring Process for Cladding (C.P.C) invented by our company was carried out. A roll overlaid a high carbon/high speed steel, with a hardness of HsD 90~92, was manufactured, and subsequently was applied to actual practice. As its consequence, a durability with 3 times of a conventional forged steel roll was obtained, and moreover the surface circumstances were also good and homogeneous. In addition it was confirmed that it had the excellent characteristics completely different from a conventional roll like a slight change in surface roughness of roll before and after rolling and so forth.

### 1 緒 言

当社が創出した連続注入クラッド法<sup>1)</sup>（以下C.P.Cと略す）は、クラッドロール・ローラの製造法として、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。

当社はこのプロセスによって、各種のロール・ローラの高性能化を進めて来ており、圧延ロールとしては、熱延ワークロール<sup>2)</sup>、棒鋼ロール等<sup>3) 4)</sup>の開発、適用を行ってきた。

本プロセスによれば、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）にすることによって、強靱なクラッドロールを製造することができる。この特長を利用するねらいで、冷延ワークロールへのC.P.Cハイスロールの適用を試みた。

冷延ワークロールは、鋼板の形状寸法、表面性状を決

定し、また、ロールの耐久性が圧延作業能率に影響を与えることから、高度の耐摩耗性、耐肌荒れ性、および耐事故性（クラック、焼付き）が要求される。従来、このロールには、高クロム鋼鍛造焼入ロール（以下鍛鋼ロール）が用いられており、成分、溶解精練、造塊、鍛造、熱処理等、各製造工程にわたって各種の改善がなされてきた<sup>5)</sup>。

しかし、従来の一体造塊法による単体ロールでは、適用する成分を高炭素化、高合金化することは困難であり、耐久性の向上には限界があった。今回の冷延ミル用C.P.Cハイスロールの製造と適用は、従来の鍛鋼ロールと全く異なる材質によって、飛躍的な性能向上をねらったものである。以下にその結果を報告する。

### 2 C.P.Cによる冷延ワークロールの製造

## 2.1 製造工程

C.P.Cによって高炭素ハイス鋼を肉盛する圧延用ロールの製造法は、すでにほぼ確立している。本報の冷延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、方案を採用した<sup>2)</sup>。

## 2.2 溶解および成分組成

C.P.C用の溶湯は、中周波誘導溶解炉で溶解し、所定の注湯温度まで昇温、保持する。肉盛材の成分組成をTable 1に示す。冷延ワークロールとしての耐摩耗性を確保するため、Coを添加し、マトリックスの緻密化を図った(当社材質記号FKC704)。

Table1 Chemical composition of roll (mass %)

	C	Cr	Mo	V	W	Co
FKC-704	1.6~2.4	3.5~7.0	4.5~8.0	4.5~8.0	3.5~7.0	<2.0

また母材(芯材)は、冷延ワークロールに要求される強度特性を考慮し、CrMo鋼(JIS SCM440)鍛造材を使用した。

## 2.3 C.P.C 鑄造

C.P.C 鑄造条件は、肉盛材の成分組成とならんでロールの特性を決める重要な因子である。冷延ワークロールの製造においては、無欠陥であることと、肉盛層の成分、組織の均一性を確保することに主眼を置き、下記の項目を重点的に管理した。

(1) 注入温度

(2) 母材および溶湯を加熱する2つの誘導加熱コイルの投入電力量<sup>3)</sup>

(3) 母材表面のコーティング(配合と塗布厚さ)<sup>3)</sup>

(4) C.P.Cの引き抜き条件(1回当たりの引き抜き幅、引き抜きサイクルタイム)

これらの条件を調整して、肉盛材の母材への完全溶着を確保し、全周・全長にわたる溶込深さの一様化、凝固組織の微細・均一化をはかった。

## 2.4 熱処理

肉盛材が含有するC、Cr、Mo、V、W、Coの多元組成の特質を活用して、二次炭化物の析出を制御し、マトリックスの微細化と安定化をはかるために、焼準および3回の焼戻し処理を行った。

その結果、硬さHsD90~92のロール素材を製造することができた。マイクロ組織をFig. 1に示す。

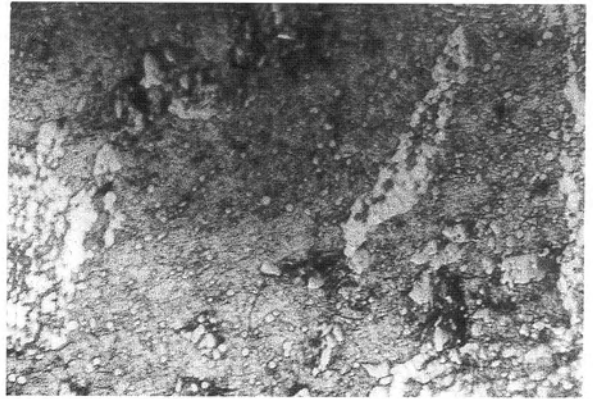
## 2.5 加工

高炭素ハイス鋼は切削性、研削性に難点があるが、当社ではウイスキー強化セラミックス工具および超微粒アルミナ砥石によって、最終的にロール胴部表面平均粗さ $Ra \leq 0.3 \mu m$ を確保している。

以上の製造方法によって、現在(H7.11)までに4セットの冷延ワークロールを製造し、実機使用に供してい



100 μm



25 μm

Fig.1 Microstructure

る。製品ロールの外観をFig. 2に示す。

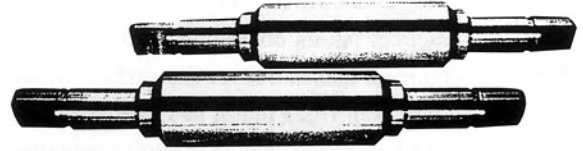


Fig.2 View of cold strip mill work roll by C.P.C

## 3 C.P.C冷延ワークロールの使用結果

開発製造したC.P.Cプロセスによる冷延ワークロールをTable 2のミルで実機使用した。使用に際しては、従来ロールである鍛鋼ロールとのペア使用による耐久性比較試験、およびC.P.Cロールをペアにして使用し、ロール表面状況、板状況を調査しつつ、通板量を増大し、耐用限界を確認する試験等を行った。

Table2 Outline of mill and roll

Mill type	4 High reverse mill
Stand number	1 Stand
Roll size	$\phi$ $\phi$ 380 × 1259.6 <sup>1</sup> × 3003 L
Hertz' stress Pmax	1.05~1.18GPa

### 3.1 鍛鋼ロールとの耐用比較試験

C.P.Cハイスロールの耐摩耗、耐肌荒れ性を鍛鋼ロールと比較するために、両者をペアにして使用した。通板量は、鍛鋼ロールが耐用できる最大長さ(通常は約330km)として、557km長さを圧延した。両ロールについて、圧延前後のロールプロフィール(摩耗量)、表面粗さ(平均粗さRa、最大粗さRmax)を測定した結果をFig. 3、ロール表面外観をFig. 4に示す。

この結果、冷延ワークロールとしてのC.P.Cハイスロールと鍛鋼ロールの耐用特性には大きな差異があることが判明した。すなわち、

(1) C.P.Cハイスロールの摩耗量は非常に小さく、特に、エッジ摩耗が鍛鋼ロールに比べて著しく軽微である。

(2) C.P.Cハイスロールの表面粗さは、Ra、Rmaxともに圧延前、後の差が少なく、Fig. 3の場合、むしろ圧延後の方が表面粗さが大きくなっている。一方鍛鋼ロールでは、圧延後の表面粗さが著しく小さくなっている。この特性は、冷延ミル全般の鍛鋼ロールに共通の欠点であり、使用中の表面粗さの減少がスリップ等の要因となり、圧延性の阻害とロール事故発生の原因になる場合もある<sup>6)</sup>。この点から、C.P.Cハイスロールの表面粗さ特性は極めて注目すべき特長であると考えられる。

(3) 圧延後のロール表面外観によると、C.P.Cハイスロールの表面肌は良好で、エッジ部の肌荒れも発生していない。鍛鋼ロールでは、前述のごとく、表面粗度の低

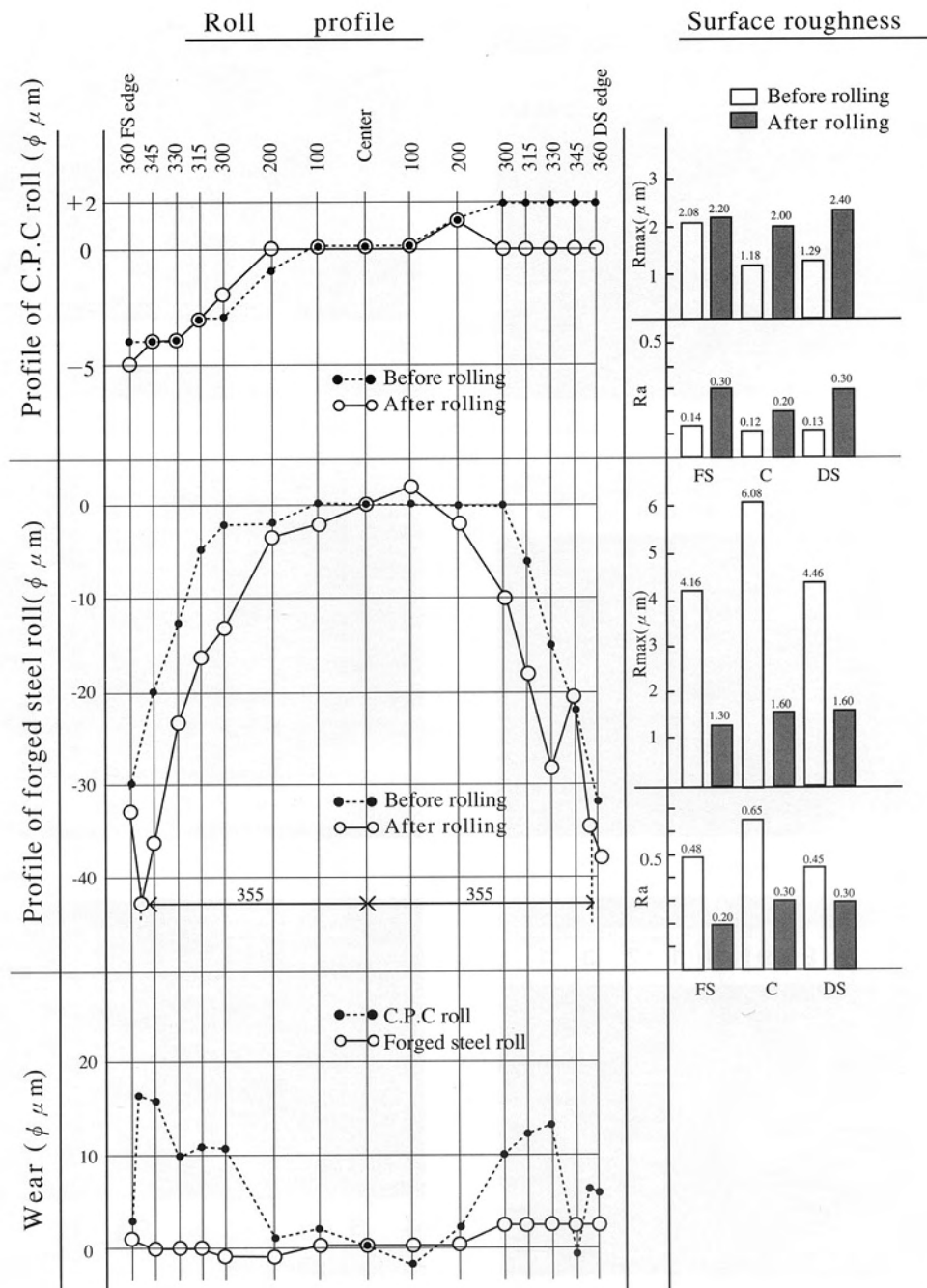


Fig.3 Comparison of roll profile and surface roughness between C.P.C roll and forged steel roll



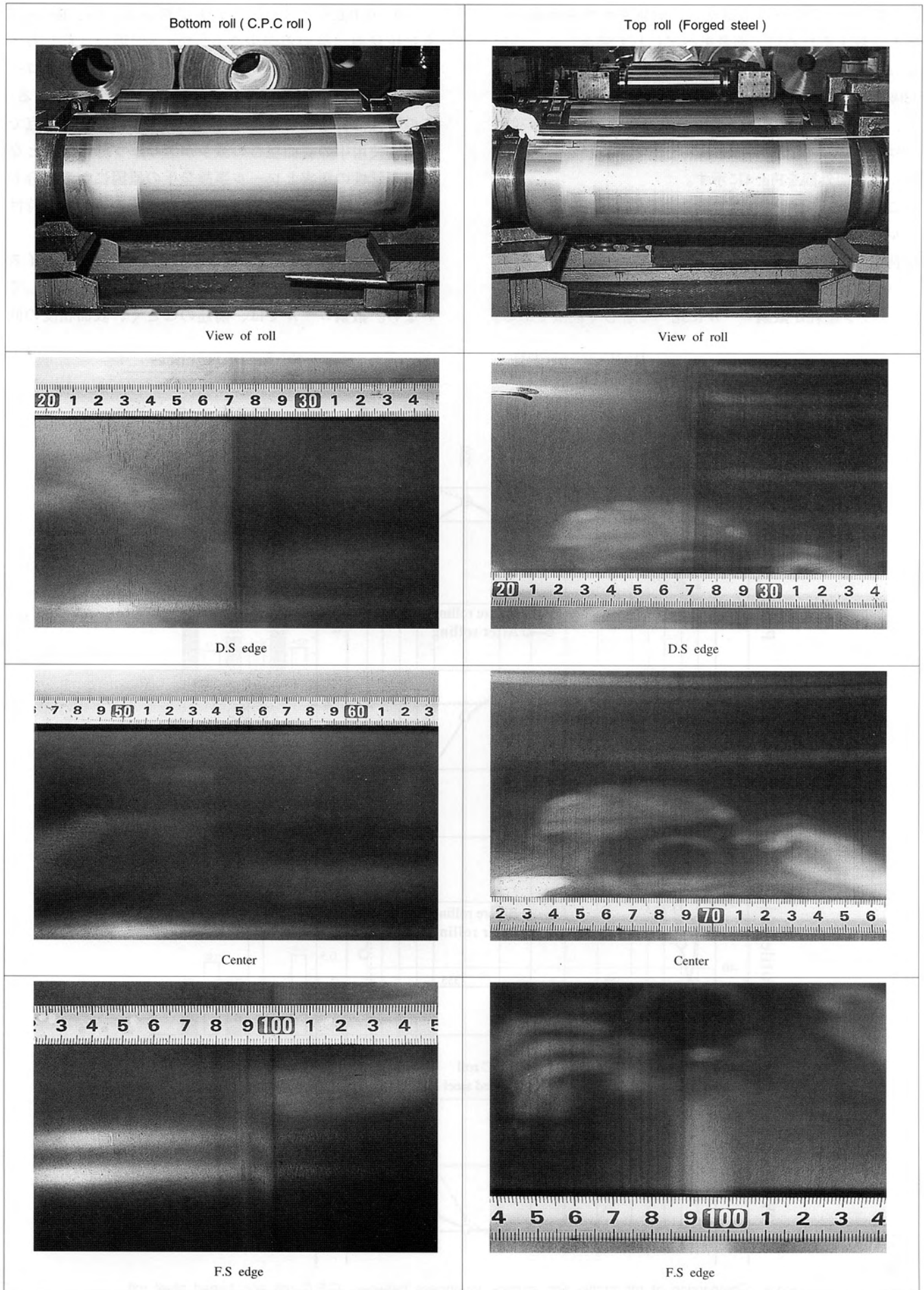


Fig.4 View of roll surface after rolling ( 557 km )

下から鏡面状態に達しており、また、他の圧延チャンスの例であるが、Fig. 5に示すようなスジ庇が発生する場合もある。これに対して、C.P.Cハイスロールの表面肌は均一である。

なお、C.P.Cハイスロールの通常量の圧延に先立ち、通板性（噛込み性、通板中のスリップ有無、通板速度確保可否、反りの傾向、焼付き等）を確認したが、特に問題はなかった。

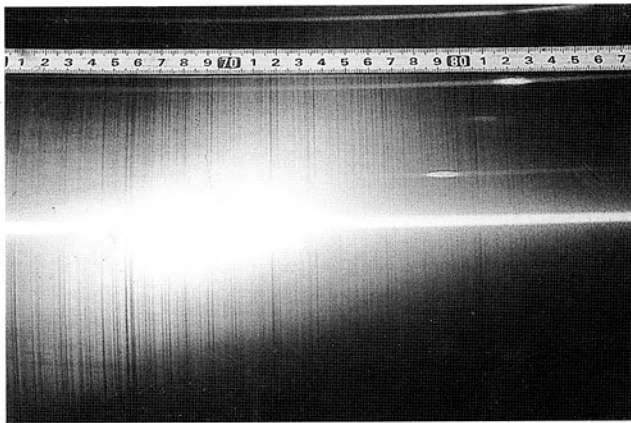


Fig.5 Scratch in forged steel roll after rolling 423 km

### 3.2 C.P.Cハイスロールの通板量増加試験

C.P.Cハイスロールを冷延ワークロールとして使用した結果、耐摩耗性、耐肌荒れ性が良好であることから、限界通板量を把握する試験を行った。試験は2回実施し、1回目は、通板長さ890km（途中559kmでロール摩耗、肌荒れを調査し、さらに331km追加通板）、2回目は、通板長さ1223km（途中891kmで同様に中間チェックし、さらに332km追加通板）の通板を行った。

2回目のロールプロフィール、摩耗状況をFig. 6に示す。また、表面粗さの変化はFig. 7のとおりである。この結果、通板量891kmから1223kmに延長することにより、エッジ部摩耗が進行しており、表面粗さも大きくなる傾向が認められる。ロール表面外観上は通板量増加による影響は見られなかった。

圧延上、通板長さ1002km程度以降、コイル耳波が発生する傾向がみられ、通板速度を下げていることから、C.P.Cハイスロールの通板限界長さは1000km、鍛鋼ロールの3倍の耐久性であることが判明した。その際の、エッジ摩耗深さは片肉4~5 $\mu$ mが限界と考えられる。

## 4 結言

冷延ワークロールの性能向上を目的として、連続注入クラッド法によるハイスロールの製造と実機適用を行った。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って、高炭素ハイス鋼を肉盛した、かたさHsD90-92の冷延ワークロールを開発、

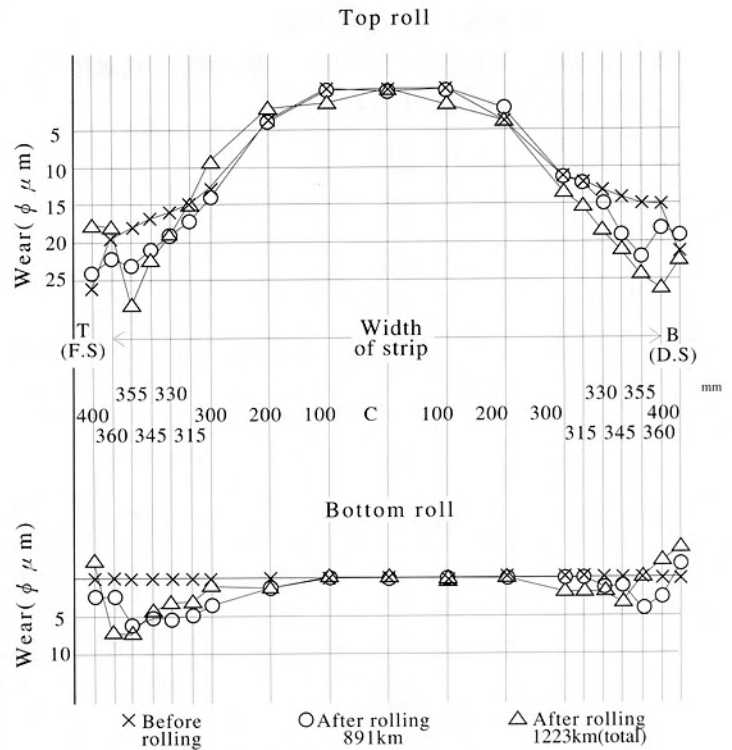


Fig.6 Roll profile after rolling 891km and 1223km

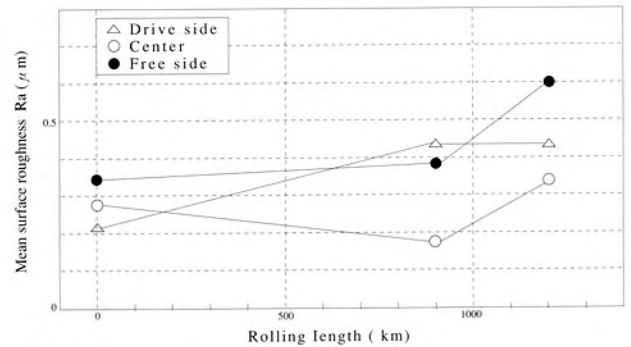


Fig.7 Surface roughness after rolling 891km and 1223km

製造した。

(2) このロールを実機使用し、従来の鍛鋼ロールとの間で耐久性を比較した結果、3倍の耐久性を有することを確認した。

(3) また、連続注入クラッド法によるハイスロールは、圧延によるロール表面粗さの低下（平滑化）が小さく、表面肌荒れ状況は均一でありムラが少ないことも明らかになった。

### 参考文献

- 1) 坂本眞一, 玉川 進, 津田篤信, 森高靖彦 : フジコー技報, No1 (1993), P.9
- 2) 坂本眞一, 玉川進, 齊藤弘道, 津田篤信, 山本厚生 : フジコー技報, No3 (1995), P.10
- 3) 坂本眞一, 齊藤弘道 : フジコー技報, No1 (1993), P.16

- 4) フジコー技報, No3 (1995), P.49
- 5) 鉄鋼基礎共同研究会・鉄鋼材料の摩耗部会：鉄鋼材  
料の摩耗 (1984.2), P.114
- 6) 同上 P.67

