

# 複合超硬ロール DUPLEX®の開発

Development of Composite Cermet Roll "DUPLEX®"

堀内満喜*	Maki Horiuchi
神谷欣宏*	Yoshihiro Kamitani
大畑拓己*	Takumi Ohhata
服部敏幸**	Toshiyuki Hattori

外層の超硬系材と内層の鋼が金属接合された、複合スリーブ組立式ロールの開発を行った。胴長の短い超硬リングを側圧で軸に固定する従来の方法に比べ、本複合ロールは次のような利点がある。焼嵌めやキーによる軸への固定が可能であり、軸とのすべりに対する信頼性が向上した。胴長の長い超硬スリーブが製造できるため、カリバー数の増加や広幅材の圧延が可能になった。本ロールを線材、棒鋼および平鋼圧延などに適用し、好評価が得られている。

New composite cermet roll, consisted with metallurgically bonded cemented carbide outer layer and steel inner layer, has been developed. Comparing with the conventional mono block type ring rolls assembled with steel shaft, this new type has the following benefits;

Shrink fitting and/or key-lock system can be employed to fix the ring roll to the shaft, which is much more reliable than conventional system.

Longer barrel size, even full barrel length, is possible, consequently much more number of calibers can be engraved and wider sized products, such as flat bars or strips can be rolled. This new type of rolls are being used in several actual rolling mills successfully.

## ① 緒言

線材および棒鋼圧延分野における高品質化、低コスト化のニーズに対応して、ハイスロールの導入などのロール耐久化を進めてきたが十分とはいえない<sup>1)</sup>。そこで耐摩耗性と強靱性に勝れた超硬に着目した<sup>2)</sup>。

超硬ロールは、鋳鉄系ロールに比べ耐摩耗性が飛躍的に勝れ、線材圧延、棒鋼圧延の仕上列スタンドを中心に使用されてきた<sup>3)</sup>。このような超硬ロールは、超硬製単体リングを鋼の軸に側圧で固定した形で使用されるのが一般的であり、中間スタンドなど高熱負荷と高トルクがかかる用途には、熱亀裂や軸とのすべりの問題があるため適用が困難であった。また圧延に使用可能な超硬部分の長さが300mm程度以下に制約されるため、胴長全体を有効に圧延に使用することができなかった。このような、従来ロールの問題点を解消するため、鋼を内層に用いた新しいタイプの複合超硬ロールの開発を行った。

## ② 従来技術の問題点

図1に在来の超硬組立ロール構造の模式図を示す。一般に硬質材料は、引張応力存在下では亀裂が進展しやすく、熱亀裂などで容易に破壊するため、焼嵌めや内面テーパ押し込み法内圧のように円周方向の引張応力が作用

する軸との固定には適していない。また、切り欠き感受性も高いため、キーによる軸との固定も適当でない。従ってこのようなロール材質の場合、ロールに圧縮応力が作用する形で軸材に固定される側圧固定方式が最も一般的である。しかし、このような、側圧式の組立方法も次のような問題点がある。

- ・側圧付与のための油圧ナットや皿バネを軸に嵌める必要があるため、組立構造が複雑である上、圧延に使用できるロール長さが制限される。
- ・軸への固定の信頼性が低く、圧延使用時にスリーブが軸に対してすべる危険性がある。
- ・ロール稼働時の昇温により熱膨張率の小さな超硬スリーブに引張応力が生じる。

## ③ 複合超硬ロールの特長

図2に複合超硬ロールの構造模式図を示す。このロールの構成は次の通りである。

- ・外層の超硬材を内層の鋼と金属接合させた複合スリーブを軸に焼嵌めて組み立てる構造としている。
- ・スラストリング、側圧バネは不要であり、ロール胴長全体を超硬で構成することができる。

このような複合超硬ロールの使用上の主なメリットは次のようにまとめられる。

\*\* HITACHI METALS AMERICA

\* 日立金属株式会社 若松工場

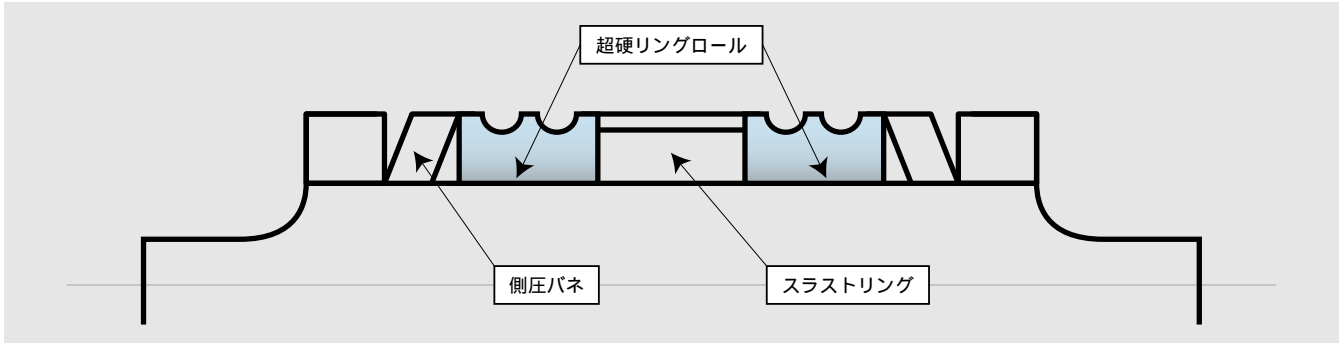


図1 従来超硬組立ロール構造図

Fig. 1 Schematic figure of conventional Tungsten Carbide Roll mounting system

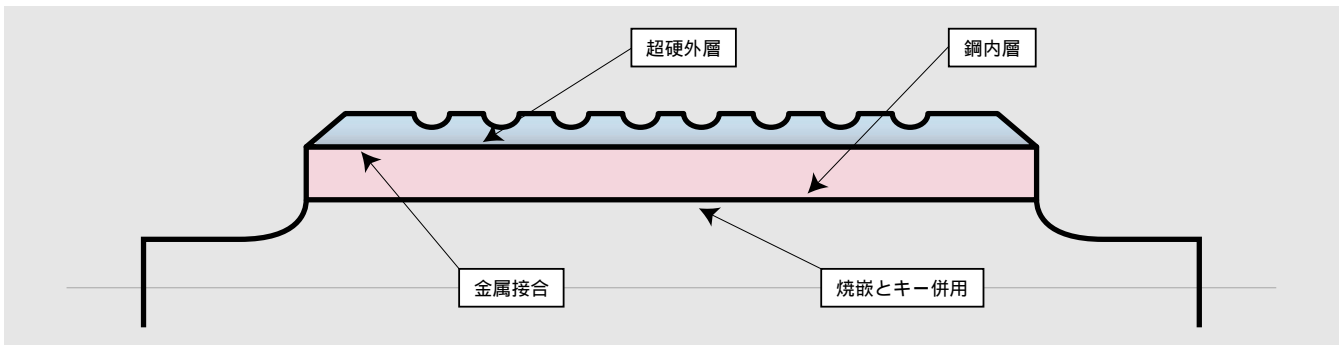


図2 複合超硬ロール構造図

Fig. 2 Schematic figure of Composite Cermet Roll mounting system

- ・スリーブロールの内面は、伸びのある鋼を用いているので、焼き嵌め率を大きくとることができ、かつキー溝加工も可能で軸とのすべりに対する信頼性を大幅に向上できる。
- ・ロール胴長全体を圧延に使用できるので、1本のロールでカリバー数が多く取れ、また広幅の圧延材の圧延も可能である。
- ・外内層材の熱膨張率の差を利用し、ロール外表面に圧縮の残留応力を付与でき、ロール表面からの熱亀裂の発生と生成を抑制できる。

#### ④ 複合超硬ロールの製造技術

このような複合超硬ロールの製造での最大の技術課題は、外層超硬と内層鋼の接合である。超硬と鋼の接合に関する研究は、過去数多くなされてきており<sup>4)</sup>、主として次のような課題があげられている。

- ・外層超硬と内層鋼の熱膨張率差による、ロール破壊の排除。
- ・外層超硬と内層鋼との必要にして十分な接合強度の確保。

今回の複合超硬ロールにおいて、これらの課題とその対応について、以下に述べる。

##### (1) 外内層の熱膨張差によるロール破壊

超硬材の線熱膨張率はおよそ $6 \times 10^{-6}$  1/Kに対し、鋼はおよそ $12 \times 10^{-6}$  1/Kで、このように熱膨張率の大きく異なるものを接合する場合、加熱冷却過程において接合部からの剥離、外層・内層割れが生じる。また、圧延時の温度上昇にて、熱膨張の大きな内層鋼の膨張によって、最

も弱い接合部付近に生じる引張応力により外層超硬スリーブが割損するリスクが生じる。

本開発の複合超硬スリーブでは、このような製造時の接合部からの境界剥離などについては、外内層の熱膨張差を制御することによって問題を解決してきた。

また外層に適切な圧縮残留応力を付与するよう制御する(-400 ~ -200MPa)ことにより、圧延使用時の熱亀裂の防止を図っている。

##### (2) 接合部の強度確保

高炭素を含有する外層超硬と鋼を金属接合する際、炭素の活量差により炭素が外層側から内層側に拡散移動する。炭素の移動により、接合部付近の超硬系材質の炭素が低下し、低炭素炭化物である相が出現する<sup>5)</sup>。この相が超硬系材質内に発生すると機械的性質が著しく低下し、十分な接合強度が得られない(図3)。

複合超硬ロールの製造においては、外層・内層間の接合部を特殊な構造にすることにより、炭素の拡散移動を抑制し、相のない接合部を得ることに成功した。このことにより高い接合部強度を得ることができた(表1参照)。

表1 複合超硬ロール接合部強度

Table 1 Bending strength of the Boundary part

条件	接合強度 (MPa)	相
直接接合	400 ~ 500	あり
複合超硬ロール	1,000 ~ 1,400	なし

接合部を中心に4点曲げ試験にて測定

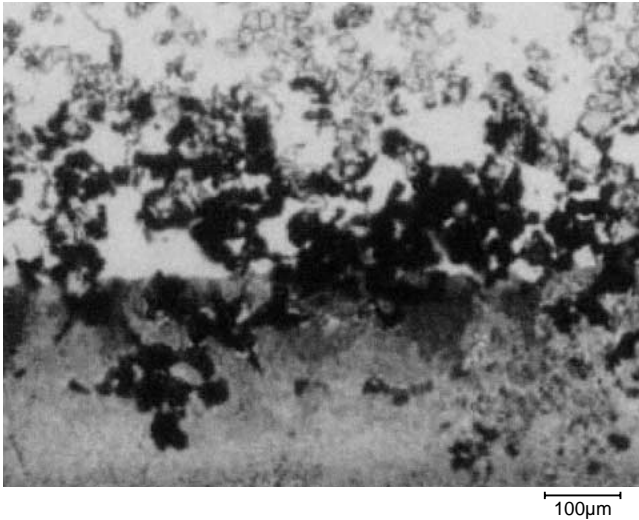


図3 相の生成例

Fig. 3 Microstructure of Boundary with  $\gamma$ -phase  
 (写真中黒点が  $\gamma$ 相、灰色はWC)  
 (black part :  $\gamma$ -phase, grey part : WC)

### ⑤ 複合超硬ロールの特性

図4, 5に, このようにして得られた複合超硬ロールと複合スリーブ接合部の外観写真を示す。

表2には, 複合超硬ロールの特性をまとめて示す。外層は超硬の機械的性質を持ち, 硬さなどの材質特性の選択範囲も超硬同様である。内層は, 合金鋼で高強度, 高靱性材を有する。

### ⑥ 実機への適用結果

このような, 複合超硬ロールは, 棒鋼, 線材, および平鋼などの実圧延に使用されており, 顧客より好評を得ている。表3にその使用例, 図6には, 圧延後の肌外観例を示す。

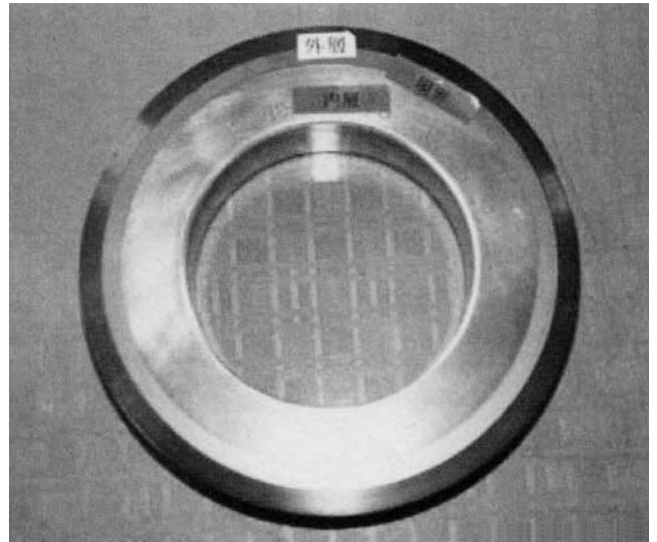


図5 接合部外観

Fig. 5 A cross-sectional view of Composite Cermet Roll

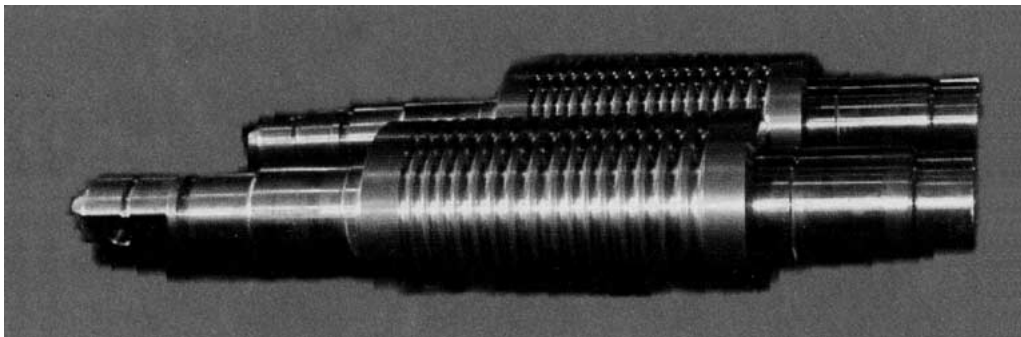


図4 複合超硬ロール外観

Fig. 4 Composite Cermet Roll

表2 複合超硬ロール特性値

Table 2 Mechanical Properties of Composite Cermet Roll

外層 (超硬)					
材質記号	硬さ (HRA)	破壊靱性値 (MPa mm <sup>3/2</sup> )	抗折力 (MPa)	特徴	主な用途
DP10	80 ~ 81.5	2,000以上	23 ~ 28	耐亀裂性 ↑ ↓ 耐摩耗性	線材・棒鋼 中間スタンド
DP20	81 ~ 82	2,100以上	22 ~ 25		線材・棒鋼 中間スタンド
DP30	82 ~ 83	2,100以上	19 ~ 22		線材・棒鋼 中間スタンド
DP40	83 ~ 84	2,200以上	17 ~ 20		線材・棒鋼 中間~仕上スタンド
DP60	84 ~ 85	2,300以上	16 ~ 19		平鋼用 仕上スタンド
内層 (鋼)					
硬さ (Hs)		抗折力		引張強さ	
38 ~ 45		320MPa		640MPa以上	

⑦ まとめ

超硬外層と鋼内層とを金属接合させた複合超硬ロールを開発した。

この技術は、従来の超硬ロールの弱点であった、ロール有効胴長の制限、複雑で信頼性に乏しい組立構造を克服する画期的な製法である。ロール材として、究極とも言える超硬による圧延分野を飛躍的に拡大できる可能性を、本技術により着実に具現化していきたい。

参考文献

- 1) 福沢宏, 大末卓也, 沖津俊夫, 内田憲正: 日立金属技報, 10 (1994), 81
- 2) 佐野義一: 日立金属技報, 17 (2001), 17
- 3) 三宅雅也, 下瀬敏意, 荻原幸太郎: 塑性と加工, 23 (1982), 945
- 4) 河野顕臣, 日置迫, 田口啓二, 中江秀雄: 溶接学会論文集3-1 (1985), 104
- 5) 宮腰康樹, 高澤幸治, 田頭孝介: 粉体および粉末冶金45 (1988), 111

表3 適用例

Table 3 Application Examples

用途		顧客	スタンド	ロールサイズ
線材		A	12	胴径 290 ~ 380mm  胴長 500 ~ 800mm
			13	
			14	
			15	
		B	16	
C	14			
棒鋼	D	E	仕上前	
	D10	F	仕上前	
	D13	G	仕上前	
	D16	H	仕上前	
	D10		仕上前	
	D16-25	J	仕上前	
	D16-25	K	仕上	
D19-25	L	仕上		
平鋼	M	仕上		

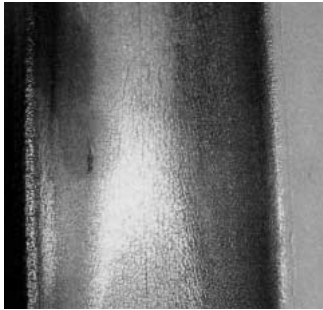
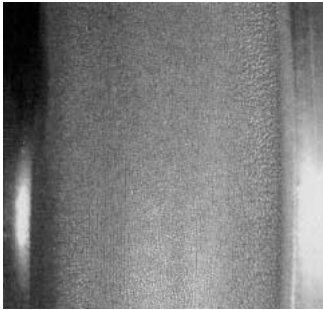
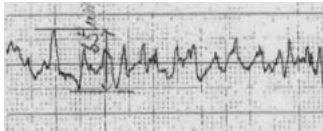
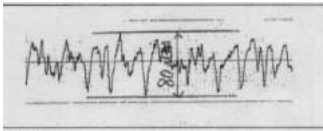
	A社: 線材 中間	D社: 棒鋼 仕上前
圧延量	4,000ton (1kal当たり)	6,500ton (1kal当たり)
圧延肌		
摩耗量	(測定限界下限にて測定できず)	0.15mm
粗度		

図6 圧延後ロール肌の外観

Fig. 6 Roll Surface Examples after Rolling