

連続注入クラッド法による棒鋼ミル用複合スリーブロールの開発

Development of Composite Sleeve Roll for Bar 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

要旨

当社開発の連続注入クラッド法 (C.P.C) によるハイス複合スリーブロールを開発し、異形棒鋼圧延ロールに適用した。クロムモリブデン鋼の母材に、高炭素ハイス鋼を肉盛した硬さHs 80~90の複合スリーブを、廃却ロールから加工したアーバに、焼嵌め率0.6~1.0/1000で嵌合し、複合スリーブロールを製造した。このロールを異形棒鋼ミルの中間~仕上前スタンドに使用した結果、従来ロールの3倍以上の耐久性を確保できた。特に、スリット方式ミルの"サクラ"および"ピーナツ"カリバーにおいて、スリット位置決め突起部およびスリット部の耐久性が著しく向上した。

Synopsis:

A composite sleeve roll with a high speed steel outer layer has been using the continuous pouring process for cladding (C.P.C) developed by our company, and the roll has succeeded in rolling deformed bars. The composite sleeve was clad in a high carbon high speed steel (HsD 80~90) on a Cr - Mo steel (core), and the composite sleeve roll was manufactured by fitting the composite sleeve to an arbor machined out of a disposal roll with a shrinkage fitting ratio of 0.6 - 1.0/1000. The durability of the roll, obtained from intermediate and pre-finishing stands of deformed bar mills, is more than 3times as compared with the conventional roll. Especially to the calibers which are similar to "Sakura (cherry blossom)" and "Peanuts" in shape in slit system mills, the durability at the protruding portion of slit positioning and the slit portion was markedly improved.

1 緒言

当社の創出によるクラッドプロセス、連続注入クラッド法 (以下C.P.C法と略す) が熱延¹⁾²⁾ および冷延帯鋼³⁾、棒鋼・線材、形鋼⁴⁾、鋼管等の圧延ロールに適用され、非常に良好な結果をおさめている。

本プロセスによれば、ロール内部 (芯材) を強靱鋼とすることによって、外層に高炭素多元系合金 (高炭素ハイス鋼) をクラッドした場合でも、折損、割損などの事故を防止することができる。

これらのC.P.Cハイスロールは、従来、母材 (芯材) を中実強靱鋼材 (SCM440など) とし、その胴部に高炭素ハイス鋼をクラッドした、中実複合ロールとして製造してきた。しかし、当社は

このたび、芯材が強靱鋼であるというC.P.Cプロセスのもっている特長を最大限に生かす目的で、C.P.Cによる複合スリーブを製造し、アーバに嵌合するスリーブロールを開発し棒鋼ミルに適用した。これは、複合スリーブにおいて、①肉盛層 (ハイス層) は改削量とカリバー深さを確保する必要があり、肉盛層と内層 (強靱鋼) の境界はかなり内部になること。②一方、スリーブ内径は必然的にロールの軸径より大きくなければならぬことから、複合スリーブの内層厚さが小さくなってくが、この内層材質が強靱鋼であれば、製造中ならびに使用中に割損などの発生を防止できることに着目したものである。

複合スリーブロールは、生産性および歩留向上による、製造コスト低減も大きなねらいである。スリーブにおいては、

C.P.C部分が胴部のみのため、1チャージから複数本採りが可能であり、最終的に、ロール価格を大幅に低減することができる。また、廃却ロールをアーバとして転活用でき、かつ、繰り返し使用できることも、ロール価格低減に寄与する。

棒鋼ミル用複合スリーブロールは、現在、順調に使用されており、以下に、製作仕様（材質、形状の設定検討）、製造法、および使用結果を報告する。

2 製作仕様

2.1 ロール材質

C.P.Cによる肉盛層の材質は、複合スリーブロールにおいても、一体複合ロールと全く同一の高炭素ハイス鋼とすることが可能である。これによって、スリーブロールにおいても、従来のC.P.Cロールと全く同一の耐用を確保できる。Table 1にロール材の成分組成および硬さを示す。肉盛材質とその成分値、硬さは、適用スタンドに要求される耐摩耗性、耐肌荒れ性を考慮して決定する。

Table 1 Roll material and hardness

	Material	Chemical composition (wt %)						Hardness Hs
		C	Cr	Mo	V	W	Co	
Shell	FKC701	1.6~2.4	3.5~7.0	4.5~8.0	4.5~8.0	3.5~7.0	—	80~85 or 85~90
	FKC704	1.6~2.4	3.5~7.0	4.5~8.0	4.5~8.0	3.5~7.0	< 2.0	
Core	SCM440	0.38~0.43	0.90~1.20	0.15~0.30	—	—	—	40~45
Arbor (Discard roll)	—	Nickel-grain cast iron or ductile cast iron						
Arbor (New)	SCM440	0.38~0.43	0.90~1.20	0.15~0.30	—	—	—	40~45

2.2 ロール構造

複合スリーブロールは、C.P.Cプロセスで製造した全胴長一体スリーブ（分割なし）を焼嵌めで嵌合する方式から着手した。アーバは、①廃却ロールの胴部を旋盤加工する場合と、②新作する場合を選択できる。①の場合は、廃却ロールの軸部形状および表面損傷を測定検査し、再使用可否を判定する。②の新作アーバは以後、最低3回は繰り返し使用可能と考えており、十分調質した材料を使用する。Fig.1にロール構造を示す。

2.3 ロール寸法

(1) 肉盛層厚さ

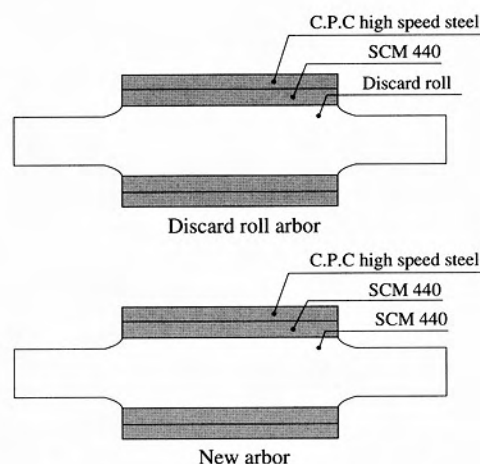


Fig.1 Shapes of composite sleeve roll

肉盛層厚さは、

$$[\text{新製胴径} - \text{廃却径}] / 2 + \text{孔型深さ} + \text{廃却時残存肉厚} \quad (\text{原則 } 10\text{mm})$$

で決定する。通常、肉盛層厚さは、30~40mmである。

(2) アーバ径（スリーブ内径）

アーバ径は、ロールの軸部径を考慮し、上述（1）による境界径との関係で、強度上優れているスリーブ内層の厚さが十分確保できるように決定する。アーバ径は大で、スリーブ内層厚さも大きいことが理想であるが、実ロールでは、アーバ径は、軸部径によってほとんど決定されてしまうことが多く、要求される境界径によっては、スリーブ化が不可能な場合も少なくない。

(3) 焼嵌め代

焼嵌め代は、ロールに加わる圧延荷重の最大値、圧延中のスリーブとアーバの温度差等から決定する。通常0.6~1.0/1000の範囲である。

3 複合スリーブロールの製造

複合スリーブの製造においてC.P.C素材製造は従来の一体複合ロールとほぼ同一である^{1) 4)}。ただ、母材（SCM440）は、製品スリーブの内径によって、厚肉鋼管か、丸鋼のBTA加工材かを選定するが、母材がスリーブ材であることは、中実母材と異なり、C.P.C時の溶着、溶込深さの調整や、熱処理時の焼準処理などで、適正条件範囲が拡大する利点がある。

Fig.2に、一例として、廃却ロールをアーバとした場合の製造工程を示す。

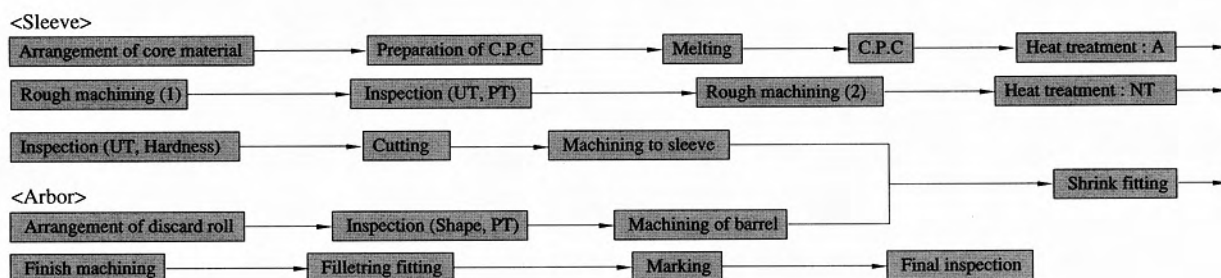


Fig.2 Production process of C.P.C composite sleeve roll

4 複合スリーブロールの実機使用とその結果

4.1 適用ミル

複合スリーブロールは、現在、主に異形棒鋼圧延用ミルの中間～仕上前スタンドに適用している。その要因は、

- (1) 全体的な耐摩耗、耐肌荒れ性向上のニーズのほかに、孔型形状によっては、高度の耐摩耗性を要求されるスタンドがあり、ハイス材の適用でメリットが生ずること
 - (2) ロール胴径と軸部径の径差が大きいことスリーブ肉厚が大きくとれる形状のロールが多いこと
 - (3) 圧延荷重が100トン以下で、スリーブ焼嵌め方式が適していること
 - (4) ロール価格の低減に対する強いニーズがあること
- などによる。

異形棒鋼圧延用ミルには、連続式(2本通し以上)とスリット方式(スリットにより分割)がある。スリット方式のミルは、中間スタンドまで、1本通しで圧延し、仕上スタンドの直前でスリットロールにより2分割し、2本通しで仕上圧延を行う方式であり、設備投資額が小で、かつ生産性を確保できるミル形式と評価されている。Fig.3にスリット方式による異形棒鋼圧延のカリバー形状を示す。(ここで、スタンドNo.は、ミルによって異なるため、便宜上、仕上ミル(F)を基準に遡って-1、-2…と付した。)

この中で、特に問題となるのは、通称"サクラ"と呼ばれるスタンド(Fig.3のF-4)と、同じく"ピーナツ"と呼ばれるスタンド(Fig.3のF-3)である。前者では、Fig.4のA部の突起が圧延材に凹みを作り、次のスタンドで2分割する位置を決めている。この部分が摩耗すると、分割の位置ずれが生じ、スリット以降の製品重量に差が出ることから、耐摩耗性が特に重要となる。

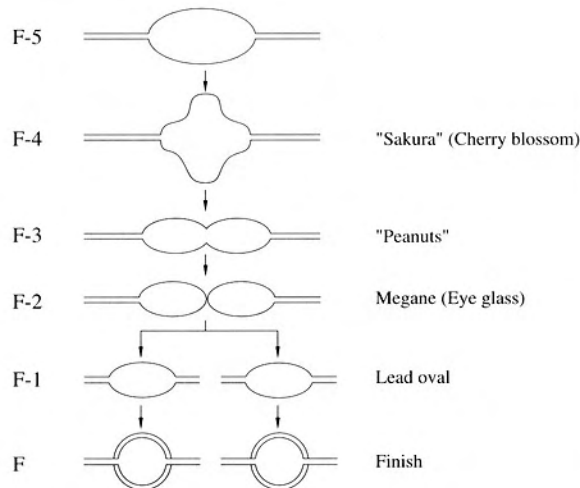


Fig.3 Caliber of deformed-bar rolling mill (Slit type mill)



Fig.4 Important point of caliber "Sakura"

一方、後者では、スリット部の摩耗、欠けがスリット機能そのものに影響するため、耐摩耗、耐欠損性が要求される。

C.P.C複合スリーブロールは、仕上スタンドを除く、Fig.3のすべてのスタンドに使用されている。仕上スタンドは、現在、ほとんどのミルで、従来のニッケルグレン、チルドロールから超硬ロールに切替えられている。

4.2 使用結果

C.P.Cハイス複合スリーブロールは、各スタンドで従来ロール(ニッケルグレン鋳鉄ロールおよびダクタイル鋳鉄ロール)の3倍以上の耐久性をおさめている。以下、カリバー"サクラ"と"ピーナツ"の結果の一例を示す。

ロール形状をFig.5に示す。

(1) カリバー"サクラ"

従来のニッケルグレンロールの3倍(3直圧延)を圧延

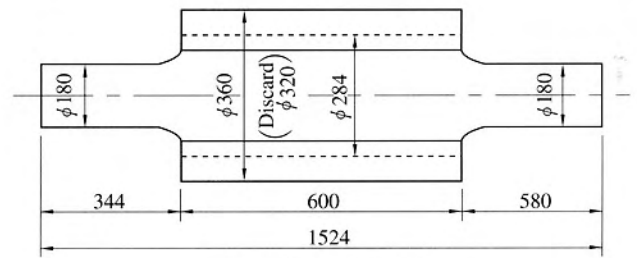


Fig.5 Shape of roll

した時点での、カリバー"サクラ"の摩耗プロファイルを、圧延前と比較してFig.6に示す(製品D16)。カリバー底部が若干摩耗しているが、Fig.4のA部の凹み部が明瞭に残存しており、C.P.Cハイスロールの優位性を示した。従来ロールでは、この1/3(1直圧延)で凹部が消失している。

なお、別のカリバーにおける、圧延途中のカリバー形状変化を測定した結果をFig.7に示す。

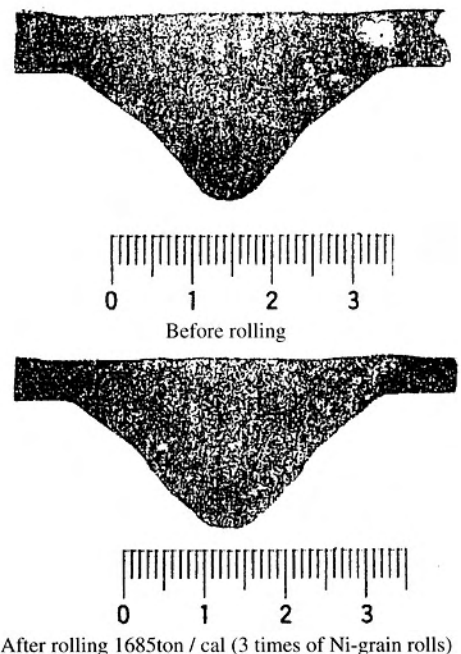


Fig.6 Caliber profile before and after rolling at Caliber "Sakura" (D16)

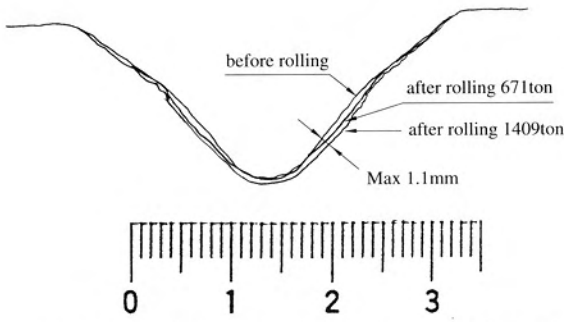
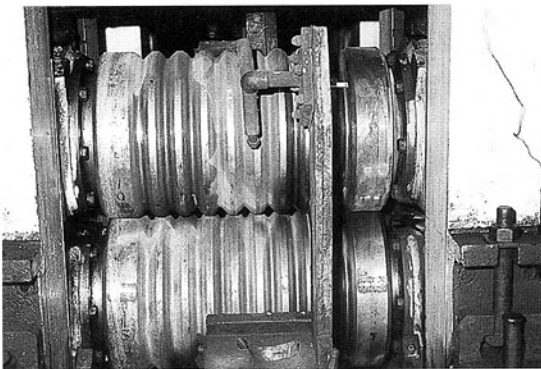
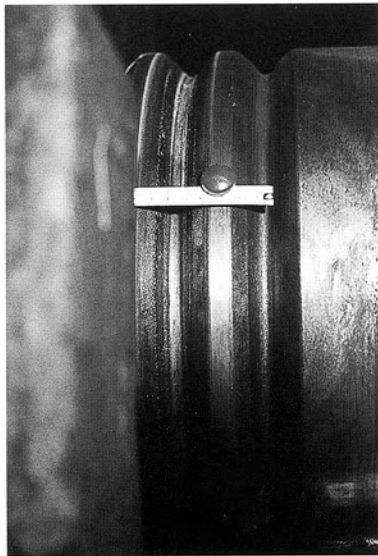


Fig.7 Change of profile by rolling at caliber "Sakura"

また、圧延後のロール肌荒れ状況をFig.8に示す。肌荒れ発生はなく、ヒートクラック、焼付き、スジ疵ともに発生しておらず、非常に良好であると評価されている。



View of roll



Surface view of caliber

Fig.8 Roll surface of caliber "Sakura"

最後に、このカリバーは、全カリバーの中で最も深さが大で、かつカリバー底がノッチになることから、カリバー底の割れ、割損が生じる場合があった。特に、ハイス系の単体スリーブを使用した例では、高強度であっても、低靱性のため、カリバー底から分割割損する事故が発生している。これに対し、C.P.Cによる複合スリーブロールは前述の事故は皆無である。C.P.C素材の母材SCMが、安全性を格段に高めていると考えているが、どの程度の厚さがあ

れば十分かなど、その理論的解析は今後の課題である。

(2) カリバー "ピーナツ"

スリットカリバーである、カリバー "ピーナツ" の圧延前、後の摩耗プロファイル比較をFig.9に示す(製品D16、上記Fig.7の圧延と同時に使用したロールである)。スリット部の摩耗量は少なく、カリバー全体がほぼ均一に摩耗していることを示している。

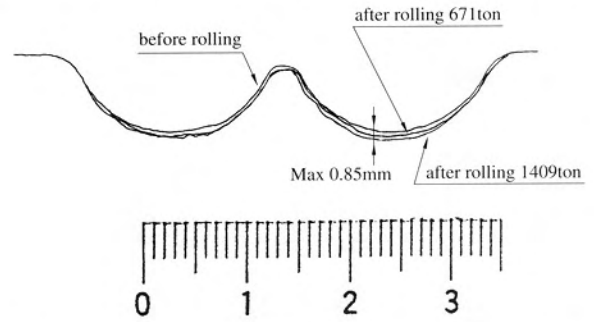
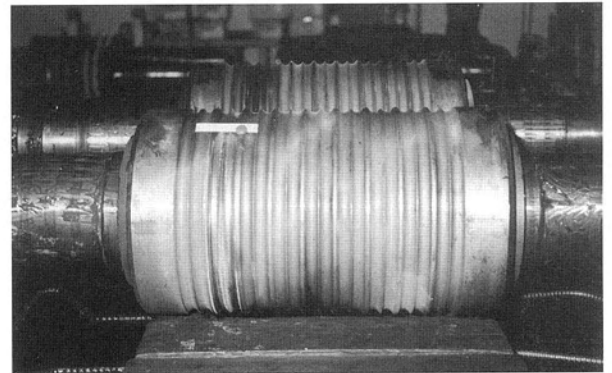
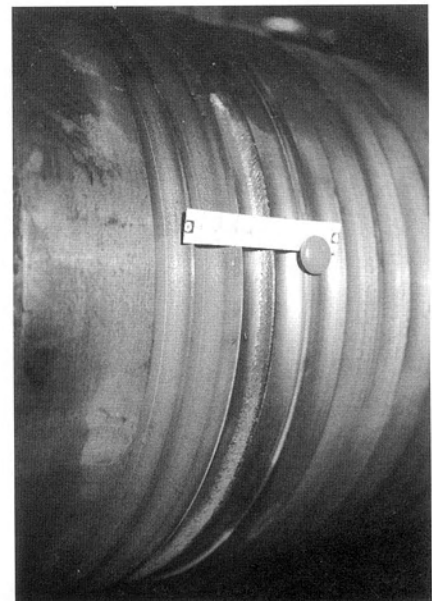


Fig.9 Change of profile by rolling at caliber "Peanuts" (D16)

また、圧延後のロール外観をFig.10に示す。前述のカリバーと同様、圧延後のロール肌は良好であり、スリット部の欠け落ち、ヒートクラック、焼付き、スジ疵などは発生していない。



View of roll



Surface view of caliber

Fig.10 Roll surface of caliber "Peanuts"

以上、特にカリバー"サクラ"と"ピーナツ"について、使用結果を報告したが、これらはいずれも某ミルにおける使用結果であり、このミルでは他社のハイス系ロールも使用されている。C.P.Cハイスロールは、これら、他社製ハイスロールと比較しても、良好な結果をおさめている。

5 結論

芯材が強靱鋼であるという、C.P.Cプロセスの特長を生かして、異形棒鋼圧延用複合スリーブロールを開発、使用した。その結果は以下の通りである。

(1) C.P.Cプロセスによって、肉盛層が高炭素ハイス鋼(FKC701、704)内層がクロムモリブデン鋼(SCM440)の複合スリーブを製造し、アーバに焼嵌め嵌合したロールを製作した。硬さはHs 80~90、焼嵌め率は0.6~1.0/1000である。

(2) この複合スリーブロールを、異形棒鋼圧延ミルの中間~仕上前スタンドで使用し、各スタンド共、従来のニッケルグレン、ダクティル鑄鉄ロールの3倍以上の耐久性を

確認した。

(3) 特に、スリット圧延方式のミルにおける、"サクラ"と"ピーナツ"の各カリバーにおいて、C.P.C複合スリーブロールは極めて良好な結果をおさめた。即ち ① "サクラ"においては、圧延素材の二分割スリット位置を決めるロール突起部の摩耗が小さいため、圧延材の形状、重量のバラツキを防止できること ② "ピーナツ"においては、スリット部の摩耗が少なく、欠け落ちもないため、本来のスリット機能が大幅に改善されること、が確認できた。

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, 山本圭太郎, 山本厚生: フジコー技報No.4(1996), p.20
- 3) 坂本眞一, 斉藤弘道, 津田篤信: フジコー技報No.3(1995), p.15
- 4) 坂本眞一, 斉藤弘道: フジコー技報No.1(1993), p.16

