

株式会社フジコー
商品技術部
部長

高性能冷間圧延用 CPC ロールの開発状況

Development Situation of High Performance CPC Rolls for Cold Strip Mill

博士（工学） 姜 孝京
Hyo-Gyoung Kang

1. 緒言

冷間圧延プロセスの変化や新圧延機の導入など冷間圧延分野における環境変化と共に自動車用鋼板分野の軽量化ニーズによる超高張力鋼の適用比率拡大、また、電気自動車の普及増加に伴い駆動モーターに使用される電磁鋼板の生産量の増加により、ロールに求められる性能として、圧延規制の大幅な緩和、スケジューリングフリー圧延の実現など大幅な改善が求められている。そこで、当社は世界で初めて独自技術で開発した連続鑄掛鑄造法である CPC（Continuous Pouring process for Cladding, 以下 CPC と称する）工法を用いて高性能冷間圧延ロールの開発に着手したのでその開発状況について述べる。

2. 冷間圧延ワークロールのニーズと課題

図 1¹⁾に連続冷間圧延 6 ハイタンドেমミルの概要を示す。標準的ロールサイズはワークロールの場合 $\Phi 300\sim 600$ で、中間ロールは $\Phi 450\sim 610$ である。ロールの高性能化には高合金化で多量の硬質炭化物を晶出する材質系を圧延材が接触する外層材に適用するのが有効であり、それとともに高い圧延荷重に耐用できる高強度内層材をもつ複合構造のロールが必要である。この複合ロール製造においては、高合金外層材と高強度内層材の複合構造を実現可能な当社開発の CPC 工法が適している。²⁾ 1970 年代の冷延タンドেমミル連続化以来、圧延途中での臨時ロール組換度が減少し、ロールの肌荒れや粗度低下による圧延量の規制が起きた。

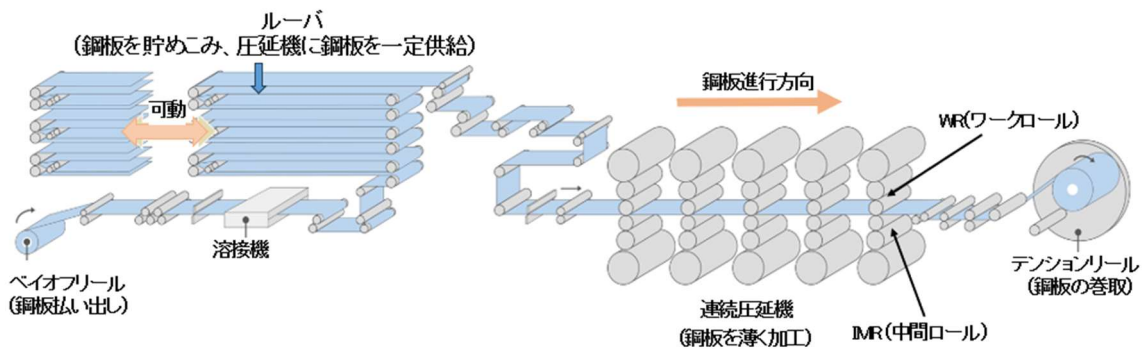


図 1 連続冷間圧延ラインの概要¹⁾

表 1 冷延ワークロールに要求される主な必要特性と開発目標

区分	開発目標値
耐摩耗性(粗度維持性)	5%Cr鍛造ロール対比4~5倍以上
	初期径硬度(HS90~95)、廃棄径硬度(HS88以上)
耐事故性	5%Cr鍛造ロールと同等以上の外層材機械的性質
	5%Cr鍛造ロール以上の耐押し疵性
加工性(研削性)	研削加工時間(5%Cr鍛造ロール対比2倍以下)
	耐熱安定性(例えば、放電ダル加工熱により硬度低下無し)
胴部表面組織均一性	5%Cr鍛造ロールと同等レベル
ロール強度	5%Cr鍛造ロールと同等レベルの軸部強度

表 2 開発材の組織構成と製造プロセス特性比

区分		5%Cr鍛造鋼 ³⁾	CPC開発新材質
組織構成	炭化物	M ₂ C	MC、M ₇ Ca、M ₂ C
	基地	マルテンサイト	マルテンサイト
結晶粒径サイズ(μm)		約400	≤100
硬さ		800HV(HS90) ≤	800HV(HS90) ≤
適用製造(casting)法		ESR+鍛造	CPC
凝固速度		3~5mm/min	15~25mm/min
熱処理	焼入れ	漸進低周波表面誘導加熱	電気抵抗炉一体式加熱
	焼戻し	≤473K	753K ≤

現在、冷間圧延ロールとして主流である鍛造ロールは3%から5%Crへ高合金化され、その後、さらなる高性能化を目指して遠心铸造製の高クロム铸铁や鍛造セミハイス、CPCハイス等が試用されたが、5%Cr鍛造ロールの代替材として普及せず現在に至っている。当社においても1994年頃にCPC工法を駆使したハイス材の冷間圧延ワークロールが開発²⁾し、従来の鍛鋼焼き入れロールに比べて1回の圧延量を3倍に増大できるほか、摩耗量も1/4倍に減少し、かつ圧延後の表面粗さ変化が非常に少ないなど、CPCハイスロール特有の効果を得たが、その後研削課題などの理由で普及までには至っていない状況である。そこで、表1に示す様な開発目標値を定め3~5Cr%鍛鋼製冷延ワークロールの代替可能なCPCロールの開発に着手した。

本稿では、先ず表1を満足できることを基本に新材質の最適な合金設計を行い、新しいCPC冷延ロールを開発したので、現在までの公開できる範囲内での開発状況について紹介する。

3. CPC冷間圧延ロール開発材の特性

開発新材質については、粗度保持性の向上を主目的として、CPC工法の最大特徴である強制冷却による緻密な凝固組織の発現の利点と合わせて、微細で強固な基地組織上に、特殊添加元素の複合添加効果による結晶粒微細化処理と共に硬質炭化物の均一微細化分散を狙った最適の合金設計を適用した。

紙面関係上マイクロ組織の詳細観察結果は省略するが、開発新材質を用いた実ロールサイズ(≒φ500)でのCPC铸造を行い、目標通りのM₂C及びM₇C₃を主体とする硬質炭化物面積率を有しかつ結晶粒サイズ100μm以下の緻密な組織が得られた。表2に5%Cr鍛造鋼と新開発材との組織構成と製造プロセス特性の比較結果を示す。

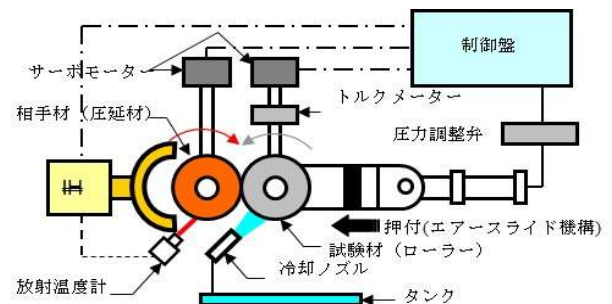
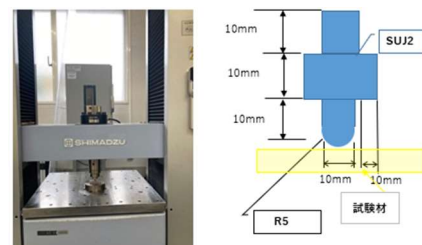


図2 接触型円筒摩耗試験機の概要
(常温試験 誘導加熱 (IH) は使用していない)



メーカー	SHIMADZU
最大荷重	80kN
押し込み速度	6mm/min, 12mm/min
保持時間	10s
試験材材質	開発材(≒HS90) & 鍛鋼ロール材(≒HS90)
試験材サイズ	50mmX25mmX10mm
押し込み材材質	SUJ2(≒HS80-90)

図3 耐押し込み疵性試験機概要
(マイクロストレインテスト)

表 3 開発材の機械的性質、物性及び性能比較結果

区分		5%Cr鍛造鋼 ³⁾	CPC開発新材質
硬さ		800HV(HS90) ≤	HS90~95
機械的性質	圧縮強度(MPa)	3000	2890~2950
	引張強度(MPa)	920	886~911
	破壊靱性値 (MPa・m ^{1/2})	20	23~25
物性値	線膨張係数 (×10 ⁻⁶ /°C)	11.3	10.0
	ヤング率 (GPa)	214	220~221
耐摩耗性	アブレッシブ摩耗比(摩耗減量)	1	1/5
	接触型円筒摩耗比(摩耗減量)	1	1/4
耐押し疵性	マイクロストレインテスト(疵深さ)	1	1/1.2
研削性	研削加工時間	1	1~2

次に、表 1 に示した冷間圧延ロールに求められる要求特性と開発目標値を満足しているかを検証するために、先述の実サイズ CPC 試作ロールからリング試験片を採取後所定の熱処理を行い、ミクロ組織の確認、機械的性質の評価、耐摩耗性、耐押し込み疵性及び研削性について調査を行った。表 3 の特性評価の中で、耐摩耗性および耐押し込み疵性の性能比較のために用いた試験装置の概略を図 2 と図 3 に示す。

表 3 に、従来の 5%Cr 鍛鋼材³⁾ と CPC 開発新材質の比較結果を示す。外層部の硬さは外層全域において目標としたビッカース硬さ 800HV 以上の高硬度が確保できた。機械的性質を見ると、圧縮強度と引張強度はほぼ同レベルであるが、破壊靱性値は CPC 開発材が約 1.2 倍優れておりスポーリング発生のような耐事故性面においても CPC 開発材が優位であると判断できる。熱的物性値としては、線膨張係数及びヤング率ともに従来の 5%Cr 鍛鋼と大差がないことから、クラウン等のロールセット条件や圧延条件の大幅な変更は特に必要ないと思われる。耐摩耗性については、CPC 開発材はアブレッシブ摩耗比と接触型摩耗比がそれぞれ 5 倍及び 4 倍以上優れる結果を示しており、最適な合金設計による硬質炭化物の微細均一分散の相乗効果の現われであると推察できる。研削性については、従来材と比べて当初開発目標の加工時間 2 倍以内に抑えることを確認できた。

耐熱安定性については新開発材の焼き戻し温度 500°C であること、また耐押し疵性テストにおいても同一荷重において凹み深さが 20~35%の小さいことが確認できた。機械的性質以外にも試作ロールを用いてスチールショットダル施工を行い表面模様(偏析)の問題がないことも確認できた。上記の機械的性質並びにダル施工評価結果から本開発品は冷延ワークロールに求められる特性と開発目標を満たしていると推定している。

4. 結論

最適な合金設計を通じた新開発材を用いて当社独自の CPC 製造技術により、今回紹介した CPC 新開発材の冷間圧延ロールは、従来の 5%Cr 鍛鋼ロールに比し、冷延ロールとしての必要特性を満たし、実運用上支障のないと思われる研削性と 3~4 倍以上の高い耐摩耗性(粗度維持性)を具備した冷間圧延ロールであると確信できる。次回の報告では、新開発材ロールに対して実際の圧延適用結果について報告する予定である。

参考文献

- 1) https://www.tmeic.co.jp/product/steel/cold_rolled/
- 2) 坂本、斎藤、津田：フジコー技報 tsukuru No.2(1994)34
- 3) 田中、橋本、小家、大友、綾垣、井上、山下：新日鉄技報、第 376 号(2002)74