
鑄造ロール研究 10 年の歩み

Recent Activities in Research of Casting

小関 智也(Tomoya Koseki)

要旨：

新しい熱間圧延用ワークロールである高速度工具鋼系ロール（ハイスロール）の開発を主体に，(1) Nb-V 複合添加による均質性・経済性に優れたハイスロールの遠心鑄造法での製造技術，(2) 共晶炭化物を増量し，圧延荷重の増大を抑制した前段スタンド用ハイスロール，(3) Cr, Mo の著しい増量で炭化物自体を強化し，耐肌荒れ性を著しく向上させた新型高性能ハイスロールの開発の考え方とロール使用特性を紹介した。

Synopsis：

Kawasaki Steel succeeded in producing various types of high speed steel (HSS) rolls by centrifugal casting process. The manufacturing concepts of the developed rolls and its characteristics have been summarized, as follows: (1) The addition of Nb makes the compound carbides of (V, Nb) C, which have similar specific gravity to the residual molten steel, and enables to produce a high wear resistance roll with uniform distribution of (V, Nb) C. (2) The increase in the volume of carbides is effective in suppressing the increase in rolling load. (3) The increment of tough carbides enriched with Cr and Mo remarkably improves the wear resistance and surface deterioration resistance of rolls.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

Recent Activities in Research of Casting



小関 智也
Tomoya Koseki
技術研究所 鋼管・鋳
物研究部門 主任研究
員(課長)

要旨

新しい熱間圧延用ワークロールである高速度工具鋼系ロール（ハイスロール）の開発を主体に、(1) Nb-V 複合添加による均質性・経済性に優れたハイスロールの遠心鑄造法での製造技術、(2) 共晶炭化物を増量し、圧延荷重の増大を抑制した前段スタンド用ハイスロール、(3) Cr, Mo の著しい増量で炭化物自体を強化し、耐肌荒れ性を著しく向上させた新型高性能ハイスロールの開発の考え方とロール使用特性を紹介した。

Synopsis:

Kawasaki Steel succeeded in producing various types of high speed steel (HSS) rolls by centrifugal casting process. The manufacturing concepts of the developed rolls and its characteristics have been summarized, as follows: (1) The addition of Nb makes the compound carbides of (V, Nb) C, which have similar specific gravity to the residual molten steel, and enables to produce a high wear resistance roll with uniform distribution of (V, Nb) C. (2) The increase in the volume of carbides is effective in suppressing the increase in rolling load. (3) The increment of tough carbides enriched with Cr and Mo remarkably improves the wear resistance and surface deterioration resistance of rolls.

1 はじめに

熱間圧延技術は、圧延製品の品質向上および効率的生産の追及からめざましく進歩しており、その進歩に合わせて圧延用ワークロールも高性能化が図られてきた。近年では、国際競争力の維持・向上から、従来にも増して製品寸法や製品表面性状の厳格化、薄肉高合金品種の製造などの高品質・高級化の動きが活発になり、しかも、スケジュールフリー圧延、連続圧延を実現するための技術革新も進められるようになった。

このような状況にあって、より過酷な圧延に耐える優れた耐摩耗性と耐肌荒れ性を有する長寿命ロールの開発がこれまで以上に要望されるようになった。この要求に応える新しいロールとして、約 10 年前に高速度工具鋼に準じた高合金組成を外層材とした複合ロール、いわゆるハイスロール (high speed tool steel roll) が開発された^{1,2)}。ハイスロールは、基底に硬い MC 型炭化物（主に V や W 炭化物）をもち、耐摩耗性が著しく向上したロールであるが、遠心鑄造法では初晶として晶出する V 炭化物が遠心分離して偏析するため製造が困難とされ、主として連続鋳掛け肉盛り法 (continuous pouring process for cladding, CPC) と呼ばれる高価で特殊な方法でハイスロールの製造がなされた。

当社では、熱間圧延用ワークロールの主流となるハイスロール

(HSS ロール) に研究の主題を絞り、(1) 経済性に優れた遠心鑄造法での HSS ロール製造、(2) HSS ロール使用時の圧延荷重増大の抑制、(3) 耐肌荒れ性を著しく向上させた新しい HSS ロールについて開発を行ってきており、鑄造ロール研究 10 年の歩みとして以下に概略を紹介する。

2 遠心鑄造法による HSS ロール製造技術

高 C- 高 V 組成の高速度工具鋼系高合金を遠心鑄造した場合、**Photo 1** に示すように圧延に使用される凝固殻の内面側に粒状の V 炭化物が存在し、外面側は羽毛状の V 炭化物になるという炭化物組織の偏析が生ずる。この偏析は、**Fig. 1** に示すように凝固初期に晶出した比重の小さな初晶 VC が遠心力で凝固殻の内側に偏析するという現象に起因しており、この遠心分離を抑制するためには、(a) V 炭化物と溶湯の比重差を小さくする、および (b) V 炭化物と γ の晶出温度を近づけて V 炭化物が遠心分離する時間的余裕をなくすることが有効になると考えられる。上記観点で研究を進めた結果、(a) に関しては、Nb 添加で初晶 VC を (V, Nb) C 複合炭化物として比重を増大させ、かつ、溶湯比重を増大させる W は鑄造ロール材の耐摩耗性への影響が小さいことから添加が必須でなく、W 無添加として偏析の原因となる比重差は低減できることが明らかになった。また、(b) に関しては、Nb, V および C 量の調整で MC 型炭化物と γ の晶出温度差を小さくすることも可能であることが判明した。すなわち、Nb の適量添加をはかり、HSS ロールで必須とされ

* 平成10年10月28日原稿受付

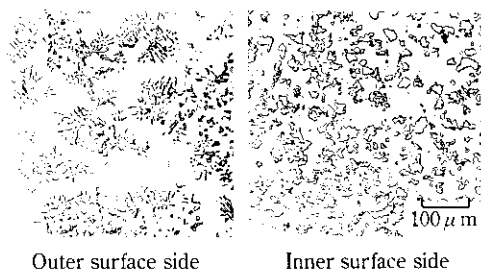


Photo 1 Typical example of segregation of carbide in a centrifugal cast roll of high C - high W type alloyed steel

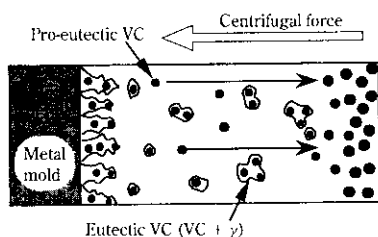


Fig. 1 Segregation mechanism of V carbide in inner surface side of a high C - high V steel roll during centrifugal casting

た W を無添加とし、C-Nb-V 量バランスを考慮した組成にすることで、比重差に起因した遠心鋳造時の組織偏析は解消できる見通しが得られ、遠心鋳造法での HSS ロール製造が実現・工程化された^{3,4)}。遠心鋳造法によるハイスロール製造技術に対し、1993 年に日本金属学会より技術開発賞が授与された。現在、本開発 HSS ロールは、ホットストリップミルの後段用ワークロールとして多数の製造実績がある。

3 圧延荷重低減型 HSS ロールの開発

開発当初の HSS ロールを熱延仕上げ前段ミルで使用した場合、従来の高 Cr 鋳鉄ロールに比べて圧延荷重が 2~3 割増大し、ミル圧延条件が制限されたり、スケール疵を誘発するなどの問題が発生した。高 Cr 鋳鉄材およびハイス材の熱間摩耗試験後の摩耗表面観察結果を Photo 2 に示す。高 Cr 鋳鉄は基底がアブレッシブ摩耗して共晶炭化物が浮き出た比較的なだらかな隆起をもつ表面なのに対し、ハイス材では粒状の MC 型炭化物が突起し、ミクロ的に鋭い

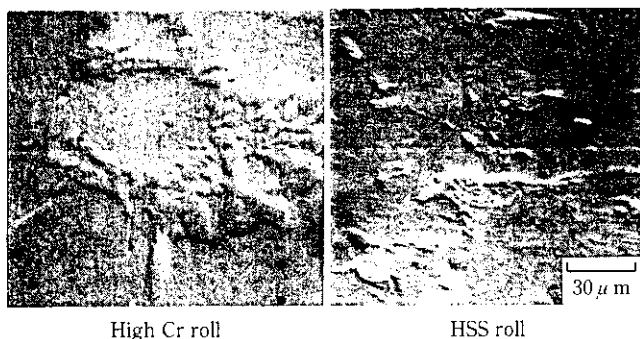


Photo 2 SEM images of wear surface of high Cr and HSS type alloyed steels after hot wear test

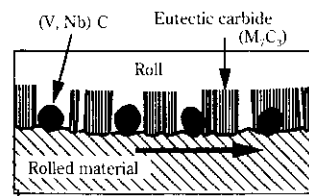


Fig. 2 Illustration of roll surface with low frictional resistance

凹凸のある表面であることがわかる。ハイスロールでの圧延荷重の増大は、ロール表面の凹凸によって圧延材との摩擦係数が増大することに起因すると考えられる。つまり、圧延荷重の増大を抑制するには、ロール摩耗表面の平滑化をはかることが効果的であることがわかる。ここで、ロール摩耗表面の平滑化を達成するには、基底を著しく強化するか、あるいは Fig. 2 に示すように準硬質相である共晶炭化物を増量して MC 型炭化物間の基底のアブレッシブ摩耗を抑制すればよいことになる。

当社では、共晶炭化物の増量に着目した研究を行い、共晶炭化物量と摩擦係数の関係、共晶炭化物量と添加元素量の相関関係および炭化物量と耐摩耗性の関係などの基礎的実験結果を踏まえ、C, Cr, Mo の複合添加・増量によって硬質な M_7C_3 型共晶炭化物の増量を図った圧延荷重低減型 HSS ロールを開発した⁵⁻⁷⁾。新組成 HSS ロール (HSS2 ロール) の圧延荷重は従来の前段用高 Cr 鋳鉄ロールと同等にまで低減し、耐摩耗性は従来 HSS ロール (HSS1 ロール) よりも優れることが確認された。熱延仕上げ前段ミル用ワークロールとして、多用されている。

4 耐肌荒れ性を著しく向上した高性能 HSS ロールの開発

前段スタンド用ワークロールの欠け落ちや肌荒れは、製品品質に重大な影響を及ぼす。ロール表面の微小欠け落ちが炭化物の亀裂・割れに起因するため、炭化物自体の損傷を抑制することがロール特性の向上に有効である。耐摩耗性におよぼす C, Cr と Mo 添加量および炭化物量の影響を Fig. 3 に示す。Cr と Mo の適量複合添加で、耐摩耗性は著しく向上することがわかる⁸⁾。炭化物の組成分析や摩耗試験後の炭化物損傷の電子顕微鏡の観察から、Cr, Mo の増量によって、MC 型および M_7C_3 型炭化物中に Cr と Mo が濃縮し、炭化物組成・構造自体が変化し、炭化物が強硬化されたため耐摩耗性が向上したと推察できた⁹⁾。C, Cr および Mo 添加量の増加で炭化物自体を強化し、かつその強固な炭化物を増量することで耐肌荒れ性に優れた新しい前段用 HSS ロールの開発が期待できることにな

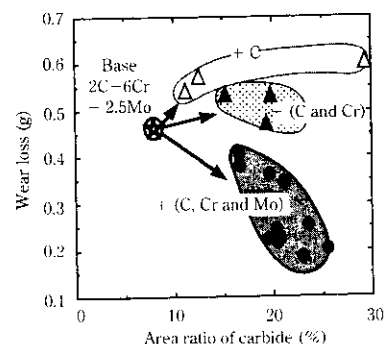


Fig. 3 Effect of area ratio of carbide on wear resistance

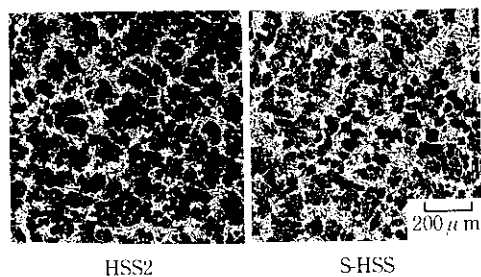


Photo3 Micrographs of a developed and a newly developed centrifugal cast HSS rolls

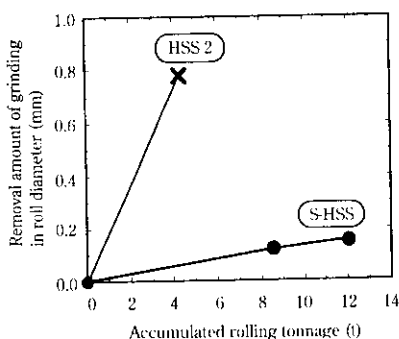


Fig. 4 Comparison of surface deterioration and rolling tonnage

る。C, Cr および Mo をバランスよく多量増量した新開発の高性能 HSS ロール (Super-HSS ロール, S-HSS) のミクロ組織を既開発ロールと比較して Photo 3 に、実機使用結果を Fig. 4, 5 にそれぞれ示す。Fig. 4 は、連続圧延量とロール肌修復に要する改削量 (= 疲労層×ピット除去のための改削量) の関係を示す。耐欠け落ち性

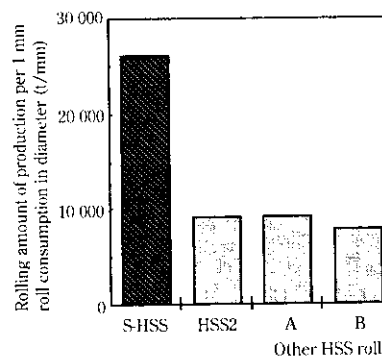


Fig. 5 Result of actual use at F1 stand in Mizushima Works

や耐ヒートクラック性が著しく優れて、良好なロール肌を維持できるため、連続圧延量を著しく拡大できることがわかった。ロール性能の指標となる t/mm、すなわちロール直径で 1mm 消耗する当たりに圧延できた製品重量は、Fig. 5 に示すように現行 HSS ロールの 3 倍近くにも増加し、格段に優れたロールパフォーマンスを有することが確認され、工程使用化が急ピッチに進められている。

5 おわりに

熱間圧延仕上げワークロールの主流となるハイスロールを対象を絞って説明したが、この他にも (a) ロール径方向での組織偏析を抑制した、いわゆるロール表面の猫足偏析を抑制した Ni グレン鑄鉄ロール、(b) 形鋼圧延用に良好な耐焼付き性と耐摩耗性を有した黒鉛品出アダマイトロール、(c) 鑄造ロールの耐摩耗性向上をはかるオーステンパ処理など鑄造ロールの品質向上に向け、絶えざる研究開発に取り組んできている。

参考文献

- 1) 佐野義一、村上文男、大島昌彦、服部敏幸、大畑拓巳：日立金属技報、**4**(1988)、91
- 2) 橋本光生、大友清司、吉田幸一郎、倉橋隆郎：製鉄研究、**338**(1990)、62
- 3) 片岡義弘、天野慶一、上田修三、宮井直道、新中博昌：金属学会会報、**32**(1993)4、223
- 4) 小関智也、片岡義弘、澤 義孝、市野健司、天野慶一、宮井直道：日本鉄鋼協会圧延ロール研究部会報告書、(1995)、67-74
- 5) 市野健司、片岡義弘、湯田浩二：川崎製鉄技報、**28**(1996)2、89
- 6) 市野健司、小関智也、豊岡高明、橋本忠夫、湯田浩二：材料とプロセス、**9**(1996)、1018
- 7) 小関智也、市野健司、中野善文、橋本忠夫：材料とプロセス、**10**(1997)、349-352
- 8) 市野健司、小関智也：学振鑄物第 24 委員会鑄鉄分科会第 62 回会議資料、258(1998)