

Photo 1 Typical example of segregation of carbide in a conventional centrifugal casting of alloyed steel

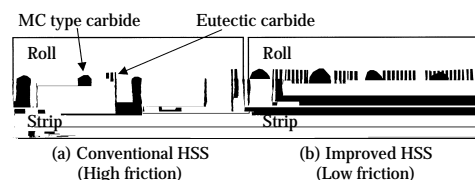


Fig. 2 Illustration of the cross section in the interface between strip and roll

された高C・高V系ハイス系ロール材に特有に発生するもので、偏析発生の仕組みを、図1の模式図に示すように、晶出した炭化物が残留鋼との比重の違いから溶鋼中を遠心分離の原理で移動することによって偏析が生じると考えられている。各種炭化物および合金元素金属の比重を、図1に示す。たとえばVCは溶鋼に比べて比重が著しく小さいため、遠心力でリングの内表面側に遠心分離されて偏析したと推察される。すなわち、耐摩耗性を向上させる粒状のV炭化物をロール使用層全域において均一に分布させたロールを遠心鑄造で製造することは、極めて困難であると考えられた。

上述の難題を克服し、遠心鑄造法でハイス系ロールを製造可能とするための研究⁴⁻⁸⁾を進めた結果、以下の方法でハイス材の耐摩耗性を損なうことなく遠心鑄造でも炭化物の偏析が防止できることを発見した。(1) Nbを適正量添加することで初晶VCを(V, Nb)C複合炭化物にし、炭化物の形態をほとんど変化させずに比重を溶鋼に近い6.5~7.0まで増大させる。(2) 残留湯の比重を高めて偏析を助長するMoおよびWの添加を限定する。ここで、Wはハイスロール材を構成する重要な元素の一つと考えられていたが、芯材に球状黒鉛鑄鉄を配した複合ロールに適用可能な条件を考慮した熱処理を実施した場合、Vの添加は耐摩耗性を著しく向上させるが、V添加のもとでのW添加の効果は小さく、適切な化学組成のもとではW添加は重要でないことが明らかになった。

以上の炭化物偏析対策を考慮した成分設計と熱処理の適正化を実

態から

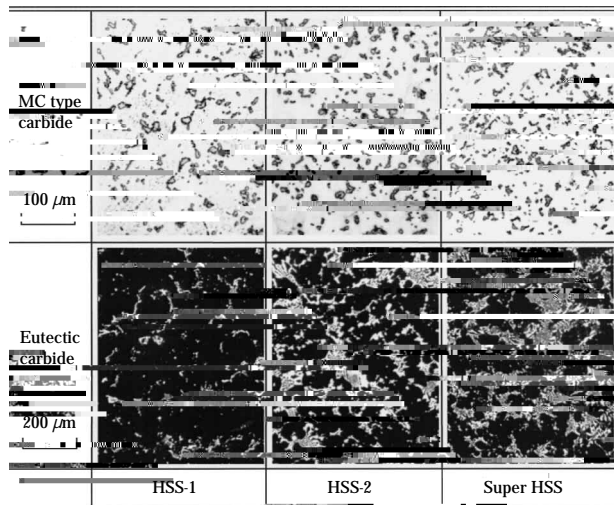


Photo 4 Microstructure of MC type carbide and M_7C_3 type eutectic carbide in developed HSS roll material

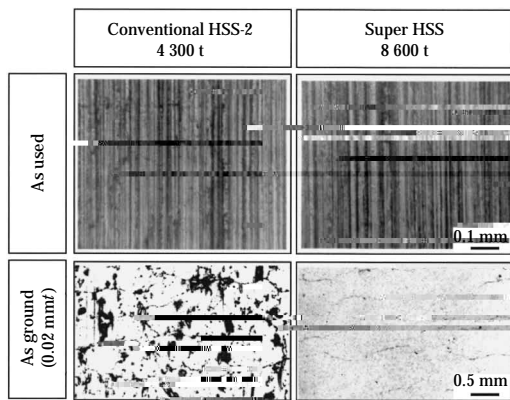


Photo 5 Comparison of damage on roll surface after usage

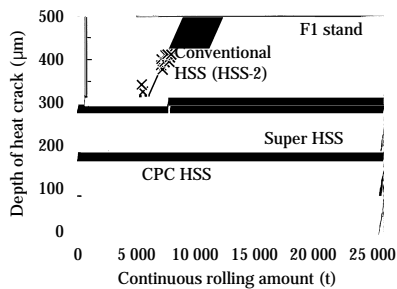


Fig. 5 Relation between rolling amount and the depth of heat crack in HSS rolls

後のロール表面の観察例を に示す。比較材として示す HSS-2 ハイスロールにはロール表面直下に無数のピット（微小欠け落ち）が発生しているのに対して、スーパーハイスロールは HSS-2 ハイスロールの 2 倍の 8 600 t を圧延しているにもかかわらず、ロール表面層のダメージは非常に小さいことが分かる。次に、圧延使用後のロール表面層に生成したヒートクラックの深さ（超音波で検出される研削すべき損傷域深さ）と圧延量との関係を に示す。圧延量に比例してヒートクラックは深くなる傾向がある。グラフの勾配が小さいほど耐肌荒れ性に優れることを示している。HSS-2 ハイスロールが圧延量 7 000 t で約 400 μm 深さのクラックが生成して

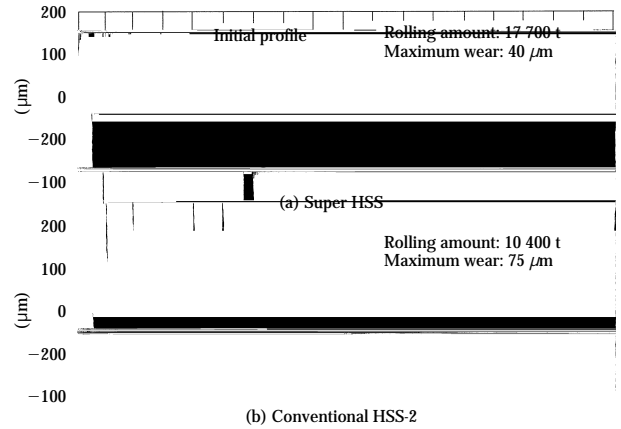
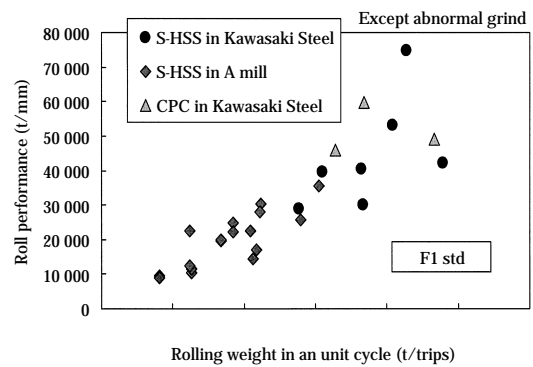


Fig. 6 Comparison of barrel profile on Super HSS roll and conventional HSS-2 roll



いるのに対し、スーパーハイスロールでは 25 000 t を圧延してもクラックの深さは 100 μm 以下であり、HSS-2 ハイスロールよりもロール表面層の損傷が極めて小さいことが分かる。また、同時期にテストした CPC ハイスロールとスーパーハイスロールとでは損傷の程度は同等である。

圧延使用前後のロールの軸方向プロフィールを に示す。圧延使用前後のプロファイルの差から摩耗量を読むことができる。従来のハイスロールの 2 倍近い量を圧延しているにもかかわらず、スーパーハイスロールは HSS-2 ハイスロールの約半分の摩耗量であり、耐摩耗性が極めて優れていることを示している。さらに、HSS-2 ハイスロールでは、圧延使用後のプロフィールの局所的な凹凸が大きいのに対し、スーパーハイスロールの摩耗部は非常に滑らかである。これは、上述したスーパーハイスロールの優れた耐肌荒れ性と対応するものである。

耐摩耗性の指標としてロール原単位：積算圧延重量 / ロール消費径 (t/mm) を用い、事故研削を除いた月間平均ロール原単位 (t/mm) と研削1回当たりに圧延した平均重量（ここでは圧延単位重量と呼ぶ）(t/trips) との関係を に示す。ロール原単位 (t/mm) は圧延単位重量 (t/trips) に比例して直線的に増大する傾向が認められ、圧延単位重量 (t/trips) を拡大しても研削量はほぼ一定であることを示している。スーパーハイスロールの耐肌荒れ性および耐摩耗性が優れているため、圧延単位重量 (t/trips) を増加でき、研削量の増大も抑制されている。従来の遠心鑄造ハイスロールの耐

摩耗性は 10 000 t/mm 前後であり、圧延単位重量 (t/trips) が小さい場合はスーパーハイスロールの耐摩耗性は従来ハイスロールと同等である。しかし、スーパーハイスロールの圧延単位重量 (t/trips) を増大させた場合には、従来ハイスロールの数倍の耐摩耗性が得られた。さらに、スーパーハイスロールを CPC ロールと比較しても同等の卓越した耐摩耗性が示された。

以上のように、 M_7C_3 型共晶炭化物を強化して開発されたスーパーハイスロールは、圧延使用時のロール表層の損傷が小さく、その結果、耐肌荒れ性および耐摩耗性が著しく改善され、優れた使用性能が得られることが分かった。

6 結 言

生産性に優れた遠心鑄造法による熱間圧延仕上げミル用ハイスロールの製造技術および材料開発をレビューし、さらに、スーパーハイスロールの卓越した使用性能について述べた。

M_7C_3 型共晶炭化物を強化して開発されたスーパーハイスロールを圧延に使用し、優れた耐肌荒れ性および耐摩耗性が示された。従来ハイスロールの数倍のロール原単位 (t/mm) が得られ、スーパーハイスロールでは卓越した使用性能が得られることが分かった。

参 考 文 献

- 1) 鍋田良作, 杉村幸彦, 佐野義一: 塑性と加工, (1995)417, 1128
- 2) 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, (1988), 91
- 3) 橋本光夫, 大友清司, 吉田幸一郎, 倉橋隆朗: 製鉄研究, (1990)338, 62
- 4) 片岡義弘, 天野虔一, 上田修三: *CAMP-ISIJ*, (1993)2, 509
- 5) 片岡義弘, 天野虔一, 金成昌平, 湯田浩二, 宮井直道, 新中博昌: *CAMP-ISIJ*, (1993)2, 510
- 6) 湯田浩二, 宮井直道, 新中博昌, 片岡義弘, 金成昌平, 佐藤隆三: *CAMP-ISIJ*, (1993)2, 511
- 7) 片岡義弘, 天野虔一, 上田修三, 宮井直道, 新中博昌: 金属学会会報, 2(1993)4, 223, (日本金属学会技術開発賞受賞)
- 8) 小関智也, 片岡義弘, 澤 義孝, 市野健司, 天野虔一, 宮井直道: 日本鉄鋼協会圧延ロール研究部報告書, (1995), 67-74
- 9) 野口 紘, 渡辺靖夫: 川崎製鉄技報, 1 (1987)3, 195
- 10) 市野健司, 片岡義弘, 湯田浩二: 川崎製鉄技報, 2 (1996)2, 89
- 11) 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, (1996), 1018
- 12) 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
- 13) 市野健司, 小関智也, 豊岡高明, 平岡 久, 片岡義弘: までりあ, (2000)2, 181, (日本金属学会技術開発賞受賞)
- 14) 金山太郎, 依藤 章, 瀬尾省逸, 松岡 聡: *CAMP-ISIJ*, 1 (2001), 455