高性能圧延機用新複合ロール

児玉英世¹⁾ 近藤保夫²⁾ 下村 修³⁾
鎌田俊夫⁴⁾ 吉岡 一郎⁵⁾

1. はじめに

鋼板圧延の技術分野では、板厚精度を中心とした製品品質の向上、高圧下圧延による生産性向上や省エネルギーなどに対する要求が近年ますます増大している。これらに対処するために、従来の4重式圧延機にかわる6重式圧延機が開発され実用化されている⁽¹⁾。図1は新しい圧延機を模式的に示したものであり、圧延鋼板の形状を制御するために中間ロールの板幅方向への移動とワークロールベンディングが行われる。

このようなタイプの圧延機に対しては、耐摩耗性、耐事故性、耐肌荒れ性にすぐれ、かつ曲げを受けることから高い軸強度を有するワークロールが必要になる。表面層と中心部でそれぞれこれらの性質を有するロールとしては従来から0.8%C-3%Cr系鍛鋼を中心とする一体焼入れロールが使用されているが、最近の被圧延材の高硬度化に対しては必ずしも十分ではない。

以上のような背景から、著者らは表面層を耐摩耗性、耐事故性などにすぐれた材料とし、中心層を強靱材とする複合ロールの開発に着手した。

2. 回転ESR法によるロール用複合鋼塊の製造法

(1) 複合鋼塊製造法の比較

複合鋼塊の製造法としては、遠心鋳造法、溶接肉盛法、エレクトロスラグ再溶解(ESR)による外層肉盛法などがあるが、どの方法が上述した圧延動向に対応でき

図1 新圧延機の概略。

* (株)日立製作所

1) 日立研究所主任研究員 2) 日立研究所技師

3) 勝田工場主任技師 4) 素形材事業部部長代理

5) 素形材事業部営業部長

New Composite Rolls for High Performance Rolling Mills; H. Kodama, Y. Kondo, O. Shitamura, T. Kamata, I. Yoshioka (Hitachi, Ltd.)

1990年1月23日受理

るロールの製造に適しているかを、表面層と中心層間の接合部の信頼性、材質の組み合わせに対する制限の有無、生産性の点から検討した。その結果をまとめると、遠心鋳造法では中心層を強靱材とすると、当然表面層よりも融点が高くなり中心層を鋳造した場合に表面層の厚みが不均一になったり、表面層と中心層の溶着が不十分になると予想されること、溶接肉盛法では多層肉盛によって接合部が長くなり、肉盛部に組織の不均一さを生じやすいことからその信頼性に不安が残ること、これらに対し、ESR外層肉盛法では高温のスラグの有する清浄作用により健全な表面層が得られると共に熱量の点で良好な接合部が得られるとの見通しから、最終的にESR外層肉盛法を採用することにした。

(2) ESR外層肉盛法の基本検討

ESR外層肉盛法は、中心層を形成するコアに対して同心円状に鋳型を配置し、コアと鋳型との空間をESRによって肉盛充てんする方法であり、これまでに数件の実施例が報告されているが実用化には至っていない⁽²⁾⁽³⁾。

そこで、実用化されていない理由を明らかにするために、ESR外層肉盛法による複合鋼塊製造実験を行った。コアは直径320mm、長さ1800mmの合金鋼を用い、水冷鋳型は内径460mm、長さ1650mmのものを使用した。また、コアと鋳型の空間には高Cr合金鋼からなる肉厚30mmのパイプを配置し、このパイプをESRの電極として溶解した。

このようにして得られた複合鋼塊の横断面マクロ組織を図2に示す。コアとパイプ電極が再溶解された外層材との間にはスラグの巻き込みはみられない。しかし、ESR溶解前には真円であったコアは不規則な形状とな

図2 従来法による複合鋼塊の横断面マクロ組織 (コア：合金鋼、電極：高Cr合金鋼)。

っており、溶融スラグによるコアの溶け込みが不均一であったことがわかる。このような複合鋼塊は厳しい負荷条件下で使用されるロール用素材には不適当であり、コアの溶け込み不均一が ESR 外層肉盛法が実用化されていない最大の理由と考えられる。

(3) 回転付与 ESR 外層肉盛法の開発

上述した、コアの溶け込みが不均一であった外層肉盛実験で、興味ある現象が観察された。これは、溶解中のコアの周囲のスラグ温度が均一ではなく、しかも温度が高い位置はほとんど移動しないということであった。この事実、溶解電流が溶融スラグ中で円周方向に均一に分布していないことを意味している。

コア溶け込みの均一化を達成するためには溶融スラグ中の電流分布を均一にすれば良いのは明らかである。しかし、ESR のように大電流を用いるプロセスでは溶解電流の不均一性を防止することは困難と予想された。そこでさらに検討を進めて、電流分布が ESR 装置の特性によって決定され、しかもある基準位置に対して固定されているのであれば、電流の不均一分布がそのまま溶融スラグおよびコアのある位置に固定されるのを緩和すれば良い、という着想に至った。

この着想を具体化したのが図 3 に示す回転付与 ESR 外層肉盛法である。本方法では、パイプ状電極は従来の外層肉盛法と同様に溶解中は下降されるが、コアと鋳型には回転が付与される。電流はパイプ電極に供給され、回転定盤に接したブラシによりとり出される。

この回転付与 ESR 外層肉盛法により製造した複合鋼塊の横断面マクロ組織を図 4 に示す。コアとパイプ電極の材質や寸法は図 2 の従来の方法と同じである。コアと外層材との境界にはスラグの巻き込みはみられず、かつコアの溶け込みが均一になっており、回転付与の効果が大きいことがわかる。

3. 回転付与 ESR 複合鋼塊の特徴

複合鋼塊をロール素材として使用するためには、十分な接合強度を確保することが必要である。そこで、開発した回転付与外層肉盛法による複合鋼塊の接合境界を中

図 3 回転付与 ESR 外層肉盛法の概要。

図 4 回転付与 ESR 法(10 rpm)による複合鋼塊のマクロ組織(コア: 合金鋼, 電極: 高 Cr 合金鋼)。

心にその性質を調査した。

図 5 はコアと外層材の接合境界を含む試料に対して曲げ試験を行った結果を示す。破断は外層材側で起っており、接合境界には何ら異常はみられない。すなわち、コアと外層材の接合が良好であることがわかる。

図 6 には接合境界近傍のデンドライト組織を示す。デンドライトはコア表面から成長しており、かつ外層材とコアとは完全に接合している。

ロール素材としての鋼塊では微細な凝固組織を有することが必要である。そこで、回転 ESR 法で 0.5% C-1% Cr 鋼製コア(直径 200 mm)と 0.5% C-5% Cr 鋼製パイプ電極を用いて直径 320 mm の複合鋼塊を製造し、デンドライト 2 次アーム間隔を測定した。その結果を図 7 に示す⁽⁴⁾。アーム間隔は複合鋼塊表面から内部へ行くに従って次第に大きくなるが、接合境界に近づくとき再び小さくなっている。比較のために、直径 360 mm の ESR 一体鋼塊の表層部の 2 次アーム間隔を同じく図 7 に示す。複合鋼塊の方が一体鋼塊よりも小さくなっており、ロール素材として優れた特徴を有している。

図 5 曲げ試験結果。

図6 接合境界近傍のデンドライト組織.

図7 デンドライト2次アーム間隔の比較
(接合境界: 表面から70 mm).

4. 実績と今後の展望

回転付与 ESR 外層肉盛法により製造した複合鋼塊の持つ優れた特徴を活かしてこれまで数多くの複合ロールを製造し、ユーザでの実証試験をふまえて納入している。これらのうちの代表例を表1に示す。

圧延機は従来の2段および4段から、高性能制御圧延が可能な6段まで、またロール寸法はφ185 mm からφ440 mm までの実績がある。複合ロールの材質に関しては、これまで述べた特徴、すなわち外層材とコアとの接合強度が大きいこと、外層材は ESR で形成されるために健全な冶金的性質を有していることに加えて、とく

表1 複合ロールの適用例.

圧延機の種類	ロール寸法 (mm)	ロール材質		被圧延材
		コア	外層材	
4 段	φ185	低合金鋼	ダイス鋼	クラッド材
2 段	φ255	低合金鋼	高 Cr 鋼	銅板
4 段	φ320	軸受鋼	ダイス鋼	銅板
4 段	φ250	軸受鋼	高 Cr 鋼	バネ鋼
6 段	φ300	軸受鋼	セミハイス鋼	珪素鋼
6 段	φ440	軸受鋼	高 Cr 鋼	ブリキ
6 段	φ440	軸受鋼	セミハイス鋼	ブリキ

図8 ESR 複合ロールによる圧延結果(6段圧延機).

に材質上の制約がないことから圧延ニーズに見合った鋼種を開発選定し、種々の組み合わせのものを製造した。これらの複合ロールにより圧延された被圧延材は銅板、クラッド材および各種鋼板である。表1に示した複合ロールはいずれも従来製造法による一体鍛鋼焼き入れロールと比較して優れた耐摩耗性を有していること、また板厚制御を行うために曲げが付与されても何ら問題が生じなかったことが確認されており、ロール原単位の向上が達成されている。

図8は表1に示した適用例の中で、タンデム圧延機の第1号スタンド(6段圧延機、ロール寸法: φ440 mm, ロール材質: コアが軸受鋼, 外層材が高 Cr 鋼の組み合わせ)における使用実績を具体的に示したものである。一体型の鍛鋼焼き入れロールと比較すると初期粗度の低下率も小さく、かつ再研削に至るまでの圧延トン数も大きくなっている。タンデム圧延では圧延操業の安定性がとくに重要であり、そのためにはロールと被圧延材の摩擦係数はできるだけ一定になるのが好ましいとされる。従ってロール表面の粗度は低下しにくいのが望ましいわけであるが、開発した複合ロールはこの意味においても良好な成績を呈している。

以上述べたように、回転付与 ESR 外層肉盛法による複合ロールは優れた性能を有していることが確認されているので、今後外層材をさらに開発し、高硬度材圧延用に適用を拡大して行きたいと考えている。

5. 特 許

日本特許第1388628号
米国特許第4544019号
EPC 特許第94820号
他10件

文 献

- (1) 西 英俊: 日本鉄鋼協会第92, 93回西山記念技術講座「板圧延および圧延機の最近の進歩」, (1983), 89.
- (2) G. D. Ksendzyk: Automatic Welding, 19(1966), 71.
- (3) C. Kubish, P. Pressler, P. Machner and O. Kleinagaver: 5th Int. Symp. on ESR, (Pittsburgh), Session 5, (1973).
- (4) H. Kodama, Y. Kondo, K. Akahori, E. Niyama, O. Shitamura and I. Yoshioka: Proc. of 8th Int. Conf. of Vac. Met., (Linz), (1985), p. 1207.