

連続鋳掛け法による高機能複合材料の開発に関する研究

山本, 厚生

<https://hdl.handle.net/2324/4475226>

出版情報 : 九州大学, 2020, 博士 (工学), 論文博士
バージョン :
権利関係 :

氏 名 : 山本 厚生

論 文 名 : 連続鋳掛け法による高機能複合材料の開発に関する研究

区 分 : 乙

論 文 内 容 の 要 旨

鉄鋼の生産過程は製鉄・製鋼、連続鋳造、熱間圧延さらに冷間圧延を経る。各工程・設備においては常に部品の機能向上が強く望まれている。しかしながら、要求値が高まるにつれて、また要求される機能が相反することがあり、単一材料では対応することが出来なくなり、2種類の材料を組み合わせる複合化により達成しうる。特に圧延工程に用いられる圧延用ロールおよび搬送ローラー等においては、圧延製品と直接接触するためその要求が高く、耐摩耗性並びに耐食性に加えて強靱性を兼備向上が強く求められてきた。そこで、耐久性ならびに肉盛効率を飛躍的に向上させ、かつ強靱性を有し耐熱・耐摩耗部材の複合材料を製造するため、鍛鋼を芯材とし、高速度鋼系白鋳鉄を連続的に熔融・被覆する新しい連続鋳掛け法(CPC法)を開発し、ミクロおよびマクロ組織の解析、機械的性質を評価したものをとりまとめたものであり、7章で構成されている。

第1章は緒論であり、本研究の利用分野である鉄鋼製造分野、とくに圧延工程における技術動向を踏まえ、種々の部材の製造プロセスにおいて、現状の技術水準を評価した上で課題を抽出し、本研究の背景と目的を述べた。

第2章では、本研究の基礎となる複合材料の新しい製造法である連続鋳掛け法(CPC法)について、製造プロセス最適化の指針を整理した。まず、肉盛材料の選択自由度が高く、かつ肉盛施工効率を飛躍的に向上するため、強靱鋼の周囲に鋳鉄および合金鋼を一層にて鋳掛ける方法とした。鋳鉄および鋼溶湯の清浄性、肉盛材と芯材の溶着等の観点から、溶湯は表面をスラグで被覆し、誘導加熱を利用し高温に維持し、ガスを浮上分離させた。水冷鋳型による積極的な冷却ならびに断続引抜きによりデンドライトの成長を抑制し凝固組織を微細化した。凝固部については有限要素法による伝熱温度解析を行い、固相線プロフィールへの影響因子を示し、鋳造欠陥の低減の指針を得た。続いて中空タイプおよび中実タイプの試料を作製し、マクロ的な外観や内層材と外層材の界面における凝固組織を調査した。この結果、肉盛層の均一性に優れ、肉盛金属の選択の範囲を広げ、耐摩耗性、耐食性および強靱性の兼備ならびに機能向上が図れることを示した。

第3章では、中空タイプの実用製品として高温の鋼板を高速で搬送する、熱延搬送ローラー用にFe-Cr-V-C系材料を開発し、CPC法によるプロセスの最適化を行った。肉盛り材として、耐食性および耐熱性を向上させ、M7C3型炭化物を生成する13mass%系高クロム材料を基本とし、粒状MC型炭化物を形成しマトリックス強化し耐摩耗性の維持と耐熱衝撃性確保のみにC、CrおよびV含有量を適正化、高温特性および耐食性向上のためNiおよびMoの添加等合金元素の適正化を図った。

第4章では中実タイプの熱間圧延用ロールを全く新しいハイス系白鋳鉄を肉盛材料に採用し、本法にて製造した。ロールは実際の圧延作業に供し、具備特性ならびに性能を従来ロールとの比較で評価した。肉盛り材としては、Cは約2%、V,Cr,Mo,W量はそれぞれ約5%とし、使用スタンド用に合金元素を一部調整した試料を用いた。合金成分設計および鋳造時の凝固冷却速度の促進により、

粒状の MC 型を主体とした炭化物が微細かつ分散した金属組織が得られた。この結果、熱間摩耗特性は極めて良好で、後段スタンドにおいては従来の高合金グレン铸铁ロールに比して 5 倍以上、前段スタンドにおいては従来の高クロム铸铁ロールに比して 3 倍以上と飛躍的に向上した。この結果、強靱性、耐摩耗性および耐肌荒れ性において目標とした高い性能を有することを確認した。

第 5 章では、前記ロールは棒鋼・線材圧延の中間ならびに仕上げスタンドにおいて高い耐久性を発揮し、適用を粗スタンドに拡大するに際して低速圧延において耐クラック性が課題となり、凝固速度の向上、最適合金設計、とくに Ti 添加により破壊じん性ならびにき裂進展特性を評価した。圧延速度が遅いため熱負荷が著しく大きく、熱き裂の発生およびその進展に起因するロールの損傷が大きな粗圧延用ロールの耐久性向上を組織の微細化と硬さの適正化により試みた。この結果、耐熱衝撃特性、疲労き裂伝ば特性および破壊じん性値が著しく向上した。その結果、耐摩耗性、肌荒れ性にくわえて耐き裂性を兼備することができ、耐久性の改善が得られた。

第 6 章では、一般的に熱間圧延に供されるロールは使用後にスクラップとして廃棄されるのが通常であったが、肉盛溶接および摩擦圧接により廃棄された CPC ロールの再生技術を提案し、再生コストや性能等を評価した。強靱な鍛鋼製の軸部に対して高強度材料の肉盛溶接を行ったところ、肉盛材の硬さに沿って強い芯材が形成され、CO₂削減に大きく寄与し、かつ経済的な価格で高性能ロールの供給が可能であることを示した。

第 7 章は総論であり、本研究の内容ならびに得られた成果をまとめて示した。