

氏名	江藤 学
授与した学位	博士
専攻分野の名称	工学
学位授与番号	博乙第4437号
学位授与の日付	平成27年 3月25日
学位授与の要件	博士の学位論文提出者
	(学位規則第5条第2項該当)
学位論文の題目	極短パス間時間多パス熱間圧延による超微細結晶粒薄鋼板製造法の研究
論文審査委員	教授 瀬沼 武秀 教授 多田 直哉 教授 岸本 昭 准教授 竹元 嘉利

### 学位論文内容の要旨

近年、鉄鋼材料の高強度化が強く求められる中、その手段の一つとして結晶粒の微細化が注目され、粒径 $1\mu\text{m}$ 以下の超微細粒鋼の製造方法に関する研究が活発に行われてきた。先導研究では、微量添加元素(Ti, Nb)含有鋼を $700^{\circ}\text{C}$ 以下、圧下率80%で強圧下圧延することにより超微細組織を得ているが、この方法は圧延負荷が過大で工業生産への適用は困難である。そこで、1パス強圧下圧延を短時間連続複数パス圧延で代替することで、結晶粒微細化効果を維持しつつ圧延負荷を軽減するプロセスを研究した。

実機1/4規模の圧延機3基を近接配置した熱間圧延装置に、パス間短縮のための高速圧延で生じる加工発熱を補償するパス間および最終パス直後急冷装置を増設し、高速圧延と急冷を組み合わせた新プロセス(SSMR法)を構築した。その細粒化効果は著しく、最終3パス圧下率50%-40%-50%、最終パス間0.17s、パス間冷却および最終パス直後 $820^{\circ}\text{C}$ から $650^{\circ}\text{C}$ までの $1000^{\circ}\text{C/s}$ 以上の急速冷却等の条件にて、単純組成鋼(0.15% C-0.75%Mn)にて表層部 $0.9\mu\text{m}$ 、平均 $1.3\mu\text{m}$ の超微細結晶粒からなる1.0~1.2mm厚の薄鋼板を造ることに成功した。Ti, Nb等の添加元素を一切含まない単純組成で超微細フェライト組織を創製できたことは、世界初の成果である。

SSMR法の最終パスの圧延負荷は、圧延の高温化およびパス当たり圧下率の低減により、低温域1パス強圧下法に比べ総じて半減できた。また、潤滑圧延により更に約35%の負荷軽減が可能であることも明らかにした。薄板熱延ライン仕上圧延機列の後段以降への適用を想定して設備仕様を検討したところ、ロールの小径化等により既存の設備技術の範囲内でSSMR用の圧延機を設計できること、すなわち工業生産への適用が可能であることを検証できた。

## 論文審査結果の要旨

本論文は、圧延負荷を大幅に軽減できる新たな超微細粒鋼製造プロセスの開発に関するものである。具体的には、1パス強圧下圧延で鋼片に加えられる大ひずみを短時間連続複数パス圧延での累積ひずみに置き換えることで、結晶粒微細化効果を維持しつつパス当たりの圧下率を下げ、同時に圧延温度を極力高く保つことにより圧延負荷の軽減を実現した。

本研究の大きな成果の一つは工業生産設備の1/4規模の圧延機3基を近接配置した短時間連続複数パス圧延を実現できる熱間圧延装置を世界で初めて作製したことである。この装置を用いることで、今まで試行できなかった圧延条件で実験ができ、組織の超微細化に及ぼす諸因子を明確にすることができた。

まず、単にパス間時間短縮のために圧延を高速化したところ、加工発熱による試験片の温度上昇が大きくなり、これが細粒化を阻害することが明らかになった。そこで、高冷却能力を持つ高圧水スプレー方式の急冷装置を考案し、圧延機間および最終圧延機直後に設置して、高速多パス圧延と急冷を組み合わせた新プロセスを構築した。このプロセスを用い、組織に及ぼす圧下率配分、冷却開始時間、冷速など様々な因子の影響を検討した結果、表層部  $0.9\ \mu\text{m}$ 、平均  $1.3\ \mu\text{m}$  の超微細結晶粒からなる  $1.0\sim 1.2\text{mm}$  厚の薄鋼板を造ることに成功した。

超微細組織の形成機構についても詳細な検討により明らかにしている。すなわち、多パスの短パス間圧延によってオーステナイト組織に高度にひずみが蓄積され、一部で微細な再結晶粒が生成すると共に、未再結晶粒内には微細な転位セル構造が形成され、これを核生成サイトとして最終パス直後の急冷中に微細なフェライトが生成することを明らかにした。

また、ここで提案した超微細フェライト鋼の製造を可能にする熱間圧延機の実機化に必要な最大圧延荷重の計算を行い、適切な潤滑圧延や小径ロールの適用により実現可能であることを明らかにした。

以上のように本研究成果は熱間圧延における組織の超微細化を実現するメカニズムを明らかにした学術的な貢献だけでなく、今後の熱間圧延機的设计の指針も提供し、工業的価値も高い。これらの理由で、本論文は工学分野の学位に値すると判断する。