

氏名	川崎 薫
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4439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	地球環境に優しい自動車用薄鋼板とその製造メタラジーに関する研究
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

地球温暖化の進行を回避するためには、排出 CO₂ 量の削減を図ることが最も効果的である。その排出起源として、①家庭向け電力発電時に排出されるもの、②産業界における製造工程で排出されるもの、③自動車走行時に排出されるものがある。これらの排出量を削減するために、①では化石燃料を使用しない、太陽光や風力等による発電方法の普及・拡大が進められている。②では、鉄鋼業でとくに排出量が多いことから、燃焼効率の向上対策に加え、鉄鋼製造工程のさらなる簡・省略化したプロセスや、スクラップの有効活用方法が日々検討されている。さらに③では、車体軽量化による燃費向上を図るために、衝突安全性との両立を図るために最適構造設計と組み合わせることにより、高強度鋼板の使用によるゲージダウンが追求されている。

そこで、本論文では、②及び③の視点からますます高強度化ニーズが高まっている自動車用薄鋼板を対象とし、1)析出物制御による焼き付け硬化特性の付与、2)熱延板組織微細化による深絞り性の向上、3)窒化処理を活用した高強度化と硬度分布制御、4)薄スラブ連続鋳造法での析出物制御による自動車用薄鋼板の最適製造条件、5)急速加熱技術を活用した短時間焼鈍プロセスにおける集合組織制御について言及する。まず1)では、Ti 添加極低炭素鋼における MnS の析出制御を通じた炭化物析出制御による BH 性の確保について説明する。次に2)では、Cu を添加した極低炭素鋼に窒化物形成元素を添加し、軟窒化処理により生じる板厚方向の硬度分布を形成させる機構について、Cu の析出に着目してその挙動を論じる。また3)では、全世界的にミニルメーカーにおいて主流となっている薄スラブ連鋳法における自動車用軟質冷延鋼板を製造する場合、とくに冷延・焼鈍後の BH に及ぼす熱延板での析出物の影響について説明する。最後に、4)では、電気加熱技術を適用した連続焼鈍法の適用について、集合組織制御の視点から説明する。

論文審査結果の要旨

本論文は30年にわたる研究生活の総括をしたもので、行ってきた自動車用鋼板の研究開発を「地球環境に優しい」という観点でまとめたものである。彼の研究成果の一つは高機能高強度鋼材の開発による自動車の軽量化、もう一つは鋼板の製造工程の簡・省略化による地球環境への負荷の低減である。

本論文では、4つの技術開発の研究成果によって成り立っている。一番目の析出物制御による焼き付け硬化特性の付与の研究ではSの添加量を制御することで合金炭化物の組成を $Ti_4C_2S_2$ から低温で溶解するTiCに換えることで昇温時にTiCを溶解し、固溶Cを得ることでBH性を付与するという世界で初めての現象を見出し、そのメカニズムを明らかにするとともに実用化も果たした。

2番目は窒化処理を活用した高強度化と硬度分布制御の研究で、窒化処理中に形成される化合物層に加えて、表面近傍から中心部にわたり超高硬度の析出物を形成し、その結果、耐摩耗性を向上させるとともに母材中にもCuを微細析出させることで今までにない高い疲労強度を得ることに成功し、商品化を果たしている。学術的には複合析出挙動に対し、3次元アトムプローブを用いた原子レベルでの解析を行い、微細析出物が生成するメカニズムを明らかにした。

3番目の薄スラブ連続鋳造法での析出物制御の研究では、製鋼-熱延工程のスリム化に焦点を当て、工程を簡・省略しても従来と同等の品質を確保する技術を、冶金な視点から提案した。注目すべき成果はMnSを活用することにより、薄スラブ連続鋳造法で生じた熱間割れや鋼板の延性劣化を抑制することができたことである。また、学術的にはSによる再溶融反応が薄板製造工程で生じることを明らかにしたことである。

4番目の急速加熱技術を活用した短時間焼鈍プロセスにおける集合組織制御の研究では、設備の大幅なダウンサイジングを可能にする連続焼鈍の急速加熱において従来と同じ品質の深絞り鋼板を製造するプロセスの設計を行った。単に鋼板を急速に加熱すると深絞り性が劣化する集合組織が形成されるが、通常加熱と急速加熱の2段の加熱速度制御をすることで急速加熱を適用しても深絞り性が低下しないことを明らかにした。その理由は回復域のサブグレインの形成時に低加熱速度を適用するとその後の加熱速度に関わらず深絞り性に優れた集合組織が形成されるためである。このメカニズムを再結晶の生成機構をもとに明確にしたことは学術的な価値が高い。

以上のように多様な技術開発でそれぞれ新規性に富んだ研究成果を上げ、その多くを実用化につなげたことは学術的、工業的価値の高い研究であり、工学分野の学位に値すると判断した。