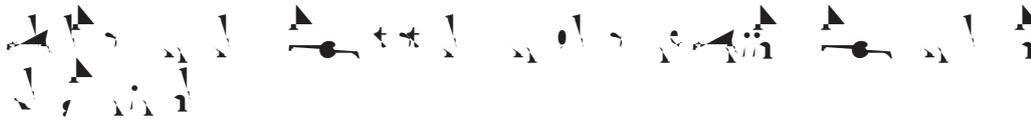


圧延加工プロセス技術の進展と今後の展望



三宅 勝 MIYAKE Masaru JFE スチール スチール研究所 圧延・加工プロセス研究部長・博士(工学)
木村 幸雄 KIMURA Yukio JFE スチール スチール研究所 圧延・加工プロセス研究部 主任研究員(副部長)・博士(工学)
壁矢 和久 KABEYA Kazuhisa JFE スチール スチール研究所 研究企画部長(理事)・博士(工学)

要旨

JFE スチール発足以降の圧延加工プロセス分野における主要な研究開発について概括した。1次ミルから最終製品に至る製造プロセスでは、製品としての品質(寸法精度、材質、表面品質など)を高いレベルで確保しながら、高生産性・高歩留り・低コストでの造り込みが求められる。また、高強度化・高じん性化などを追及する材料開発との連携により、高級鋼を安定的に製造する技術や、多様なプロダクトミクスに対応する柔軟な生産技術が求めら

照【要求される。このため、JFE スチールでは圧延加工
羊痘才融卑F属碱益含
文書~限 丝關鈍~匿圭 铸片を薄板、

厚板、形鋼などのさまざまな形状に加工し、その熱履歴などを制御しながら、鉄鋼材料が有するさまざまな特性を引き出す役割を担っている。

熱延、冷延、厚板、形鋼などの圧延プロセスでは、回転するロールの間で材料を伸ばすという極めてシンプルな原理に基づく圧延技術によって、さまざまな形状を造り込み、所定の寸法に仕上げている。また、高度な加熱・冷却技術との組み合わせによる材料の組織制御を通じて強度、延性、じん性などの機械的特性を向上させている。さらに、連続焼鈍や表面処理プロセスでは、連続的な熱履歴の制御により最終製品の材質を均一なものに仕上げ、耐食性、外観など、表面特性によって発揮される品質を高める役割がある。

特に、地球温暖化防止や環境保全の観点からは、より高強度・高じん性の材料が求められており、製造プロセスにおいても、省成分系の材料を用いて最新の加工技術を駆使

—W

プロセスに関する新たな技術開発を絶え間なく続けており、革新的なプロセス開発によって高級鋼の安定的な造り込みに取り組んでいる。

本稿では、JFE スチール発足以降の当該分野における主要な研究開発を概観し、今後の開発の方向性について展望する。なお、圧延加工プロセスは、種々の要素技術を総合した生産技術であり、相互に関連しあう要素技術の関係を本稿のみで記述することはできない。現役の圧延研究者が当該分野を平易な言葉で解説した書籍を参考文献¹⁾に記載しているので、併せてご一読いただきたい。

2. 圧延加工技術の開発

2.1 熱延プロセス

薄鋼板の1次ミルとして高い生産性が求められると共に、

2018年6月25日受付

坦度を任意の位置で測定するための3次元スキャナーの適用についても検討が進められた⁵⁸⁾。

エネルギー鋼材分野では、より遠方かつ大規模な天然ガス・石油等の輸送が求められており、高機能厚鋼板を素材として厚肉高強度の大径溶接鋼管の需要が増大している。これに対して、プレス曲げ後の鋼板の形状を適切に制御することで、**図8**に示す世界最厚レベルの厚肉・高強度鋼管を高効率に製造するプロセスを実現した⁵⁹⁾。

形鋼プロセスにおいては、建材分野での高強度化が進展しており、建築物の大スパン化に対応した外法一定H形鋼のサイズ拡大を進めてきた。土木分野では大断面のハット形鋼矢板⁶⁰⁾、コンクリート合成構造に使用される内面突起付H形鋼に対応する製造プロセス⁶¹⁾の開発を進めてきた。

一方、形鋼のように複雑な3次元変形挙動の解析技術が大きく進展し、H形鋼のユニバーサル圧延の詳細な検討が行われた^{62, 63)}。また、T形鋼のユニバーサル圧延法に関する基礎検討^{64, 66)}や溝形鋼⁶⁷⁾、**図9**に示す不等辺不等厚山形鋼⁶⁸⁾への適用など形鋼圧延に幅広く適用に適用

3.2 冷却技術

JFE スチールでは、TMCP 技術の核となる独自の冷却技術の開発により、超急速冷却と均一な冷却を両立する新急速冷却技術 Super-OLAC[®] を実用化した⁷¹⁾。本技術は、西日本製鉄所福山地区と倉敷地区、東日本製鉄所京浜地区の 3 厚板工場に適用され、超入熱用鋼、耐震用鋼管などの高性能厚鋼板の製造に寄与してきた⁷³⁾。また、本冷却技術は熱延ミルや形鋼ミルにも適用され、大幅な合金元素削減、溶接性向上、加工性向上を実現した。さらに、2011 年には Super-OLAC[®] を進化させた Super-OLAC[®]-A を開発し、近年の高度な要求特性に対応している⁷²⁾。

また、TMCP の要素技術のひとつである制御圧延の連続化を可能とした Super-CR を実用化し、2009 年に京浜地区で稼動した。これにより図 11 に示すような Super-OLAC[®] と組合せることにより 2 段階の冷却が可能となり、TMCP の自由度が向上した⁷²⁾。

以上のような冷却技術の基礎として、高水量密度での冷却に関する基礎特性が検討された^{74, 75)}。また、熱延ランアウトテーブルにおけるパイラミナー冷却について、柱状水の安定性に関する基礎検討が行われた⁷⁶⁾。さらに、スプレーのような液滴冷却水の冷却特性に及ぼす水温の影響^{77, 78)} や鋼材の表面粗さやスケール組成・厚みの影響等⁷⁹⁾ についても検討が行われ、鋼材の沸騰冷却特性に関する基礎特性が明らかにされてきている。

4. プロセス技術の開発

4.1 熱処理技術

連続焼鈍プロセスや表面処理プロセスを対象に、気体噴射による強制対流を利用して熱伝達を促進するガスジェット冷却の冷却能力を精度よく予測するための検討がなされ

た⁸⁰⁾。焼鈍工程における生産性や鋼板の機械的特性、合金コスト削減などの観点から、冷却ノズルの最適な設計に寄与している。また、連続焼鈍ラインの自動操業最適化システム⁸¹⁾の開発により、生産性の向上が図られている。

走行する基材へ薄い皮膜をコーティングするプロセスとしてロールコーターが幅広い分野で適用されている。

ロールコーターでは、ロールの回転運動に起因するロール周方向のスジ模様（リピング）が発生することから、塗布後に均一な外観を得るためにはロール間の微小領域（メニスカス部）における流動状態を把握する必要がある。JFE スチールでは、コーティング技術に関する基礎的な研究^{90, 91)}を行い、その成果を高品質な鋼板の製造に反映させている。

5. 圧延加工プロセス技術の将来展望

圧延加工プロセス技術の開発では、その過程で発生する様々な物理的、化学的な現象を解明し、理論化することによって、高度なコンピュータ制御による効率的な自動制御を実現し、生産の高効率化、品質の b

