

熱間圧延プラントにおける 材質予測と制御

鉄鋼の強度を自由に作り分ける 材質予測モデル

鉄鋼材料は、自動車などに広く使用され、リサイクル性にも優れています。近年、特殊合金元素を添加した軽量で高強度の鉄鋼材料が多用されており、スクラップとしてリサイクルする際に、特殊合金元素が障害となります。リサイクル性を高めるため、これらを加えずに結晶粒を微細化し、高強度化する研究が盛んに行われています。

鉄鋼材料の強度や延性は、結晶粒径などの金属組織に支配されます。圧延後や冷却後の金属組織を予測する材質予測モデルを用いて、結晶粒を自在に微細化し、鉄鋼材料の強度を作り分ける技術が期待を集めています。

高強度鉄鋼材料の開発

自動車用鋼板に高強度材料を用いると、強度を保ったまま車体を軽くすることができるので、燃費が向上し、環境への負荷が低減できます。

鉄鋼材料の強度を高めるためには、結晶粒の粒径を、従来の約20 μm から2~5 μm 程度に細かく、かつ均一にすることが有効です。これを実現するためには、ニオブなどの高価な特殊合金元素を添加するか、あるいは、加熱や急冷と大きな加工量を組み合わせる製造する細粒鋼の実現が考えられています。

最近、産官学共同で、特殊合金元素を添加せず、圧延条件を変化させるだけで、1 μm 以下の結晶粒から成る超

微細粒鋼を作ることが試みられています。特殊合金元素を含まない材料は、リサイクル性に優れ、強度の高い鉄鋼材料として期待を集めています。

材質予測モデルとは

一般的な熱間圧延の工程と、各工程前後での金属組織変化の概念を、図1に示します。熱間圧延は、加熱炉で1,200以上加熱された約250mm厚のスラブを、数基の圧延機で連続的に加工した後に、1~12mm厚の製品コイルとして巻き取る工程です。高温のスラブは、圧延により薄くなると同時に冷却され、製品コイルの金属組織に大きく影響する巻き取り温度は、約500~700に制御されます。

この一連の工程において、鉄鋼材料の金属組織は、加工と冷却の組合せにより、高温でのオーステナイト組織から、低温でのフェライト組織又はパーライト組織などの多様な組織へと変化します。鉄鋼材料は、結晶粒径が小さいほど強度が高く、また、各組織で硬さが異なることから、結晶粒径や各組織の体積率を変えれば、強度や延性などの機械的性質を制御することができます。

材質制御システムは、目標とする機械的性質を持つ製品コイルを得るために、材質予測モデルを用いて加工量や冷却条件などの圧延条件を決定し、実機圧延ラインを制御する機能です。材質制御システムには、高い精度の材質予測モデルが必要となります。

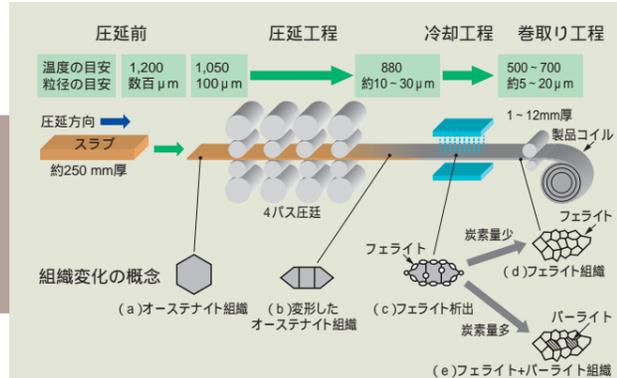


図1. 熱間圧延工程と金属組織変化の概念 - 熱間で圧延することにより、鉄鋼材料の結晶粒径が小さくなります。

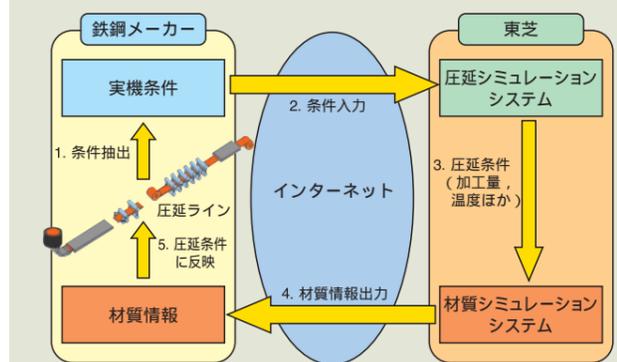


図2. 材質予測システムの構成 - システム構成の概念を示しています。材質シミュレーションシステムは、圧延条件から材質情報を算出します。

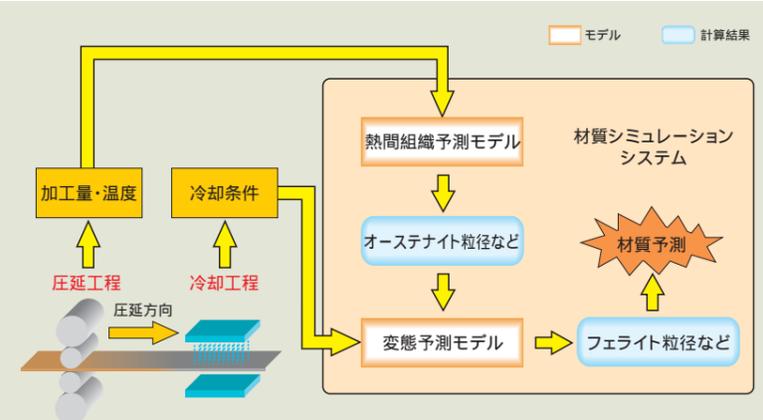


図3. 材質シミュレーションシステムの基本構成 - 加工や温度の条件などから、結晶粒径や組織の割合を算出します。

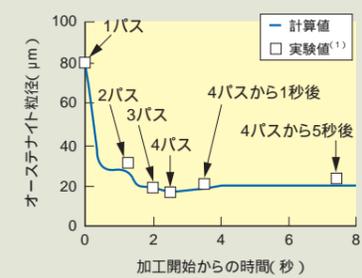


図4. オーステナイト粒径の計算例 - 4パスの圧延(4基の圧延機による連続圧延)について、シミュレーション結果と実験結果との比較を示しています。

表1. フェライト粒径の計算例

変形時の温度	フェライト粒径	
	実験値	計算値
850	2.4 μm	2.7 μm
950	3.3 μm	3.6 μm

このモデルによる計算値の一例を示します。図4は、熱間組織予測モデルによるオーステナイト粒径の推移を示しており、表1は、変態予測モデルによるフェライト粒径を示しています。いずれも、計算値と実験値は良好に一致しています。

このように、圧延条件を与えることにより、圧延中のオーステナイト粒径、変態後のフェライト粒径などが算出できます。これらの情報に基づいて、鉄鋼材料の強度などを求めることが可能となります。

今後の展望

今後は、材質予測モデルを実機圧延制御システムに組み込み、更に精度の高い材質制御システムを開発し、リサイクル性に優れた高強度鉄鋼材料の実現に貢献していきます。

文献

- 1) 瀬沼武秀, ほか. 高速連続熱間加工における炭素鋼オーステナイト組織の変化. 鉄と鋼. 70, 1984, p.2112-2119.
- 2) Ohara, K., et al. A prediction and control system for the material properties of hot rolled steel. 2002 AISE Annual Convention and Steel Expo proceedings. (CD-ROM).

小原 一浩

電力・社会システム社
電力・産業システム技術開発センター
産業システム・パワーエレクトロニクス