

「革新的構造用金属材料創製を目指したヘテロ構造制御に基づく新指導原理の構築」

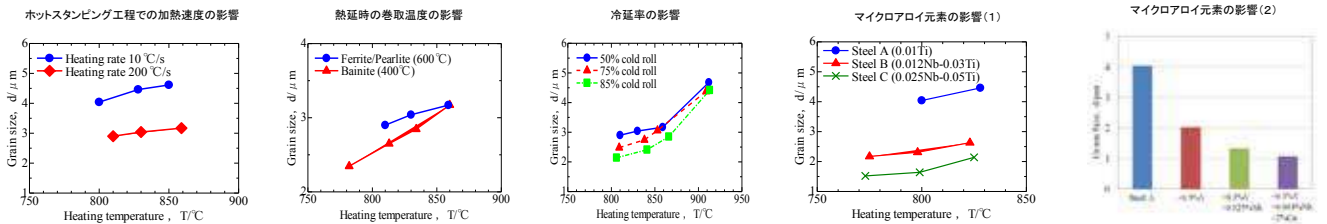
超微細マルテンサイト相を母相としたヘテロ組織の創成とその特性の解明

研究機関名：岡山大学
所属名：自然科学研究科
代表研究者：特任教授 瀬沼武秀、終了 2012年度（平成24年度）
共同研究者：竹元嘉利（岡山大学）、北條智彦（東北大学）

研究・成果概要

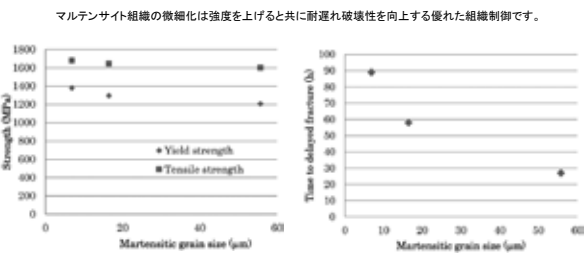
ホットスタンピング技術は、自動車の衝突安全性の向上と車体の軽量化を実現する超高強度部材の製造方法として注目されています。本研究では、強度-靱性バランスならびに強度-耐遅れ破壊性バランスに優れた2000MPa級超強度部材の製造技術を開発するための基盤として、マルテンサイトの超微細化の極限を追求するとともに、ヘテロ組織の最適制御を軸とした組織制御技術を確立します。これにより、この分野の国際競争力の強化に貢献することを目指します。

1. マルテンサイト組織微細化に及ぼす諸因子の影響（ホットスタンピング材の組織微細化に及ぼす諸因子の影響）



ホットスタンピング材料の開発の大きな課題の一つがさらなる高強度化です。現在は主に1500MPa級のホットスタンピング材が使用されていますが、2000MPa超級の材料が喫緊の課題になっています。2000MPa超級の材料開発で最も大きな課題は遅れ破壊の発生抑制です。以下にマルテンサイト組織の超微細化を含めヘテロ組織の制御による遅れ破壊抵抗の向上策を示します。

2. 耐遅れ破壊性に及ぼすマルテンサイト組織微細化の影響



Martensitic grain size (μm)	6.88	16.45	55.75
Accumulated total hydrogen content (ppm)	7.00	5.82	5.50
Hydrogen content per unit grain boundary area (mass ppm/m ²)	48.7	83.6	387

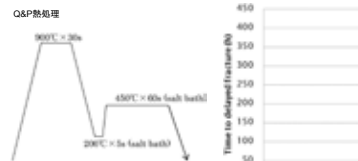
- 優れた耐遅れ破壊性を示す理由は
- 左の組織写真の青線が示すように15°以上の大鋭角粒界が多く形成されることで、き裂の伝播抵抗が高まる。
 - マルテンサイト粒界(旧オーステナイト粒界)が増えることで単位粒界面積当りのP, S, Mnなどの粒界脆化元素の偏析量が減少する。
 - 同様にマルテンサイト粒界が増えることで単位粒界面積当りの水素量も減少する。
 - 粒界密度が増加することで、粒界近傍での転位下部組織が安定し、過剰転位の生成が抑制される。

3. 耐遅れ破壊性を向上させるヘテロ組織制御

3.1. 残留オーステナイトの影響

超高強度冷延鋼板では優れた強度-靱性バランスを得るために下図のようなQuenching & Partitioning処理により大量の残留オーステナイトを含む組織制御がなされる。ホットスタンピング工程でQ&P処理を行うと残留オーステナイトが水素のトラップサイトになるため、耐遅れ破壊性が顕著に向上する(1500MPa+Q&P)。

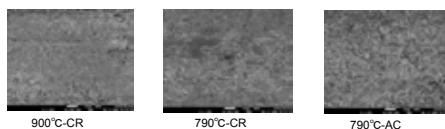
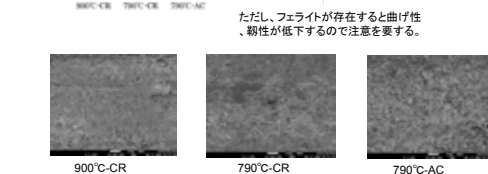
一方、Q&P処理を施した冷延鋼板はプレス加工により加工誘起変態が起るために遅れ破壊感受性が顕著に高まり、2000MPa級のホットスタンピング材より劣位になる(1500MPa+Q&P+15%strain)。



3.2. 微量フェライトの影響

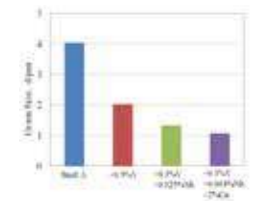
2相加熱で微量(<10%)フェライトを適切に析出させることで遅れ破壊抵抗を高めることができる。

適切に析出させるとは790°C-ACに見られるようにフェライトを微細分散させることで、790°C-CRのように層状に連なって析出させるとフェライトを含まないマルテンサイト組織の900°C-CRの方が優れた耐遅れ破壊性を示す。



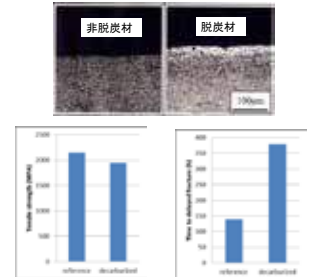
ただし、フェライトが存在すると曲げ性、靱性が低下するので注意を要する。

マイクロアロイ元素の影響(2)



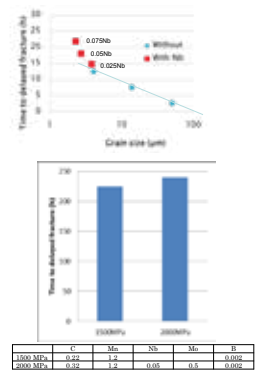
3.3. 脱炭の影響

表層を加熱温度、加熱時間、露点を制御することで脱炭することができる。下図のように50μm程度脱炭すると非脱炭材に比べて顕著に遅れ破壊抵抗が増加する。曲げ性も顕著に向上する。



3.4. 合金元素の影響

合金元素の影響の一例を示す。Nbの添加は結晶粒微細化以外にも遅れ破壊抵抗を高める効果がある。その他の元素についても検討し、下記の成分系で市販の1500MPa級材料と同等以上の耐遅れ破壊性を有する2000MPa級ホットスタンピング材を提案できた。



	C	Mn	Nb	Mo	B
1500MPa	0.02	1.0	0.05	0.005	
2000MPa	0.02	1.2	0.05	0.05	0.005

想定する分野・用途

軽量化と衝突安全性を思考する自動車分野

最終目標

2000MPa超級のホットスタンピング部材の製造指針の提示

産業界への期待・要望

本プロジェクトの提案を参考に自動車車体の軽量化と衝突安全性を可能にする材料の開発ならびにその材料を用いた部材の実用化に期待したい