

XAFS を用いた高強度・高延性 Fe-Mn-C マルテンサイト鋼中 Mn-C クラスターの測定 Analysis of Mn-C Cluster in High Strength and High Ductility Fe-Mn-C Martensitic Steels by XAFS

鳥塚 史郎^a, 足立 大樹^a, 伊東 篤志^a, 布施 太雅^a, 松澤 正明^b
Shiro Torizuka^a, Hiroki Adachi^a, Atsushi Ito^a, Taiga Fuse^a, Masaaki Matsuzawa^b

^a 兵庫県立大学大学院工学研究科材料・放射光工学専攻 ^b(株)松一

^a University of Hyogo, the Graduate School of Engineering, Department of Materials Science and Synchrotron radiation, ^bMatsuichi Co. Ltd.

Fe-0.1~0.3%C-2%Si-5%Mn 鋼のマルテンサイト組織中に Mn-C クラスター形成の有無を調べるため、Mn-K 吸収端近傍における EXAFS 測定を行い、Mn-K 吸収端のピークを明確に捉えることができた。

キーワード： XAFS マルテンサイト, クラスター, 加工硬化, 強度, 延性

背景と研究目的：

高強度であり、延性も高い、さらに、シャルピー靱性も高いという優れたトータルバランスを持った鋼の実現は困難である。それは、これらの性質がトレードオフの関係にあるからである。すなわち、引張強さを上げれば、伸びや靱性は低下してしまう。このトレードオフの関係を打破し、優れた革新的構造材料を実現することを目標として、現在研究を推進している。

我々は、この 0.1%C-2%Si-3~7%Mn 組成の鋼が、マルテンサイト単相組織としても、また、フェライト+オーステナイト 2 相組織としても、優れた力学的特性を有することを見出してきた。マルテンサイト単相組織においては、Mn 量を増やすほど、強度と一様延性が同時に向上するという、トレードオフ打破を見出した。これは、Mn 添加の増加にともなって、加工硬化能が増大したことが直接的な原因であるが、その本質・機構は明らかではない[1]。

SPring-8 の大強度 X 線を利用した引張試験中のその場 X 線回折実験によって、転位密度変化を求めてきたが、Mn 量が増加するほど、転位は増殖しつづけることがわかった。考えられる仮説として、Mn-C クラスターの存在が考えられる。したがって、本研究では、Fe-0.1~0.3%C-2%Si-5%Mn 鋼のマルテンサイト組織中に、Mn-C クラスター形成の有無を確認することを目的とした。

実験：

試料：試料名とその特徴

- 1) Fe-5Mn (比較試料)
- 2) Fe-低 Mn-0.1C Mn 1.5%
- 3,4) Fe-高 Mn-0.1C Mn 5,10%
- 5) Fe-低 Mn-高 C Mn 1.5%、C 0.3%
- 6,7) Fe-高 Mn-高 C Mn 5%,10%、C 0.3%

実験方法

本実験では、Fe-0.1~0.3%C-2%Si-3~10%Mn 鋼のマルテンサイト組織中に Mn-C ダイポールの形成の有無を調べるため、Mn-K 吸収端近傍における EXAFS 測定 (Mn-K 吸収端は 6.537 keV であるため測定は 6.45~6.85 keV 程度のエネルギー領域) を行った。使用するビームラインは 6.5 keV 付近の入射光を利用できる XAFS 測定用ビームライン BL14B2 を用いた。なお、測定は室温にて行った。サンプルセットの様子を Fig.1 に示す。

XAFS 試料調整ガイドプログラムにより計算した結果、透過法を用いて測定する場合、試料厚さ 40 μm が適性であるため、この厚さまで研磨した板状試料を用いた。EXAFS 振動の解析はソフ

トウェア Artemis, Athena を用いて行う。

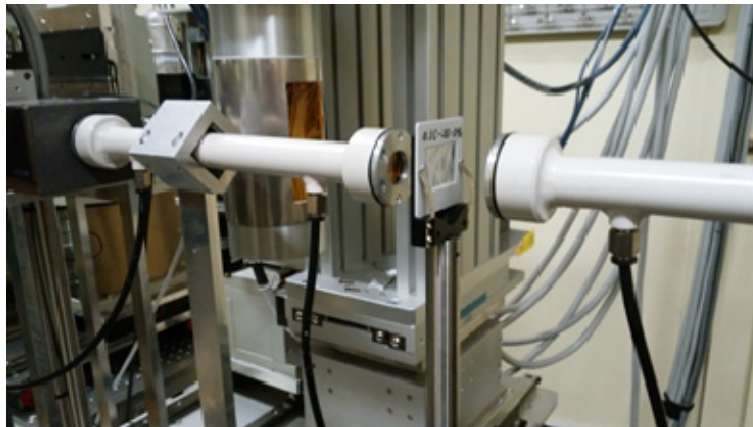


Fig.1 BL14B2 におけるサンプルセットの様子

結果および考察：

試験片の厚さを 40 μm まで薄くしたため、Mn-K 吸収端のピークを明確に捉えることができた。そのため、蛍光法は行う必要がなかった。Mn 量および C 量に対して、系統的な変化が見られた。現在、この結果を解析中である。

今後の課題：

モデルとデータ解析方法の確立が必要である。

参考文献：

- [1] 鳥塚史郎, 前田晃宏, 足立大樹：“放射光を用いた 0.1%C-2%Si-Mn フレッシュマルテンサイト鋼の 5%Mn 添加による強度・延性 上昇機構の解析”, 日本鉄鋼協会第 175 回春季講演大会, 材料とプロセス, 30 (2018), 298.