

[課題番号 21037]

バルクセメンタイトの変形解析 Deformation Analysis of Bulk Cementite

戸高義一[#], 足立望, 上野春喜
Yoshikazu Todaka[#], Nozomu Adachi, Haruki Ueno
Toyohashi University of Technology

Abstract

Understanding the deformation mechanism of cementite is important for improving the mechanical property of steels. In this study, the deformation texture of bulk cementite samples formed by uniaxial compression was investigated using both the electron backscatter diffraction and the neutron diffraction. The As-sintered sample had a random texture before the compression. After applying the compressive strain of 50% at 560°C and 780°C, {010} deformation texture was formed along the compressive axis. It has been suggested from this trend that the primary slip plane of cementite is {010}.

Keyword: cementite, deformation texture, neutron diffraction

1. はじめに

鉄鋼材料を代表する共析（パーライト）鋼は、一般的な構造材料の中で最も優れた力学特性を示すものの一つである。パーライト鋼は、軟らかいフェライト相（炭素をわずかに含む純鉄）と硬いセメンタイト相（炭化鉄、 Fe_3C ）の層状組織から成る。セメンタイトは、単相では脆性的で塑性変形をほとんど示さないが、パーライト鋼中ではフェライト相と協調して塑性変形することが知られている^[1]。セメンタイトの変形挙動については、銑鉄中の微小なセメンタイトを利用した研究^[2]などがあるが、サイズの制約から系統的な調査が十分に行なわれていない。セメンタイトの単相バルク材を溶製法では作製できず、そのことが研究の阻害要因であった。我々の研究グループにおいて、鉄粉末とグラファイト粉末をメカニカルボールミリング（MM）後にパルス通電焼結（PCS）することにより、バルクセメンタイト単相材の作製に成功した^[3]。

本研究は、作製したバルクセメンタイト単相材を供試材として中性子回折法による集合組織測定を行ない、塑性変形による結晶方位の変化を極点図に基づいて解析し、セメンタイトの変形挙動を明らかにすることを目的とした。セメンタイトの変形挙動の解明は、社会基盤を支える鉄鋼材料のさらなる力学的高特性化を図る上で重要な知見となる。

2. 実験方法

鉄粉末（99.9%, 150 μm ）とグラファイト粉末（99.9%, 20 μm ）に MM および PCS を施し、ほぼ単相のバルクセメンタイトを作製した。作製した試料には、4vol% のフェライト相と 2vol% のボイドが含まれており、これらは均一に分布していた。バルクセメンタイトの変形挙動を調査するため、560°C および 780°C で 50% 圧縮変形させた試料（560°C_compressed, 780°C_compressed）を作製した。これらと圧縮変形させてない試料（As-sintered）を、SEM/EBSD および中性子回折（JRR-3 RESA）を用いて解析した。

3. 結果および考察

Figure 1 に、作製したバルクセメンタイトの SEM/EBSD 組織を示す。観察面は、圧縮方向（CD）－半径方向（RD）である。As-sintered 材は等軸な結晶粒組織であった。一方、560°C、780°C_compressed 材は、半径方向に伸長した結晶粒組織であった。RD－RD 面の観察では、As-sintered 材は結晶粒径 0.7 μm の等軸結晶粒組織であり、560°C、780°C_compressed 材においても結晶粒は等軸（結晶粒径 1.0 μm , 1.1 μm ）であった。これらのことより、compressed 材は結晶粒が圧縮軸に対して潰れたパンケーキ状の結晶粒組織と考えられる。

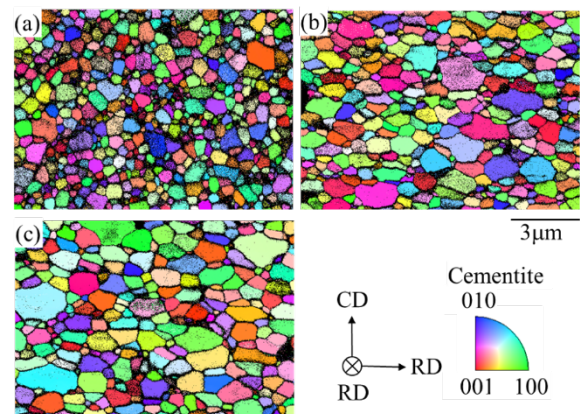


Figure 1. Inverse pole figure (IPF) maps of (a) As-sintered, (b) 560 °C_compressed and (c) 780 °C_compressed samples in the SEM/EBSD analysis.

Figure 2 に、中性子回折から求めた極点図を示す。極点図は中心を CD 方向、半径方向を RD 方向とした。斜方晶であるセメンタイトは{001}, {010}極点図を用いて結晶方位を解析した。As-sintered 材において集合組織は認められなかった。一方、560°C_compressed 材では、{010}が圧縮軸に対して垂直に配向し、{001}が{010}を回転軸とする{010}集合

[#] todaka@me.tut.ac.jp

[課題番号 21037]

組織を形成した。SEM/EBSD から求めた極点図においても同様の結果であり、780°C_compressed 材においても{010}集合組織が形成したことが分かった。

セメンタイトは金属結合と共有結合から成り、{010}を横切る原子の結合は全て金属結合であることから最も結合力が弱い結晶面と考えられる。セメンタイトにおいて{010}{100}や{010}{001}はバーガースベクトルの大きさ b と面間隔 h の比 h/b が大きい、パイエルス応力が小さく、{010}はすべり面として活動しやすいと考えられる。また、圧縮変形において主すべり面は圧縮軸に対して垂直に配向する。これらのことから、560°C、780°C_compressed 材では圧縮変形により{010}が主すべり面として活動し、{010}が圧縮軸に対して垂直に配向したと考えられる。これは、従来報告されているセメンタイトのすべり面と一致した^[2]。

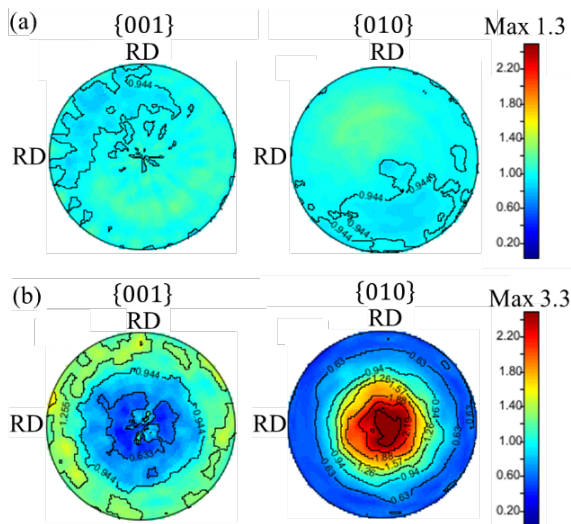


Figure 2. Pole figure maps of (a) As-sintered and (b) 560°C_compressed samples obtained from the neutron diffraction profiles.

4. まとめ

- 1) As-sintered 材では、結晶粒はランダムな方位であり、集合組織は認められなかった。
- 2) 560°C、780°C_compressed 材では、{001}が{010}を回転軸とする{010}集合組織を形成した。圧縮変形により{010}が主すべり面として活動し、{010}が圧縮軸に対して垂直に配向した。

参考文献

- [1] Y. Todaka, et al., "Microstructural change of cementite in carbon steels by deformation", Mater. Sci. Forum, 449-452 (I) (2004), 525.
- [2] A. Inoue, et al., "Deformation and Fracture Behaviours of Cementite", Trans. Jpn. Inst. Met., 17 (1976), 149.
- [3] M. Umemoto, et al., "Characterization of bulk cementite produced by mechanical alloying and spark plasma sintering", J. Metastable Nanocryst. Mater., 15-16 (2003), 607.