



Title	高Mn鋼におけるマルテンサイト変態と低温焼戻し過程の結晶学的研究
Author(s)	田中, 康司
Citation	大阪大学, 1982, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/33227">https://hdl.handle.net/11094/33227</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> 大阪大学の博士論文について

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名・(本籍)	田中康司
学位の種類	工学博士
学位記番号	第5650号
学位授与の日付	昭和57年3月25日
学位授与の要件	工学研究科 治金学専攻 学位規則第5条第1項該当
学位論文題目	高Mn鋼におけるマルテンサイト変態と低温焼戻し過程の結晶学的研究
論文審査委員	(主査) 教授 清水謙一 教授 稔野宗次 教授 藤田広志

### 論文内容の要旨

本論文は高Mn鋼におけるマルテンサイト変態と低温焼戻し過程を、主として結晶学的観点から光学顕微鏡、電子顕微鏡、X線回折および電子線回折によって研究した結果をまとめたものである。

第1章は序論であって、本研究の目的と意義について述べている。

第2章では、Fe-Mn-C合金の $\gamma$ 相中に直接生成した $\alpha'$ マルテンサイトの形態および晶癖面がMnおよびC濃度によって変化する様子を明らかにしている。

第3章では、Fe-4.1wt% Mn-1.25wt% C合金薄膜における $\alpha'$ マルテンサイトの成長挙動をその場観察することによって、周囲の他の $\alpha'$ マルテンサイトからの影響が比較的少ない場合の $\alpha'$ マルテンサイトは明確な晶癖面を持っており、片側成長によって幅広くなった $\alpha'$ マルテンサイトの先端は $\{225\}\gamma$ 晶癖面と別の $\{225\}\gamma$ 面によって構成されること、更に他の $\alpha'$ マルテンサイトからの影響がかなり強い場合の $\alpha'$ マルテンサイトの界面は不規則になることなどを明らかにしている。

第4章では、Fe-16.5%Mn-0.26%C合金における熱サイクル( $77K \rightleftharpoons 673K$ )数の増加に伴なう相転移を明らかにしている。すなわち、その相転移が $\gamma(3R) + \epsilon'(2H) \rightarrow$ faulted  $\gamma \rightarrow 15R(3\bar{2})_3 \rightarrow 18R(5\bar{1})_3 \rightarrow$ reversed  $\gamma$ の順序で起きていることを見出すとともに、本実験で初めて見出した $15R(3\bar{2})$ 構造の相と $\gamma$ 相との結晶方位関係などを明らかにしている。

第5章では、Fe-12.0%Mn-0.48%C合金における $\gamma \rightarrow \epsilon' \rightarrow \alpha'$ マルテンサイト変態過程をその場観察によって実証している。そして $\epsilon'$ マルテンサイト中に生成した $\alpha'$ マルテンサイトの晶癖面決定ならびに内部欠陥観察などを行って、第2章で述べた $\gamma$ 相中に直接生成した $\alpha'$ マルテンサイトとの結晶学的諸性質の相違点を明らかにしている。

第6章では、第5章での $\epsilon' \rightarrow \alpha'$ 変態に関する実験結果を現象論的に考察し、 $\gamma \rightarrow \alpha'$ 変態とは本質的に異なることを証明している。

第7章では、Fe-(4.1~8.7)%Mn-(1.25~0.57)%C合金における $\gamma$ 相と $\alpha'$ マルテンサイト相の格子定数を温度の関数として詳細に測定し、変態に伴なって $\gamma$ 相の格子定数が異常に減少することおよび $\alpha'$ マルテンサイト相のc/a比が異常性を示すこと、さらにまた室温時効によって $\alpha'$ マルテンサイト相のc/a比が減少することなどを明らかにしている。

第8章では、Fe-(4.1~5.2)%Mn-(1.25~0.98)%C合金の $\alpha'$ マルテンサイトの低温焼戻し過程における炭化物の生成挙動を調べ、358Kでは焼戻し時間の増加とともにFe<sub>3</sub>Cの長周期格子、C原子の短範囲規則構造あるいは変調構造がまず形成し、次いで焼戻しの第1段階に特有な $\eta$ -炭化鉄が形成することを明らかにしている。さらに $\eta$ -炭化鉄の形態および $\alpha'$ マルテンサイト相との結晶方位関係がFe-C合金について報告されたものと異なることなどを明らかにしている。

第9章は総括で、本研究で得られた結果をまとめている。

### 論文の審査結果の要旨

耐摩耗材として重要なハッドフィルド鋼に代表されるように、高Mn鋼は実用度の高い材料であり、また最近ではMnの低価格を反映して、他の用途の実用鋼としても重視され、その開発が活発に行われつつある。したがって、Mn鋼の熱処理技術を確立することは材料開発を進める上で重要な課題である。本研究はこの課題に向けて行われたもので、熱処理技術の基礎となるマルテンサイト変態および低温焼戻し過程を主として結晶学的な観点から研究したものである。その主たる研究成果を要約すると以下のようである。

(1) 比較的高Mnおよび低C濃度の合金では $\gamma \rightarrow \epsilon'$ マルテンサイト変態のみが起きるが、この合金に冷却と加熱の熱サイクルを与えると、従来も観察されていた18R(51)<sub>3</sub>の長周期積層構造のほかに新しく15R(32)<sub>3</sub>のものも出現することを見出している。また、比較的中間のMnおよびC濃度の合金では $\gamma \rightarrow \epsilon'$ および $\gamma \rightarrow \alpha'$ の2つのマルテンサイト変態が、そして比較的低Mnおよび高C濃度の合金では $\gamma \rightarrow \alpha'$ マルテンサイト変態のみが起きることを確認し、後者の合金における $\alpha'$ マルテンサイトの形態がMnおよびC濃度に依存する様子を明らかにしている。

(2) 比較的中間のMnおよびC濃度の合金における $\epsilon'$ マルテンサイト内にも $\alpha'$ マルテンサイトが生成することは従来観察されていたが、その $\alpha'$ マルテンサイトが $\gamma \rightarrow \epsilon' \rightarrow \alpha'$ の過程で生成したものであることを光学顕微鏡のその場観察法によって初めて明瞭に実証し、 $\gamma \rightarrow \alpha'$ 変態によって得られる $\alpha'$ マルテンサイトとは本質的に異なることを現象論的にも裏付けている。

(3) 従来、鉄鋼材料において、いったん生成した $\alpha'$ マルテンサイトは決して成長しないという定説があったが、本実験では薄膜内に生じた $\alpha'$ マルテンサイトの成長する様子を電子顕微鏡でその場観察することに成功し、他の $\alpha'$ マルテンサイトからの影響が少なければ、バルク試料におけると同様の晶

癖面をむしろとり易いことを見出している。

(4)  $\gamma$  相と $\alpha'$ マルテンサイトの格子定数を詳細に測定し、変態ひずみの増加およびC原子位置の配列変えに伴って、それらの格子定数が異常に変化することを明らかにしている。また低温焼戻し過程における炭化物の生成過程を明確にし、それら炭化物と $\alpha'$ マルテンサイト地との結晶学を確立している。

以上のように本論文はMn鋼のマルテンサイト変態および低温焼戻し過程における形態学的ならびに結晶学的特徴を明らかにして、Mn鋼における熱処理技術上の課題に対して数多くの貴重な基礎的知見を与えており、金属材料工学および鉄鋼材料開発に寄与するところが大である。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。