

 <b>茨城県</b> <small>IBARAKI Prefectural Government</small>	<b>MLF Experimental Report</b>	提出日(Date of Report) 2022 年 11 月 18 日
課題番号(Project No.) 2022PM0008 実験課題名(Title of experiment) 中 Mn 鋼の二相域焼鈍に伴う逆変態挙動の解析 実験責任者名(Name of principal investigator) 増村拓朗 所属(Affiliation) 九州大学		装置責任者(Name of responsible person) 石垣徹 装置名(Name of Instrument : BL No.) iMATERIA (BL20) 実施日(Date of Experiment) 2022 年 2 月 28 日-3 月 1 日

実験目的、試料、実験方法、利用の結果得られた主なデータ、考察、及び結論を記述して下さい。

実験結果などの内容をわかりやすくするため、適宜図表添付して下さい。

Please report experimental aim, samples, experimental method, results, discussion and conclusions. Please add figures and tables for better explanation.

1. 実験目的(Objectives of experiment)
<p>本課題で使用する Fe-10%Mn-0.1%C は 2 相域(<math>\alpha + \gamma</math>)焼鈍を行い、逆変態 <math>\gamma</math> 中に Mn や C を濃化させることで室温でも安定した残留 <math>\gamma</math> を得ることができる。ただし、その量や安定度は焼戻し温度、時間により大きく変化する。したがって、強靱化に最も有効に寄与する残留 <math>\gamma</math> が得られる条件を特定することが重要となる。マルテンサイトの逆変態挙動の研究は数多くなされているが、本鋼種は <math>\alpha'</math> と <math>\varepsilon</math> という 2 種類のマルテンサイトが逆変態前に存在しているという点で他の研究とは大きく異なる。本課題では、昇温過程における <math>\varepsilon \rightarrow \gamma</math> 逆変態、<math>\alpha \rightarrow \gamma</math> 逆変態機構をその場中性子回折法により調査を行うことを目的とする。</p>
2. 試料及び実験方法
Sample(s), chemical compositions and experimental procedure
<p>2.1 試料 (sample(s))          Fe-10%Mn-0.1%C 合金を 1200°C-30min で <math>\gamma</math> 化処理させた試料を出発材(焼入材)とした。このときの相分率は <math>\gamma : \varepsilon : \alpha' = 9\% : 18\% : 73\%</math> である。一般的なマルテンサイト単相鋼とは異なり、3 相の微細組織を呈している。</p> <p>2.2 実験方法(Experimental procedure)          iMATERIA に装備されている急速加熱冷却装置を用い、室温から 10°C/s で 900°C まで昇温させ、2x10x70mm の角柱試料に対して、600kW の出力でその場加熱中性子回折を行った。最も 1/d 分解能が高い BS バンク(<math>\theta = 145\text{--}165\text{deg.}</math>)で検出したラインプロファイルを 1s 間隔で分割し、各温度での相の状態を解析した。ラインプロファイルから、昇温中の各相のピークの積分強度変化およびオーステナイト相の半価幅変化を取得した。</p>

### 3. 実験結果及び考察（実験がうまくいかなかった場合、その理由を記述してください。）

Experimental results and discussion. If you failed to conduct experiment as planned, please describe reasons.

昇温前の中性子回折プロファイルを調査した結果、 $\alpha'$ マルテンサイト、 $\epsilon$ マルテンサイト、オーステナイトの3相組織であることが確認された。一般的なマルテンサイト単相鋼とは異なり、3相の微細組織を呈している。

Fig. 1は昇温中の回折プロファイルである。室温からオーステナイト単相となる1073 Kまで50Kおきに示している。1sで取得したプロファイルであるにもかかわらず、明瞭なピークが確認され、問題なく解析が行えることが分かった。昇温中における $200_{\text{austenite}}$ 、 $200_{\alpha'\text{-martensite}}$ 、 $10\text{-}11_{\epsilon\text{-martensite}}$ のピークの積分強度の変化を調査した。それ以外のピークはお互いに重なりあっている場合が多く、正確な解析ができない恐れがあったため、確実にピークの重なりが生じていない上記の3ピークを解析に用いた。その結果をFig. 2に示す。縦軸はそれぞれのピークにおける積分強度の最大値で積分強度を規格化したものである。おおよそ530~710 Kと840~950 Kにてそれぞれ $\epsilon$ マルテンサイト ( $10\text{-}11_{\epsilon\text{-martensite}}$ ) の積分強度低下、 $\alpha'$ マルテンサイト ( $200_{\alpha'\text{-martensite}}$ ) の積分強度低下が生じており、それに対応してオーステナイト ( $200_{\text{austenite}}$ ) の積分強度が上昇していることから、 $\epsilon \rightarrow \gamma$  逆変態、 $\alpha' \rightarrow \gamma$  逆変態が順番に生じたことがわかる。

また、昇温中のオーステナイト ( $200_{\text{austenite}}$ ) の半価幅の変化を調査した結果、 $\epsilon \rightarrow \gamma$  逆変態が生じた温度範囲において半価幅の増大が確認されたことから、 $\epsilon \rightarrow \gamma$  逆変態はせん断型の機構により進行していることが明らかとなった。一方で、 $\alpha' \rightarrow \gamma$  逆変態が生じた温度範囲においては半価幅の増大が確認されず単調な低下が確認され、 $\alpha' \rightarrow \gamma$  逆変態は拡散型の逆変態により進行したことが確認された。

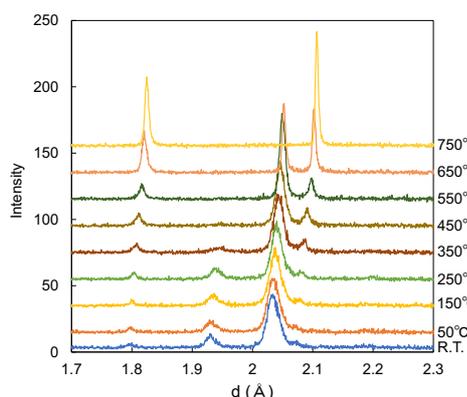


Fig. 1 昇温中の回折プロファイル

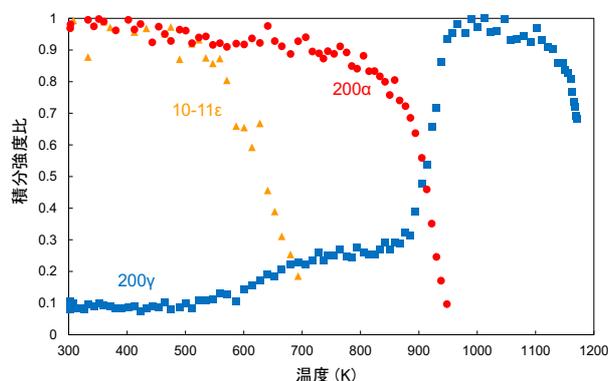


Fig. 2 昇温中の積分強度の変化

### 4. 結論(Conclusions)

・3相組織の昇温における逆変態挙動を調査した結果、先に $\epsilon \rightarrow \gamma$ 逆変態が生じ、 $\epsilon$ マルテンサイトが消滅したのちに $\alpha' \rightarrow \gamma$ 逆変態が開始するという逆変態挙動が確認された。

・また、半価幅の変化から $\epsilon \rightarrow \gamma$ 逆変態はせん断型の逆変態、 $\alpha' \rightarrow \gamma$ 逆変態は拡散型の逆変態であることが確認された。