

透磁率測定によるオーステナイト系ステンレス鋼 SUS304 の 加工誘起マルテンサイト相量の推定

Estimate of the Deformation Induced Martensite Content in SUS304 by the Magnetic Permeability Measurement

松田知子

Tomoko Matsuda

機械素材研究所 無機材料科

オーステナイト系ステンレス鋼 SUS304 を冷間鍛造すると、加工誘起マルテンサイト相変態を生じる。冷間鍛造した SUS304 について、その表面の透磁率から変態量を推定することが可能であることを示した。

1. はじめに

オーステナイト系ステンレス鋼 SUS304 は、準安定なオーステナイト相をもつ¹⁾。これを塑性加工すると硬化し、その後の加工が難しくなる。100℃以下の冷間鍛造の場合、SUS304 では準安定オーステナイト相から加工誘起マルテンサイト相 (α') への変態が生じる。この変態を生じた場合、素材の磁性も変化する。本報では、SUS304 丸棒材を冷間鍛造し、透磁率の変化を測定することで、加工誘起マルテンサイト相量の推定を行った。

2. 実験方法

2.1 供試材料

供試材料には、SUS304 丸棒材 ($\phi 12.6$ mm、 $h 5.8$ mm) を冷間 (室温) 鍛造で平つぶし加工したものをを用いた。SUS304 丸棒材の成分を表 1 に示す。

表 1 供試材の化学成分

化学成分 (%)						
C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
0.06	0.38	1.47	0.036	0.025	8.10	18.28

2.2 圧下率

平つぶし加工の度合いである圧下率は、素材の初期厚さからつぶした量の割合であり、初期高さ h_0 、変形後の高さ h_1 として、次の式であらわされる。

$$\text{圧下率} : \frac{h_0 - h_1}{h_0} \times 100 (\%)$$

本実験では、圧下率を冷間鍛造でつぶすことができる限界の 25% までとした。

2.3 測定方法

冷間鍛造加工した SUS P 304 供試材料について、ビッカース硬さ、透磁率、および加工誘起マルテンサイト相量を調べた。ビッカース硬さ試験には、マイクロビッカース硬さ試験機 (HM-220D (株) ミツトヨ)、透磁率測定には、低透磁率計 (LP-141A、電子磁気工業 (株)) を用いた。また、X 線回折装置 (Ultima IV (株) リガク) により供試材料表面の回折図形を取得し、加工誘起マルテンサイト相量を Miller の式²⁾を用いて算出した。

3. 結果と考察

図 1 に、冷間鍛造前 (圧下率 0%) と圧下率 20% の SUS304 試験片表面から取得した X 線回折図形を示す。加工前の SUS304 結晶相はオーステナイト相であるが、冷間鍛造すると、オーステナイト相からの回折ピーク ($\gamma 220$ 、 $\gamma 311$) 以外に、ひずみの増加に従って加工誘起マルテンサイト相からの回折ピーク ($\alpha' 211$) が現れる。これらの回折ピーク強度から、次に示す Miller の式²⁾を用いて、加工誘起マル

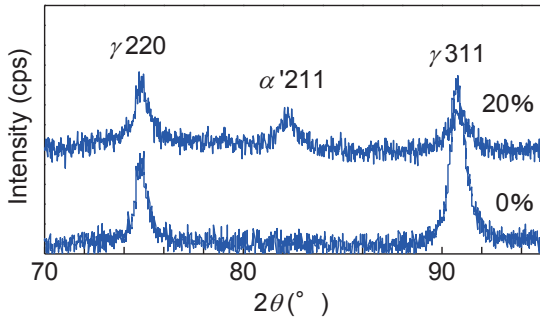


図1 冷間鍛造した SUS304 表面の X 線回折図形

テンサイト相量 $V_{\alpha'}$ (%) を算出した。

オーステナイト相の回折積分強度の平均値は、

$$I_{\gamma} = \frac{I_{(220)} + I_{(311)}}{2} \quad (1)$$

加工誘起マルテンサイト相の回折積分値は、

$$I_{\alpha'} = I_{\alpha'(211)} \quad (2)$$

(1)、(2) 式を用いて、オーステナイト相量は、

$$V_{\gamma} = \frac{1.4I_{\gamma}}{I_{\alpha'} + 1.4I_{\gamma}} \quad (3)$$

となり、加工誘起マルテンサイト相量は、

$$V_{\alpha'} = 100 - V_{\gamma} \quad (4)$$

となる。

このような加工誘起マルテンサイト相は、図2の組織写真において矢印の位置で示すように、SUS304のオーステナイト結晶粒内に現れている。

図3に、冷間鍛造時の各圧下率に対する (a) 加工誘起マルテンサイト相量、(b) ビッカース硬さ、および (c) 透磁率の変化を示す。加工誘起マルテンサイト相量は、圧下率が小さい範囲では一定の量を示すが、圧下率が大きくなると増加している。

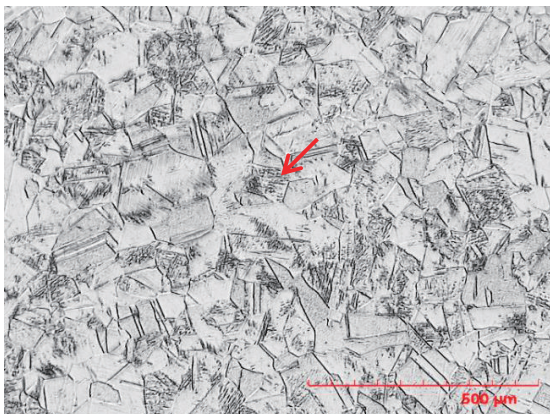


図2 冷間鍛造した SUS304 の金属組織写真赤い矢印は加工誘起マルテンサイト組織を示す。

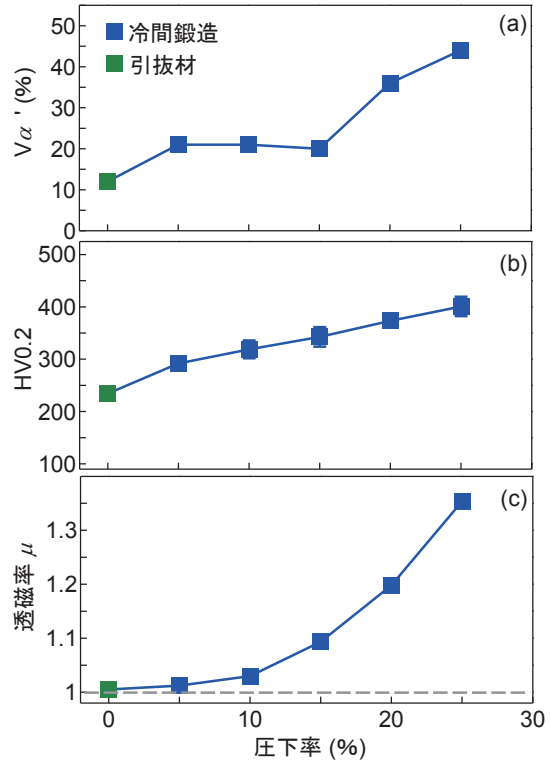


図3 圧下率に対する加工誘起マルテンサイト相量(a)、ビッカース硬さ(b)、および透磁率(c)の変化

試験片の表面硬さは、加工度合いが高くなるにつれて増加している。圧下率 25%では 400HV0.2 となり、このため圧下率 30%を超える加工は難しくなる。鍛造前の素材 (SUS304 引抜き材) の透磁率 μ は約 1.00 である。加工度合いが増し加工誘起マルテンサイト相の発生量に応じて、透磁率は徐々に増加するが、特に圧下率が 15%以上で透磁率は急激に増加し

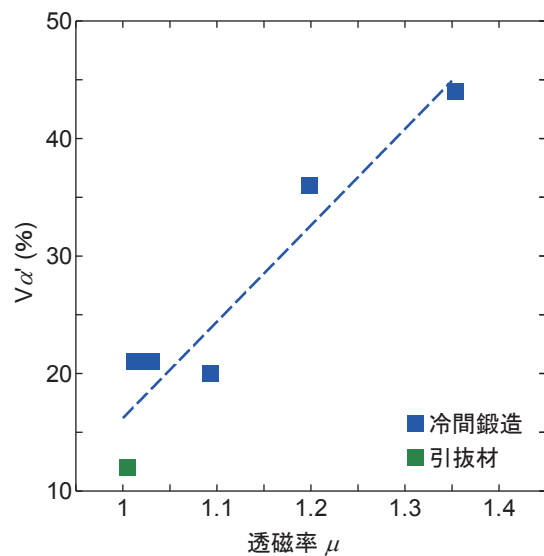


図4 透磁率に対する加工誘起マルテンサイト相量の変化

ている。

図4に冷間鍛造試験片の透磁率に対する加工誘起マルテンサイト相量を示す。透磁率と加工誘起マルテンサイト相量は概ね線形である。これらの関係から、透磁率と加工誘起マルテンサイト相量には相関があり、特に圧下率が15%以上の範囲で、加工後の試験片の透磁率測定により加工の度合い、硬さ、加工誘起マルテンサイト相量を推定することができる。と示された。

加工誘起マルテンサイト相量を調べるにあたって、X線回折装置では、試料サイズや形状が制限される場合がある。今回使用した透磁率計では、 $\phi 8$ mmのプローブを試料表面に当て値を測定するため、比較的試料サイズや形状の制限は受けず、簡易な測定によって、組織の変化や強度特性にかかわるパラメータの予測が可能であることが示せた。

4. おわりに

本実験で得られた結果は以下のとおりである。

オーステナイト系ステンレス鋼 SUS304 を冷間鍛造した場合は透磁率を測定することで加工度合い・加工誘起マルテンサイト相量の推定ができることが示された。

謝 辞

実験に使用した試験片は、(株)寺方工作所様からご提供いただきました。

金属加工組織の観察に使用したマイクロ스코ープ (KH-8700、(株)ハイロックス) は、平成27年度公益社団法人 JKA の公設工業試験研究所等における機械設備拡充事業により導入した装置です。

ここに、感謝の意を表します。

文 献

- 1) 長谷川正義; ステンレス鋼便覧, 日刊工業新聞社, p.427.
- 2) R. L. Miller ; Trans. Am. Soc. Met., 57 (1964), 892.