剪断歪型干渉縞による変態歪の精密測定

北海道大学工学研究科 丸川健三郎 高橋正史(院) 武澤和義

Fig. 1 Cu-Zn-Al 合金試料の中に生じた楔型マルテンサイトの薄板。楔の先端TBと平行に剪断歪型干渉縞が見える。(a)と(b)で縞間隔が異なるが、この間隔は2つのベクトル(g , S)の内積によって決まる。

Fig. 2 薄い楔型マルテンサイトを含む試料の断面図。 t はマルテンサイトの局所的厚さ、 R はマルテンサイト上面と下面との相対変位。

Fig. 3 薄いベイナイト板に現れた剪断歪型干渉縞(Cu-Zn-Al 合金)。試料傾斜によりベイナイト板を直立させて板厚を測り、これより変態歪を求める。 $S=0.17$ が得られた。

Fig. 4 Cu-Zn-Al 合金の時効初期に現れたベイナイト晶。バリエーションが対となって生まれている。この場合の干渉縞間隔はおおよそ厚さ $t_0=1.2$ nmに相当する。

「変態」としてはマルテンサイト変態とベイナイト変態を想定している。マルテンサイト変態はよく知られているように形状記憶効果をもたらす変態であり、その変態歪は形状記憶効果の形状変化量を規定するものである。これは変態現象論を使って、格子定数のデータから計算で求めることもできる。一方、ベイナイト変態の変態歪はそれほど認知された量ではなく、存在そのものが議論の対象となることもある。したがってこちらは実験で求める価値がある。このような変態歪を干渉縞を利用して測定するのが本稿の主題である。

「剪断歪型干渉縞」は仮の名である。母相の中に生成された薄板状のマルテンサイトを電子顕微鏡で透過観察するとき特有の干渉縞(Fig. 1)が現れるが、著者はこの干渉縞が変態歪に起因するものであることを明らかにした。またさらに縞間隔と変態歪との関係を式で表した⁽¹⁾。その関係を Fig. 2 によって説明する。いま試料の中に薄い楔型のマルテンサイト板があるとすると、この伴う剪断歪(S)が板の上面と下面との

間に相対変位($R=St$)を与える。ここに t は板の局所的厚さである。結局この変位によって引き起こされた電子線の位相変化により干渉縞が生まれるが、これは厚さ周期(t_0)をもつ等厚干渉縞となって現れる。すなわち、明視野像で黒い縞となるのは、局所的厚さが、 $t=(n+0.5)t_0$ ($n=0, 1, 2, \dots$)を満たす箇所である。ここに、 $t_0=1/(g \cdot S)$ (g は反射ベクトル、 S は剪断歪をベクトルとして表したものである。実際には分母に小さな補正項が付く。この式を利用すれば、マルテンサイト板の局所的厚さと干渉縞の本数の計測から、変態歪を求めることが出来る。逆に、変態歪の方向と大きさが既知ならば、この式から局所的厚さを求めることが出来る。Fig. 3とFig. 4はこのような両方の使い方を例示したものである。なお変態歪は試料の表面起伏からも求められるが精度が悪い。

文 献

(1) K. Marukawa: Phil. Mag., A70(1994), 35.

(1998年2月26日受理)

Precise Measurements of Transformation Strain by Utilizing Shear-Strain-Type Interference Fringes; Kenzaburo Marukawa, Masashi Takahashi, Kazuyoshi Takezawa (Faculty of Engineering, Hokkaido University, Sapporo)
Keywords: copper-zirconium-aluminum, martensitic transformation, shape memory effect
TEM specimen preparation: electropolishing TEM utilized: JEM-200CX