寄 書

超高電圧電子顕微鏡による鉄単結晶の引っかき変形組織の観察

(Ultra-High Voltage Electron Microscope Observation of Scratch-Deformed Surface Layer of Iron Single Crystal)

川 辺 秀 昭* 高 村 正 治*
大 塚 昭** 篠 原 信 行**

(Hideaki Kawabe, Masaharu Takamura,
Akira Ohtsuka and Nobuyuki Shinohara)

筆者ら⁽¹⁾⁽²⁾は、いわゆる加工変質層の生成機構を明らかにする手がかりを得るために、Al 単結晶上で単粒引っかき加工を行ない、生じる条痕の変形下部組織を透過電子顕微鏡により観察してきた。しかしながら、引っかき条痕は、溝の部分とその両側の盛り上がり部とからなっており、加速電圧 100~200 kV 級の電子顕微鏡では、この盛り

上がり部分の詳細な観察は電子線の透過能が不足する⁽³⁾ために困難であった。

このたび、超高電圧電子顕微鏡による引っかき変形組織の観察を行なう機会を得たので、盛り上がり部分を中心にその結果を簡単に報告しておくことにする。

用いた試料は、表面電解研磨された表面方位が(001)面

Photo.1 Transmission electron micrograph of surface layer of the [100] track on (001)Fe with 160° stylus, 7.5 g load

* 大阪大学工学部 (Faculty of Engineering, Osaka University, Suita)

** 大阪大学大学院 (Graduate School, Osaka University, Suita)

(1) H.Kawabe, S.Ido, A.Ohtsuka and T.Yamada : Bull.Japan Soc.of Prec.Engg., **6**(1972), 95.

(2) 川辺秀昭, 大塚 昭, 高村正治, 山田朝治 : 金属学会誌, **37**(1973), 594.

(3) H.Fujita, T.Tabata, K.Yoshida, N.Sumida and S.Katagiri : Japan J.Appl.Phys., **11**(1972), 1522.

である純度 99.9% の Fe 単結晶で, $[100]$ 方向に頂角 160° のダイヤモンド円錐圧子により荷重 7.5 g で引っかき加工を行なった. 電子顕微鏡観察用の試料は, 裏面のみからジェット式電解研磨することによって作製した. 観察に用いた電子顕微鏡は, HU-2000 (加速電圧 1500 kV) である.

Photo.1 は, 引っかき条痕の表面層における転位組織を示す超高電圧電子顕微鏡写真である. 写真から, 条痕の内部とその側縁部で, 転位組織に顕著な差異が認められる. 条痕内部, すなわち, 圧子が接触した部分では, 明瞭なセル組織は見られず転位分布はほとんど一様であり, 全般に転位密度は非常に高くなっている. これらの転位組織は, 種々の条件で単軸引張変形された Fe 単結晶において観察されるそれ^{(4)~(6)}とはかなり異なっており, むしろ, Fe-3% Si 単結晶を 50~60% 圧延した時に観察される転位組織⁽⁷⁾に類似している. この結果は, 筆者らが Al 単結晶⁽²⁾や Cu 単結晶⁽⁸⁾について行なった観察結果とも一致しており, このことから, 引っかき条痕の中心部では, 圧延や引き抜きのような拘束変形を受けて, 変形度も非常に大きくなっているものと考えられる.

これに対して, 条痕の側縁部, すなわち, 圧子が接触していない部分における転位組織は, 比較的単純で, 単軸引張変形された Fe 単結晶の低歪領域で見られるそれ⁽⁵⁾⁽⁸⁾に類似しており, 条痕から離れるにつれて, 転位密度は減少し, 引っかき加工の影響が小さくなっている⁽⁴⁾⁽⁵⁾ことがわかる.

Photo.2 は, この条痕側縁部における転位組織を拡大し

Photo.2 Transmission electron micrograph of surface layer around the ridge of the $[100]$ track on (001) Fe with 160° stylus, 7.5 g load

て示したものである. 写真から, $[110]$ 方向および $[\bar{1}10]$ 方向に沿って直線状の転位が見られる. ところで, Fe 結晶中の刃状転位の速度はらせん転位のそれに比べて速い⁽⁹⁾ことから, これらの直線状の転位はらせん転位であると考えられ, この部分で観察される転位はそれぞれ, $a/2[111]$, $a/2[\bar{1}11]$ のバーガースベクトルを持つものと考えられる. そして, これらの転位密度はほぼ等しいことから, ここでは, 結晶は圧子から $[010]$ 方向の力, すなわち, 圧子の進行方向と直角方向への圧縮力を受けているものと考えられる.

以上の結果から, 引っかき加工によって生じる変形組織は, 圧子の接触する部分とその側縁部とは明らかに異なっており, それぞれの変形機構も異なることが明らかになった.

最後に, 本研究を行なうにあたり, 有益なる御助言を頂いた大阪大学工学部の藤田広志教授, ならびに, 試料を提供して下さった新日本製鉄株式会社の武智 弘博士に深く感謝の意を表します. また, 超高電圧電子顕微鏡観察に御協力頂いた大阪大学超高電圧電子顕微鏡室の吉田清和, 小松正雄の両氏に厚く感謝します. (1973年1月19日受理)

(4) A.S.Keh : Phil. Mag., **12**(1965), 9.

(5) S.Ikeda : J. Phys. Soc. Japan, **27**(1969), 1564.

(6) A.S.Keh, W.A.Spitzig and Y.Nakada : Phil. Mag., **23**(1971), 829.

(7) J.L.Walter and E.F.Koch : Acta Met., **11**(1963), 923.

(8) 川辺秀昭, 高村正治, 大塚 昭, 竹内宗晴 : 金属学会第 72 回大会(1973, 東京)で発表.

(9) T.Imura, H.Saka and M.Doi : Microscopie electronique, **2**(1970), 331.