衝撃的な前歪を与えた[001]方位鉄単結晶 の加工軟化による降伏現象

(Yielding Behavior due to Work Softening of Dynamically
Prestrained [001] Single Crystal of Iron)

作井 誠太* 阿部 信彦** 佐藤 公子*

(Seita Sakui, Nobuhiko Abe and Kimiko Sato)

純 Al⁽¹⁾, 純 Mg⁽²⁾に衝撃的に前歪を与え, つづいて静的試験で変形をつづけると, 応力-歪曲線に荷重降下を生じリュース帯の伝播が見られる. これは本質的には Cottrell と Stokes⁽³⁾が見つけた加工軟化現象であるが, 鉄多結晶体では上記の現象は逆になる. 鉄では F.C.C. 金属や H.C.P. 金属とは全く逆に衝撃で変形した試片の方が, 静的に変形した場合より加工硬化の程度が小さく, その硬度も小さい⁽⁴⁾. かつ加工軟化現象も F.C.C. 金属, H.C.P. 金属とは逆に, 静的に予備歪を与えた試片を衝撃的に変形せしめるときにはじめて顕著なる加工軟化を示す⁽⁵⁾. われわれはこれに関する実験を多数の鉄の単結晶について行なっているが, 各方位の試片ともいずれも上と同様の傾向を示す. ところが唯一つの方向, すなわち [001] 方位がほとんど引張方向になるように切り出した結晶のみが, 上述の現象が逆転し, F.C.C. 金属および H.C.P. 金属と同様の傾向を示すことをわれわれは見出した. この方位より 18° 位はづれた試片でもこの逆転現象は見られず, 普通の鉄結晶の挙動に戻る.

なお常温における衝撃変形は, 低温における静的変形と等価であるとの立場から, 温度を変えた場合の加工軟化を調べ, 上の逆転現象が実験的な誤差に基づくものでないことを確かめた.

実験に用いた試料は, 歪焼鈍法によつて作った (100)[011] 方位の鉄単結晶で, これから 45° に切り出して [001]

方位の引張試験片を作つたものである. この試料を落槌式試験機により, 引張速度 1.86 m/sec, 歪速度 41/sec で衝

Fig.1 Stress-strain curves in static and dynamic testing at room temperature. Note the rapid yielding in static testing subsequently after dynamic testing.

撃的に引張つて約 13% の伸びを与え, つづいてインストロン型の試験機で引張速度 0.5 mm/min, 歪速度 1.84 × 10⁻⁴/sec の静的引張試験で変形をつづけた. Fig.1 は室温において得られた結果であり, 衝撃試験につづく静的試験では, 応力-歪曲線に荷重降下が生じていることがわかる. この場合は両端から伝わりはじめたリュース帯が試料の全面を伝わり切らないうちに破断してしまつた.

著者らは, 衝撃的に前歪を与える 代りに, -78°C にお

* 東京工業大学 金属工学科 (Department of Metallurgy, Tokyo Institute of Technology, Tokyo)

** 東京工業大学 大学院 (Graduate School, Tokyo Institute of Technology, Tokyo)

(1) 作井, 佐藤, 角間, 久保: 日本金属学会 1966 年秋期大会に発表.

(2) 作井, 森, 佐藤: 本誌, 30 (1966), 412.

(3) A.H.Cottrell and R.J.Stokes: Proc. Roy. Soc., A 233 (1955), 17.

(4) 山田, 杉田, 小寺沢: 材料, 14 (1965), 26; 作井, 子安: 鉄と鋼, 52, 6 (1966), 1001.

(5) 作井, 中村, 大宝: 鉄と鋼, 52, 9 (1966), 1579.

ける静的試験でも, [001] 方位は著しい加工硬化を示すことに着目し, 静的な引張変形において温度を -78°C から

は途中で止めて観察すると, このリュードース帯はほぼ {112} 面の単一すべり帯からなり, リュードース帯の先端

Fig.2 Stress-strain curves in static testing at room temperature and -78°C . Solid curves were obtained as follows: first deformed at -78°C and then temperature was raised to room temperature.

室温に変化させることによっても同じ結果を得た。Fig.2 はその結果であり, 前歪の量が大いほど, 降伏の荷重降下は著しい。とくに約 12% の前歪を与えた試料について

Photo.1 The Lüders band obtained under the static tensile test at room temperature subsequently after prestrained about 12% at -78°C .

付近は等間隔の明瞭なすべり線が見られる。先端からはなれるにしたがつて, そのすべり線はしだいに数を増し, ついに全面を覆うようになる。なお, このリュードース帯は, 非常に明瞭で, 肉眼ではつきり識別し得るものである (Photo.1)。

著者らは, この現象は [001] 方位の鉄単結晶が, 衝撃引張り, および -78°C の静的引張変形において, 四つの [111] 方向のバーガース・ベクトルがほぼ対等に働き (-78°C での静的変形では, 破断後のラウエ写真による X 線解析からは方位の変化が見られない)。すべり系同志の複雑な相互作用により, 著しい加工硬化を示し, その大きく硬化した試料が, つづく室温での静的変形を起すことによつて, 何らかの要因で単一すべり (場合によつては二つ以上のすべり面が働くこともある) に整理されることによる加工軟化現象であると考えた。なお, この現象は不純物の存在による歪時効に基づくものではないことを実験的に明らかにしている。

(1966 年 11 月 15 日受理)