322

二相合金の塑性変形における

ひずみの不均一と表面粗さ

岡山大学工学部 正 〇阿部 武治, 大王製紙 野村 晃

1. 緒 言

二相合金は、一般に異なった結晶構造を持った結晶 粒から構成される多結晶体であり、個々の異相の間で は物理的、機械的な性質が異なることから、単相の多結 晶体と比較して変形挙動はより複雑になることが実験 的にも認められている⁽¹⁾~⁽⁴⁾。しかしながら、二相 合金の塑性変形挙動については未だ明らかでない点も 多いと考えられるので、本報告ではまず、二相合金に ついて各相のひずみ分布の測定を行う。

一方、金属材料の塑性変形に伴う自由表面のあれに 関しては、従来いくつかの研究がなされてきている⁽⁵)⁻⁽¹⁰⁾。その結果明らかになった点として、表面粗さ Rが加えたひずみをおよび結晶粒径dにそれぞれ比例 し、式で表すと R=cをd となることが実験的に示 されている。ここで増加割合cは材料の不均質の程度 に依存する定数であり、自由表面のあれは材料の変形 の不均一と密接に関連している⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾。従来の研究に おいては、鋼や鉄などの単相金属が取り上げられてい るが、本報告では二相合金を取り上げ、その圧縮塑性 変形について検討を加える。

2.実験方法

2-1 試験材料および試験片

本実験では、二相合金材料の例として市販の6-4 黄銅を用いた。6-4黄銅〈Cu60%,Zn40%〉 は、 $\alpha + \beta$ の二相組織であり、 α 相は面心立方晶、 β 相は体心立方晶である。一般に、 α 相は軟らかく延性 に富み、一方 β 相は硬くて延性は低いと言われている。

試験片は走査電子顕微鏡の試料室に入れることがで きるように、断面を20mm×20mm、高さを25mmの 直方体とした。試験片表面はエメリ紙で仕上げた後、 400℃で1時間大気中焼きなましを行い、空冷した。 ひずみ測定用試験片についてはビロ燐酸溶液を用いて 電解研磨および電解腐食を行い、α相とβ相の境界を 識別できるようにした。一方表面粗さ測定用試験片に ついては電解研磨だけを行った。

2-2. 圧縮試験

圧縮試験において試験片に加えるひずみは、対数ひ ずみで約5%ずつとした。そして、ひずみを加えるこ とに表面を走査電子顕微鏡あるいは触針式粗さ計で測 定した。加えるひずみが35%を超えるとα相とβ相 の識別が困難になったので、実験を中止した。なお、 耐圧板と試験片の間には、摩擦を少なくするためにデ フロンシートをはさんだ。

2-3. 各相のひずみ測定

5%の塑性ひずみを加えるごとに走査電子顕微鏡に よって表面を観察、写真撮影し、α相,β相それぞれ の寸法を測定した。測定した場所は、図1で示した9 個の目印付近のそれぞれ10カ所づつの合計90カ所 である。測定は荷重方向(longitudinal direction) およびこれと直角をなす荷重垂直方向(transverse direction)の2方向について行なった。

2-4. 表面粗さ測定

試験片は、電解研磨を施した後、5%ひずみを加え るごとに測定を行った。一つのひずみに対する測定値 は、測定長さ2.5mmで荷重方向及び荷重垂直方向 に5回記録するとともに、合計約10回測定したもの の平均をとった。表面粗さとしては、最大粗さおよび 中心線平均粗さを測定した。

3.実験結果と考察

3-1 加えたひずみと各相のひずみ

前節で述べた方法により、まずα相とβ相のそれぞ れについて、圧縮塑性変形を加えたときの変形挙動を 調べる。変形に伴うα相,β相の変形状態を示す写真 の一例を図2に示す。

全ての測定点について、α相およびβ相のひずみを、 荷重方向および荷重垂直方向に平均した結果を加えた ひずみに対して図示すると図3のようになる。図3に



図1. 圧縮試験片 [断面 20×20(mm)]

示されるように、α相の方がβ相よりもひずみが平均 的に大きくなる。最小自乗法によって、α相の荷重方 向,荷重垂直方向の傾き、およびβ相の荷重方向,荷 重垂直方向の傾きをそれぞれ求めると、それぞれ0.9 6,0.49,0.90,0.40となる。

3-2 各相のひずみの分布状態

次に、α相及びβ相の圧縮塑性変形に伴うひずみの 分布状態について調べる。図4,5は、α相およびβ 相について、それぞれ10%,20%,30%のひず みを加えたときの荷重方向および荷重垂直方向の各相 のひずみの分布を示している。なお、これらの図の横 軸は、各相のひずみε。と加えたひずみεの比の絶対 値 | ε。/ε | である。分布のばらつきは | ε。/ε | で整理すると、加えたひずみによらずほぼ類似の分布 を示している。

図3と図4を比較すると、α相、β相は共にそれぞ れの相ごとにひずみ分布を示すが、平均的に見るとα 相のひずみの方がβ相のひずみよりもやや大きくなっ ている。

(a)ひずみ5%
 (b)ひずみ25%
 図2.圧縮によるα相およびβ相の変形



図3. α相およびβ相の方向別のひずみ

図6は、α相及びβ相について、それぞれ10%, 20%30%のひずみを加えたときの荷重方向,荷重 垂直方向それぞれのひずみの分布を正規確率紙上に描 いたものである。これからわかるように、ひずみの分 布はほぼ直線上にあり、正規分布に近い。

図7は、α相及びβ相について加えたひずみと、荷 重方向、荷重垂直方向のひずみの標準偏差Sとの関係 を示したものである。これからわかるように、全ての 場合において加えたひずみと各相のひずみの標準偏差 との間には比例関係が認められる。

3-3 加えたひずみと表面粗さの関係

次に、塑性変形の進行における表面粗さの変化につ いて検討する。図8は、加えたひずみと荷重方向及び 荷重垂直方向の中心線平均粗さの関係を示している。 また、図9は、加えたひずみと荷重方向及び荷重垂直 方向の最大粗さの関係を示している。中心線平均粗さ, 最大粗さともに、加えたひずみに比例しているのがわ かる。





3-4 各相の硬さ

塑性変形を加える前の試験片にについて、各相のマ イクロビッカース硬さを求めた結果α相はH_ν=102、 β相はH_ν=121であった。すなわち、β相の方がα 相に比べて硬く、材料の塑性変形抵抗も大きいと考え られる。

したがって、先に述べたように、荷重方向,荷重垂 直方向ともにα相の方がβ相に比べてひずみが大きく なることを硬さの測定結果と合わせて考えると、友田 らによっても示された二相合金の変形の特徴がこの場 合にも現れていると考えられる。すなわち、図に模式 的に示す応力-ひずみ曲線において、変形状態は黒丸 で示すようになり、β相の方がα相にくらべて硬さ(変形抵抗)は大きいが、逆にひずみに(平均的に)小 さくなると考えられる。

4.結 言

6-4 黄銅の試験片を用いて圧縮塑性変形を行い、 自由表面におけるα相及びβ相の変形挙動に注目し、 走査電子顕微鏡による観測及び表面粗さの測定を行っ た。その結果、次の点が明らかになった。

(1) 各相のひずみは分布を示すが、それらの標準偏差は加えたひずみに比例して増大する。すなわち、α相, β相共に加えたひずみを中心にしてひずみの分布を示す。

(2) 平均的に見ると、荷重方向、荷重垂直方向ともに α相の方がβ相に比べてひずみが大きい。これはβ相 の方がα相より硬く、変形抵抗が大きいことと対応し ている。

(3) 6-4黄銅のそれ以外の全般的な変形挙動は多結 晶銅の変形挙動と類似している。



文 献

- (1)本田和男,有間淳一,材料,<u>13</u>-135(1964),930.
 (2)Hanabusa,T.,Scholtes,B. and Macheranch,E.,
- Proc.29th Japan Cong-Mat.Res.,(1966),123.
 (3)友田陽,田村今男,鉄と鋼,<u>67</u>-3(1981),439.
 (4)阿部武治編,強度解析学Ⅱ,p.128(1984),オーム社.
 (5)大矢根守哉;塑性と加工,<u>18</u>-193(1977),114.
 (6)小坂田宏造,大矢根守哉;日本機械学会論文集,<u>36</u>-286(1970),1017.
- (7)中村ほか; 塑性加工春季講演論文集,(1973),9.
- (8)高倉ほか;第33回塑性連合連合講演会論文集, (1972),103.
- (9)阿部武治,長岐滋,前田裕次,岡部豐,日本機械学 会論文集,<u>514</u>-468(1985),2036.
- (10)Abe,T.,Nagaki,S. and Nishiyama,T.,Mechanical Behaviour of Materials-V, ed.by Yan,M.G.et al, p.325(1987), Pergamon.



図7. α相およびβ相における ひずみの標準偏差





図9.最大粗さとひずみの関係