

NO.11

材技研

1966

ニュース

科学技術庁

金属材料技術研究所

鉄の変形双晶の伝播速度

低温度または高速度で鉄を変形させると、双晶を伴う変形が見られる。この双晶変形は、特に単結晶のときには、ほとんど瞬間的に、多数の双晶が集団的にあらわれる。双晶変形は、広く言えば体心立方格子をもつ遷移金属およびその合金に共通する性質であり、低温における材料の強度、延性、および破壊などに、大きな影響をおよぼす。これらの機械的性質と双晶変形との関係をはっきりさせるためには、双晶の発生およびその伝播を支配する基本的な物理量を、よく整えられた実験条件のもとで測定する必要がある。

金属物理第2研究室では、鉄の、双晶の発生および成長とすべり変形との関係、さらに双晶変形と破壊との関係などについて、多くの基本的な実験事実を積み上げてきている。そして最近、双晶の動的な伝播におけるもっとも基本的な量である伝播速度の測定に成功した。これは、鉄単結晶の決められた場所に、一枚の双晶を伝播させ、このとき、結晶表面の2点間を双晶先端が通過する時間から、速度を直接に測定する方法である。

用いた結晶の寸法および方位などは図1に示した。この結晶に、できるだけ小さな圧縮応力パルスを与えると、右側のノッチのところで一枚の双

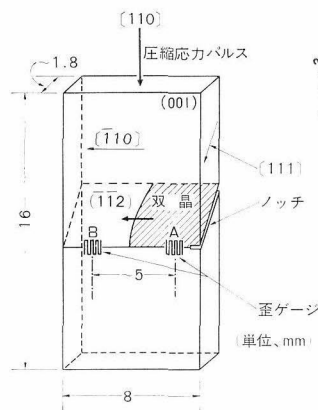


図1

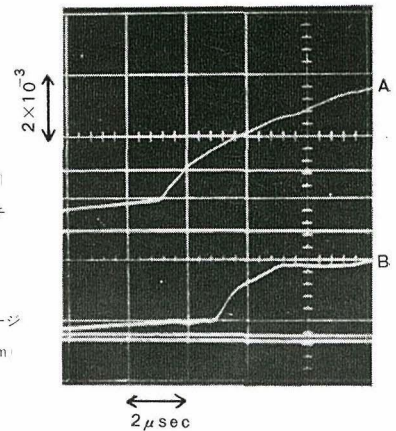


図2 +120°Cで測定した結果

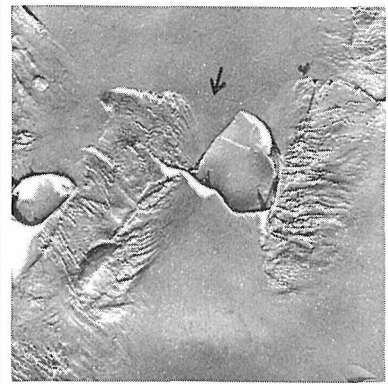
晶が発生し、図1に示したように伝播し、試料の全断面を覆う。このとき、AおよびBの位置に抵抗線ヒズミゲージを貼っておくと、図2のようなひずみの信号が観察できる。この2つの信号の立上り時間の差($\sim 1.8 \mu \text{sec}$)と2つのゲージの間隔から、伝播速度として、約2500m/secが得られた。この種の測定を、いろいろな温度でおこなった結果、図1のような実験条件のもとで得られる双晶の伝播速度は、 -196°C から $+123^\circ \text{C}$ の間でほぼ一定であり、大きな温度依性は存在しないことが、明らかにされた。この結果は、このような動的な条件のもとにおける双晶の成長には、すべり転位の運動は重要な役割をしていないことを示している。

非金属介在物と鋼の疲労

鉄鋼材料の疲労強度に及ぼす非金属介在物の影響については多くの研究がなされており、一般に介在物は疲労性質に悪影響を及ぼすとされているが、不明な点が多いのが現状である。材料力学的にみると介在物は切欠と見なされ、介在物周辺に発生する応力は介在物の大きさおよびその形状、介在物と基地鉄との密着性、両者の弾性定数の相異な



(a) ×3000



(b) ×3000

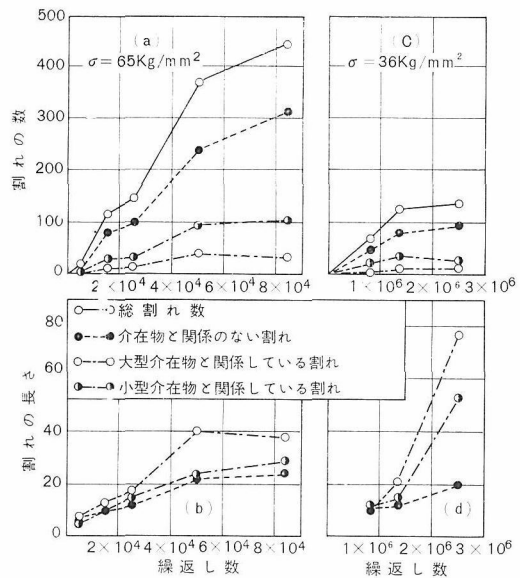
どにより影響を受けると考えられるが、これらの諸因子を考慮に入れた系統的研究は極めて少ない。鉄鋼材料研究部鋼質研究室では介在物だけの影響を調べる目的で、各種介在物を夫々単独に含む試料を作製し、上記の諸因子を考慮して介在物の疲労性質への影響に関する系統的研究を行なっている。

疲労破壊機構は第1段階が微小割れ発生、第2段階がその伝播と考えられている故、試験下の試料の破壊に至るまでの途中の数段階で試験を中断して試料表面の割れ数および割れ長さを任意に100視野について測定した。なお、試料はシェンク型小型疲労試験機により繰返し曲げ試験を行なった。割れ数および割れ長さを測定する際、大型介在物（5～25 μ ）に関係するもの、小型介在物（5 μ ）に関係するものおよび介在物に関係していないものに分けた。FeO系介在物を含有する試料についての結果を図1に示す。その他の各種介在物についても同様の測定を行なった。写真1(a)はFeO系介在物周辺に発生した塑性変形域および介在物から発生している割れを示す。写真1(b)はAl₂O₃系介在物から発生した塑性変形域および割れを示しているが、同写真の試料は低応力（破壊までの繰返し数>10⁶）レベルで試験されたので、塑性変形は矢印で示したように結晶粒界により阻止されている。

各介在物に関する上記のような図から、各介在物の割れ発生および割れ長さへの影響に関する情報はえられるが、各介在物の疲労への影響の大き

写真1 介在物から発生している割れ

- (a) 0.5% C 鋼中の FeO 系介在物から発生している割れ
- (b) 0.02% C Al 脱酸鋼中の Al₂O₃ 系介在物から発生している割れ



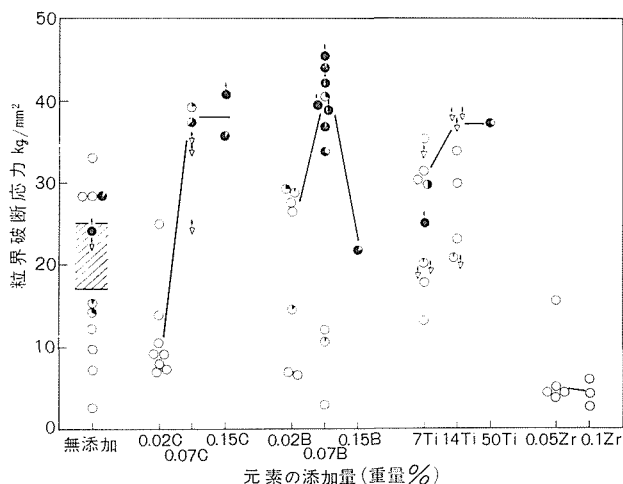
さを比較することは困難である。しかし、同図から割れは破断に至るまで常に新しく発生し、伝播は最初の割れが発生してから破断に至るまで連続して進行していると見なされるので、疲労破断した試料について介在物から発生している割れ数および割れ長さに関する確率的統計的値を得ることができれば、各介在物についてその値を比較することにより介在物の疲労への影響の度合を知ることができよう。

モリブデン 鑄塊の粒界強さ

Mo を構造材料として使う場合には溶解法によることが多い。溶解した Mo でとくに問題になるのは鑄塊の加工性で、鑄塊は焼結材より純度が良いのに加工性が悪いのがふつうである。これは結晶粒が粗大で粒界に不純物が集まりやすいために、粒界強さが低下するものと考えられている。

特殊金属材料研究部原子炉構造材料研究室では、添加元素による Mo 鑄塊の加工性の改善の研究の一部として、若干の元素の粒界強さに対する影響を検討した。電子ビーム溶解法で作った Mo 鑄塊は焼結法やアーク溶解法で作られたものに比べて純度が良いが、依然として結晶粒界から割れやすい傾向を示した。そこで C, B, Ti, Zr の添加元素の鑄塊の曲げ延性に対する影響を調べたところ、添加量 0.06~0.12% の C (残留量 0.005~0.04%), 0.02~0.07% の B (残留量 <0.01%) および添加量 14~50% の Ti (残留量 0.5~5%) がそれぞれ曲げ角 100° 以上の延性を示した。これに対して Zr は添加量 0.05~2% の範囲では全く効果がなかった。またこれらの元素を加えた鑄塊について、延性に最も有害と云われる酸素含有量を分析したところ、いずれも 10ppm 以下で、添加元素と酸素含有量の間には関連が認められなかった。

以上の結果から延性の改善は、従来考えられていたような添加元素による単なる脱酸作用ではなく、粒界強さが添加元素によって増大するためと推測された。そこで結晶粒界の強さを定量的に調べるために、引張軸に垂直方向に一つの粒界を含む試験片について引張試験を行なった。試料は各元素について、添加量が足りなくて脆いもの、延性のよいもの、添加量が多すぎて延性の低いものの 3 種類とした。また粒界は完全に引張軸に垂直ではないので、破断応力の粒界面法線方向の分力を粒界破断応力として表示した。図中に斜線で示したのは高純度 Mo の弾性限の範囲で、純 Mo の粒界破断応力はその上下に分布している。これに対して C を 0.02% 加えたものは純 Mo よりやや低



電子ビーム溶解した Mo の粒界破断応力

くなるが、0.07%, 0.15% 添加したものの応力は純 Mo より高い。なお破断応力の高くなった試料には粒界に相当量の炭化物が存在することが認められた。B の効果も C とほぼ同様だが過剰に加えると粒界破断応力が下る点は異なっている。Ti も 14% 以上加えると破断応力が上昇するが、Zr は逆に低下させることが明らかである。このような添加元素による粒界強さの向上は延性改善の必要な条件であるが、これだけで充分とは云えない。Mo のマトリックスの延性に対する添加元素の影響を、単結晶試料を作って調べたところ、C の場合添加量が 0.005% から 0.02% にますと断面収縮率が 100% から 10% に減ることを認めた。それゆえ添加元素の量は、粒界強さを増してしかもマトリックスの延性をあまり低下させない程度にとどめることが望ましい。この両者に対する添加元素の影響は、C, B と Ti では異なるものと思われるが、この点についてさらに実験を行なう必要がある。

短 信

◇海外出張

当所所長橋本字一は、10月29日より11月7日までチューリッヒ市で開催される鉄-図書館講演会に出席、講演ならびにスイス等で材料試験に関する研究の実態調査のため海外出張した。

アルミニウム陽極の局部腐食

陽極酸化過程においてアルミニウム陽極が局部的に腐食される現象は大正末期に理化学研究所でシュウ酸法の研究が開始された当初すでに発見され、当時交直流重畳電解方式により一応解決した後には余り問題とされていなかった。ところが最近アルミニウム材料の用途がひろまるにつれて、有

力な表面処理である陽極酸化に関してつぎつぎと新しい工程、例えば電解発色法、硬質皮膜法、高速度電解法等が内外で取り扱われるようになり、これらの方法の実験研究および工場生産を行なう場合に陽極の局部腐食現象があらためて問題化してきた。

腐食防食研究部表面処理研究室ではアルミニウム陽極の局部腐食に関する実験を広く行なっているのでその一部を紹介する。すなわち硫酸浴において5種類の実用アルミニウム合金板を陽極酸化する場合に生じる陽極の局部腐食を形態上バーニング（焼け）およびピッチングの2種に分類し、これらにおよぼす電解諸元の影響について検討した。（当所10周年記念英文研究報告参照）その結果使用したすべての材料について、低濃度浴において高電流密度の場合、すなわち、従来、緻密で硬質の優れた皮膜が得られると考えられていた電解条件において反って局部腐食を生じ易いことが判明した。

つぎに1～3%硫酸浴において通常の電流密度（ $0.5 \sim 5 \text{ A/dm}^2$ ）で直流電解する場合、アルミニウム材料の種類および前処理方法の如何にかかわらず、陽極は局部的に腐食される。それゆえ、この局部腐食を防止するため腐食を抑制すると考えられる約80種類の化合物を供試した結果或種の

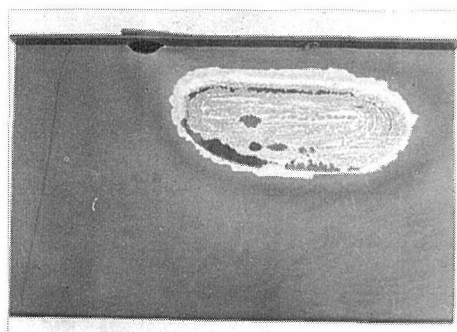


写真1 陽極酸化工程において生じる局部腐食（アルミニウム合金製構造部品）

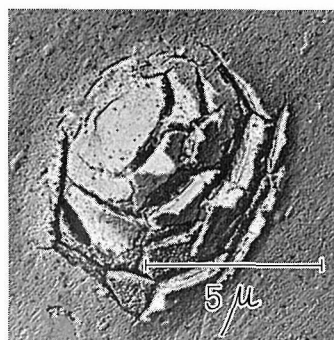


写真2 高純度Al陽極の表面に生じた局部腐食（ピッチングの初期）

塩が効果的であることを見出した。

アルミニウムを陽極酸化すると電解初期に緻密な障壁層を生成し、V T曲線の臨界点附近において電解液の溶解作用により障壁層が溶解して微視孔を生じる。酸化皮膜の溶解が順調におこる場合には、障壁層から多孔性皮膜への転換が陽極表面に均一に行なわれる。しかるに電解液が低濃度で高電流密度の場合は酸化皮膜が溶解し難く、電流阻止作用の大きい緻密な障壁層が生成するので、電流は障壁層の弱点に集中して絶縁破壊が起る。するとこの点はジュール熱および反応熱によって高温となるのでさらに電流が増加し、陽極酸化および皮膜の溶解が激しく起る。また電流が集中する個所は電子電流とイオン電流の比率が高まり、酸化反応に要するよりも過剰の酸素がガスとして発生するため、皮膜は機械的に破壊されて弱点となりこの点にさらに電流が集中する。このような作用が反覆して起る結果局部腐食を生じると考えられる。

従来この問題に関する報告はほとんど見当たらないしこの研究は陽極の局部腐食現象を防止するために必要であるばかりでなく陽極酸化機構を究明するとともに興味が深い。

（通巻 第95号）

発行所 科学技術庁金属材料技術研究所

編集兼発行人 吉 村 浩
印刷 奥村印刷株式会社
東京都千代田区西神田1の10

東京都目黒区中目黒2丁目300番地
電話 目黒（712）3181（代表）