X 線に依る超デュラルミン疲労の研究¹⁾

(昭和 14 年 11 月 15 日 関西支部講演會に於て講演)

正員 田 中 晋 輔²⁾ 正員 篠 田 軍 治³⁾ 正員 高 林 順 三⁴⁾

1. 緒 言

X 線によつて疲現象を研究することは随分古くから行はれてゐたやうであるが、多くは否定的の結果が得られたやうであつた。1936 年に始めて Gough 及び Wood⁵⁾に依て軟鋼の疲現象が X 線的に研究されて、成功を収められて以後相當多くの研究結果が發表されてゐる。併しそれ等の結果は疲試験機、材料等が異なつてゐたためか微細な点になると必ずしも一致してゐるとは云ひ難い。加ふるに未だ輕合金に関する文献は甚だ乏しい。そこで筆者等は超デュラルミンの疲現象を X 線的に研究してみることにした。

超デュラルミンは軟鋼などと異なつて焼入後常溫時効せしめて後使用するものであるから、その疲現象も決して簡単なものではなからう。一方又時効硬化に伴ふ結晶組織の変化は漸く最近に至つて、筆者の中の 1 人⁶⁾に依て見出された如く極めて僅かであつて、決してこれが硬さの著しい増加から想像されるやうな顕著なものではない。従て X 線に依て疲に伴ふ結晶組織の変化を研究するには超デュラルミンは必ずしも適當な材料ではなからうが、一方又それだけに疲に伴ふ著しい変化を期待することも出来ると考へられる。

2. 実験の方法

実験に用いた試料は⁷⁾、

Cu 4.36%, Mg 1.44%, Mn 0.56%, Si 0.17%, Fe 0.33%, Al 残部

よりなる普通の 24S 型超デュラルミンであつて、500° より

第 1 図

水焼入後常溫時効せしめたものである。試験片は第 1 図の如きもので最後の仕上は平バイトで極めて軽い切削を行つたものである。疲試験機としては小野式を用ひ、回轉数は 2000 ~ 2500 rev./min 程度であつた。

X 線は銅 $K\alpha$ を用ひ、これを疲前及び 10^4 , 10^5 , 10^6 , 10^7 回轉後應力を與へて後及び破断後、試験機から取り外して、水平に横たへた試験片に直角に入射せしめ、後方に反

射させて寫眞撮影を行つた。疲に伴ふ結晶組織の変化は性質上極めて僅かの変化であるから、筆者の中の 1 人⁸⁾が行つてゐる弾性限の決定の場合と同様に、常に試験片中の同一箇所同一方向から X 線を當てるのが大切である。そのために試験片は恰度標点距離に等しい間隔をもつた二つの V 型の支持台の上に置かれ、その取付けには特に注意した。

これ等は試験片を固定した儘で撮影を行つたものであるが、この外に上下の方向を軸として試験片を支持台と共に回轉振動させて、寫眞を撮り連続したデバイ・シェラー環を得て疲に伴ふ格子常数変化に関する研究を行つた。

3. 実験の結果

第 2 図は小野式疲試験機に依て得られた結果である。結果は甚だしく不揃であるが、これは主として熱処理の不完全のためであらう。又第 2 図の点の中、白円が X 線分析を行つたものである。

第 2 図

X 線寫眞は第 3, 4, 5 図の如くであつて、斑点の長さと繰返数との関係を図示したものは第 6~10 図である。これ等の寫眞及び図を各場合に就て説明すれば次の如くである。

(1) 荷重が 16 kg/mm^2 の時には 5.7×10^5 で破断したが、斑点の長さの変化は第 6 図の如く疲の初期から不規則であつた。又斑点の形は疲の初期には殆ど変化がなかつたが、破断直前になると斑点中のあるものは著しくぼけた。これは結晶粒子 (grain) 中のあるものが多くの微結晶 (crystallite) に分裂したことを意味する。

(2) 15 kg/mm^2 の場合には 2 本の試料に就て行ひ、夫々 1.14×10^7 と 6.1×10^6 の繰返数で破断したが、前者に於ては第 7 図の如く斑点の長さは破断直前まで余り変化なく、斑点の形も同様であつたが破断すると多少変化した。後者に於ては斑点の長さが第 8 図及び第 3 図の如く著しい変化を示し、破断に至るまでの繰返数も前者の $\frac{1}{2}$ 程であつた。

(3) 14 kg/mm^2 の場合には破断に至るまでの繰返数は 2.23×10^7 で、寫眞は第 4 図の如く破断直前まで斑点の形は

(8) 田中、機械學會誌、41 卷 56 頁(1938)、日本金屬學會誌 2 (1938) 562.

(1) X-ray Studies on the Fatigue of Superduralumin
(2) Shinsuke TANAKA, Osaka Imperial University, Member.
(3) Gunji SHINODA, Osaka Imperial University, Member.
(4) Zyuzō TAKABAYASHI, Osaka Imperial University, Member.
(5) Proc. Roy. Soc. London (A) 154, 510 (1935) (6) 篠田、日本金屬學會誌 2, (1938) 475, 3, (1939) 211. (7) 日本學術振興會 第 25 小委員會より戴いたものである。

第 3 図 15 kg/mm²

繰返数

0

 10^4 10^5 10^6

破 断

折れ口
附 近

繰返数

0

 10^4 10^5

破 断

折れ口と
試料中央
との中間

折れ口

第 5 図 13 kg/mm²

第 4 図 14 kg/mm²

繰返数

0

 10^4 10^5 10^6 10^7

破 断

第 6 図 16 kg/mm²

第 7 図 15 kg/mm²

殆ど変化なく、その長さも第9図の如く変りない。但し破断すると斑点の長さが多少長くなり、同時に斑点の形も多少変る。

(4) 13 kg/mm² の場合には 2 本の試料に就て行ひ、一方は 1.27×10^7 、他方は 0.86×10^6 で破断したが、前者に於ては 14 kg/mm² の場合と同様斑点の形、長さは破断直前まで変化しないが、破断すると何れも多少変化する(第10図)。後者の繰返数が特に著しく少く出たのは、材料その物の欠陥

[第 6 卷 第 24 号 (第 1 部)]

か又は熱処理の不完全かは明らかでないが、何れにしてもその写真は第5図の如く斑点の形が繰返数と共に、著しい変化をなして次第に複雑になる。

以上を総合すると大体に於て次の結論を得る。

第8図 15 kg/mm²

(1) 破断に至るまでの繰返数が 10^7 以上の場合には疲の終期に至るまでは斑点の形及び大きさに変化なく、破断すると多少変化するがその程度は僅かである。斑点の長さの変化も同様である。

(2) 10^5 又は 10^6 程度で破断するものでも、斑点の形の変化が著しい場合と然らざる場合とがあるが、何れにしても破断直前に至ると斑点の形に本質的な変化が起る。

斑点の長さが伸びることは結晶面の回轉又は彎曲を意味する。併しこの場合には性質上微結晶に分裂して、これが母体たる元の結晶と僅かな傾きをなしてゐることに基因するものと考へられる。斑点の形の変化も同様で、分裂した微結晶が元の結晶と不規則に僅かに傾いてゐることを意味する。又斑点がぼやけることは主たる原因が、焼戻効果か内部歪の発生か又は更に小さな微結晶への分裂かは明らかでないが、何れにしても結晶内に著しい変化が起つてゐることだけは確かである。従て何れの場合にも疲の進行と共に結晶粒子は微結晶に分裂するが、破断に至るまでの繰返数が多い場合には、それがあまり顕著でないと云ふことが出来る。又疲の進行と共に焼戻の影響も現はれるのであらうが、写真から格子常数変化を測定した結果は不規則で且、変化も少いので確かなことは云ひ得ない。この点は今後超デュラルミンと異なつて低

温焼戻に依て著しい格子常数変化をなす合金に就て研究を進める予定である。

以上は試験片の略中央に X 線を當てた場合であるが、折れ口に余り接近しない限り他の部分に當てた場合も大差ない。

第9図 14 kg/mm²

第10図 13 kg/mm²

但し時として、殆どすべての斑点の長さが一定であるやうな写真が得られたが、これが何を意味するかは明らかでない。又折れ口に極めて接近した所では斑点が非常にぼやけるか、又は非常にぼやけて $K_{\alpha 1}$ と $K_{\alpha 2}$ とによる2本の線を識別し得ないやうな連続したデバイ・シェラー環が得られて、結晶粒子が微結晶に分裂し且内部歪が相當多く存することを物語る。但しこれも破断に至るまでの繰返数が多いやうなものでは余り著しくない。

又以上の斑点変化は今迄に発表されてゐる軟鋼の場合よりも概して著しくない。

これは小野式試験機と X 線分析の方法とを用ひて軟鋼を取扱つた文献がないやうであるから、確かな比較は出来ないが主たる原因は、軽合金が軟鋼ほど“structure sensitive”でないことに存するものと思はれる。

4. 総括

小野式疲試験機に依て繰返應力を與へた超デュラルミンに就て X 線分析を行つた結果、破断に至るまでの繰返数の多いものでは破断直前まで結晶粒の分裂は殆ど認めることが出来ず、破断に至つて漸く僅かに現はれるに過ぎないが、破断に至るまでの繰返数の少いものに於ては比較的初期より結晶粒の分裂を認めることが出来た。折れ口に近い所に於ては特に著しい結晶粒の変化があつて、その分裂が起つてゐることを知つた。

(昭和 15 年 5 月 30 日受付)