

材料解析のためのアドバンストキャラクタリゼーションに関する研究 (第4報)

— 金属材料不具合発生原因調査のための基礎データベースの構築 —

機械材料科 材料スタッフ 植松俊明 菊池圭祐 吉岡正行 伊藤芳典
機械スタッフ 大澤洋文

Study on Advanced Characterization for Analysis of Industrial Materials (4th Report)

— Construction of Database of Fundamental Metallography and Fractography for Failure Analysis —

Toshiaki Uematsu, Keisuke Kikuchi, Masayuki Yoshioka, Yoshinori Itoh and Hirohumi Osawa

1. 緒言

近年の機械や構造物には、金属(鉄鋼、非鉄金属材料)、セラミックス、高分子、複合材料など多くの種類の材料が使用されている。これらの材料を用いて製造される各部品には十分な安全率がとられて設計されているが、破損が生じてしまうことがある。破損が起きた場合には製造者は部品の使用状況を把握し、部品がどのような理由で破損したのかを調べ、早急に再発防止をしなければならない。しかしながら、その破損原因調査には、長年の経験と適切な試料調整を行うことができる十分な技術力が必要となる。

そこで、前報ではこの分野における企業支援技術の充実と効率化を図ることを目的として、当センターで行った金属材料部品の破損・破壊原因調査に関するデータを収集し、得られた知見の体系化について報告した。今回は、各種材料の疲労試験後の破断面や条件の異なる熱処理による金属組織などの基礎データの収集を行った結果を報告する。

2. 実験方法

2.1 簡易疲労試験

破損の多くは動的負荷による疲労破損であることから、繰り返し負荷時の破断面形態を観察することは重要と考える。そこで、各種材料に繰り返し負荷を与えた後の破断面を観察するために、図1に示す往復すべり子回転機構を有する簡易疲労試験機を製作した。本試験機は駆動装置であるAC小型モーター

(出力200W,起動トルク0.88N・m, 定格トルク1.27 N・m, 定格回転数1500rpm)の回転運動をリンク機構によって往復直線運動へ変換し、試験片に繰り返し曲げ荷重を負荷する機構とした。また、試験片への荷重は振幅量(ストローク量)より算出し、振幅量を調整する振幅調整板と試験片位置調整用ステージを持たせることで制御できる機構とした。ただし、本報告では繰り返し荷重による破断面の観察を目的としたので、繰り返しの荷重は厳密に制御せず、振幅量を徐々に大きく変化させ、短時間で試験片を破損させた。

試験片は短冊形に調製したTi-6Al-4V合金焼結体およびADC12を用いた。

2.2 金属組織試験

前報で報告したように破損の要因の1つとして熱処理不良が挙げられるので、焼入れ温度の違いによる金属組織の変化を観察した。試験片は円柱形状(直径25mm, 厚さ10mm)のSCM415を用い、930℃・2h保持後、焼入れ温度まで徐冷し、800~930℃で

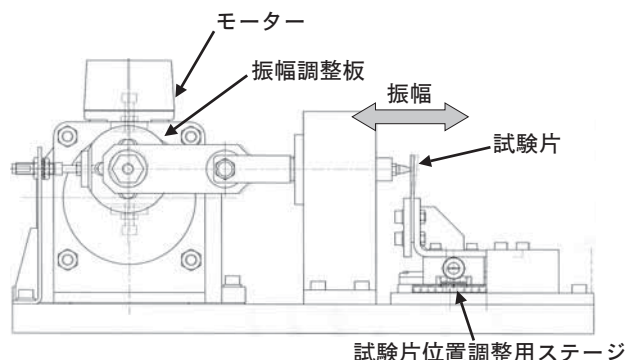


図1 簡易疲労試験機

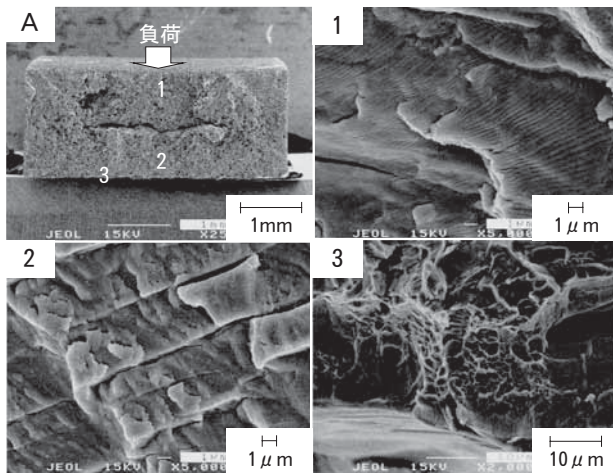


図2 疲労試験後の破断面：Ti-6Al-4V合金焼結体
(写真1～3は写真A中1～3部位の拡大)

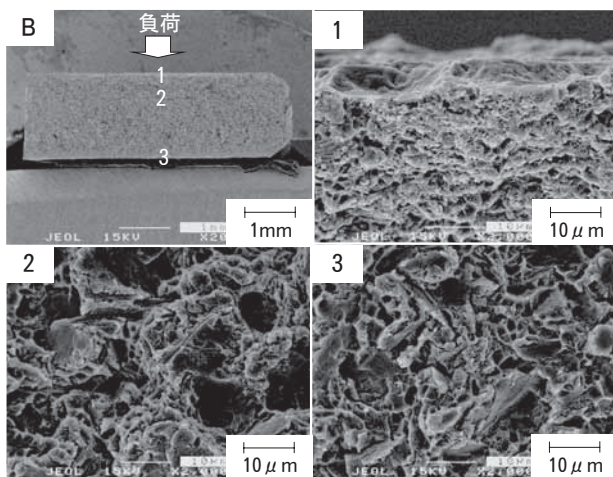


図3 疲労試験後の破断面（ADC12）
(写真1～3は写真B中1～3部位の拡大)

焼入れを行った。試験片はフェノール樹脂に埋め込んだ後、鏡面仕上げした。エッチング処理は5%硝酸エタノール溶液を用いて行い、金属顕微鏡（オリンパス株 GX71）にて試験片表面近傍を観察した。

3. 結果

図2, 3にTi-6Al-4V合金焼結体およびADC12の疲労試験後の破断面を示す。負荷は写真A、Bの試験片上側に矢印の方向に与えた。観察位置は写真A、Bの1～3とした。まず、Ti-6Al-4V合金焼結体では観察位置1において繰り返し荷重により形成された間隔の短い縞模様（ストライエーション）が観察されるが、観察位置2では、縞模様の間隔が観察位置1と比べ広くなっており、振幅を変化させたことにより1回の負荷に対してき裂の進展量が変化したことがわかる。写真3ではくぼみ形状（ディ

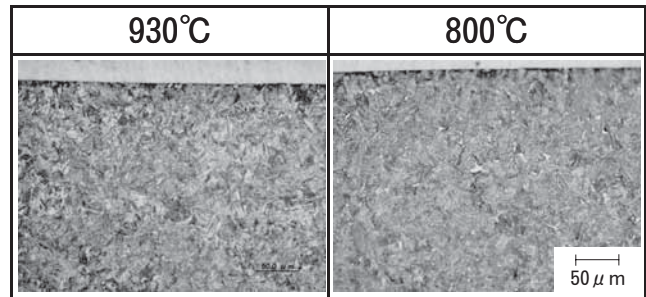


図4 SCM415の焼入れ温度による金属組織の変化

ンプル)の破断面が観察される。これは、延性破壊を生じた破断面で観察され、この破断面では最終破断部位である。

次にADC12では、観察位置2, 3において脆性破壊と延性破壊が混在した破断面が観察されることから、破断面の大部分のき裂進展速度は比較的速いものであったと推察できるが、図2で見られたような明瞭な特徴は見られない。

図4にSCM415の焼入れ温度を変化させたときの金属組織を示す。通常、焼入れは A_{c3} 変態点以上に加熱し、完全にオーステナイト組織とした上で急冷することで、高硬度のマルテンサイト組織を得る。ここで、 A_{c3} 変態点以上である930℃から焼入れしたものの金属組織が上記したようにマルテンサイト組織であるのに対し、変態点以下の800℃から焼入れしたものはマルテンサイト+フェライト組織である。よって、何らかの理由で A_{c3} 変態点以下の温度から焼入れが行われた場合には、Fe-C状態図からも理解できるように初析フェライトが析出することを確認できた。

4. まとめ

破断面解析における企業支援技術の充実と効率化を図るために、簡易疲労試験機による破断面や熱処理条件による金属組織の変化について検討を行った結果、ストライエーションなどの特徴的な破断面や金属組織を得ることができた。

本論の基礎データは限られた試験条件で行った一例を示したものであり、今後も継続して基礎データを収集することで企業支援技術の充実を図る。