

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2報)

— 金属材料不具合(き裂・破壊)の発生原因調査 —

機械材料科 材料スタッフ 植松俊明 吉岡正行 田光伸也*
佐藤憲治** 細谷辰男

Study on Advanced Characterization for Analysis of Industrial Materials (2nd Report)

— Investigation on the Causes for Crack Formation and Fracture of Metallic Material —

Toshiaki Uematsu, Masayuki Yoshioka, Shinya Tako*, Kenji Sato** and Tatsuo Hosoya

1. 緒言

機械部品や構造物などに使用する材料には、金属(鉄鋼、非鉄金属材料)、セラミックス、高分子などがある。金属材料を使用した部品は、我々の身の回りに数多く存在し、金属材料がものづくりの重要な役割を担っていることは周知の事実である。設計者は、このような材料を用いて部品を安全に使用でき、かつ長寿命であるように設計している。しかしながら、実際には、設計者が予測していない短期間で破損(分離を伴わない破壊)したり、破壊(分離を伴う破壊)が起きてしまい、重大な事故を引き起こす場合がある。そこで、破損・破壊を未然に防ぐことは、設計者や技術者にとって大切な使命であると考える。

当センターには、材料の異物や異常による電氣的・機械的特性の不具合および外観不良や金属材料

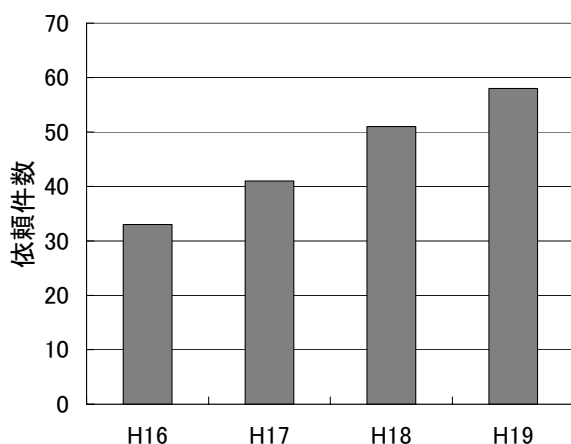


図1 不良部位および破断面観察の依頼件数
(平成20年3月6日現在)

の破損・破壊の原因調査に関する依頼が多くあり、図1に示すように不良部位や破断面の観察を行う試験が近年、増加傾向にある。

実際に部品の破損・破壊が起きてしまった場合、製造者は破損・破壊の状況を把握し、早急に再発防止をしなければならず、原因調査の重要性・緊急性は高い。しかし、破損・破壊の原因調査には、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である。

そこで、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を行う。

2. 調査項目

破損・破壊の原因を究明するための試験方法は、破損部品(破損・破壊を起こしたもの)ごとに異なる。その代表的な調査項目について下記に示す。

2.1 破損品に関する情報収集

破損・破壊原因を推察する上で重要となる破損部品の使用状況を把握するため、下記の項目について聞き取り調査を行う。

- (1) 使用期間
- (2) 部品の拘束状況
- (3) 使用環境
- (4) 部品の材質
- (5) 製造工程(熱処理を含む)
- (6) その他

2.2 マクロ的観察

マクロ的な観察は、光学顕微鏡もしくは電子顕微

*) 現 静岡県工業技術研究所 材料科 **) 現 機械材料科長

鏡の低倍率を用いて行い、破損部位周辺の打痕や加工傷など応力集中が起こりうる箇所の有無や、破断面から、き裂の起点、き裂の進展方向など破壊の状況を把握する上で重要な情報を得る。

2.3 ミクロ的観察

マクロ観察は、すでに述べたように、破壊解析を行う上でなくてはならないものであるが、それだけでは破壊形態の詳細な情報を得ることができず、破壊原因の推定は難しい。そこで、破壊形態の詳細な情報を得るために、焦点深度が深く、立体的な像を得ることができる電子顕微鏡を用いてミクロ的な観察を行う。

2.4 金属組織

金属材料の破損は、形状不良や使用状況が原因であるものだけでなく、切削、溶接、鍛造、熱処理など部品の製造工程における欠陥や特定元素の偏析なども一要因として挙げられる。そこで、金属材料の組織や材質の欠陥などを確認するために、鏡面仕上げ後に腐食液で腐食し、50~1000倍の光学顕微鏡を用いて金属組織試験を行う。

2.5 化学成分分析

金属材料は、構成元素と含有量によって強度や熱処理に影響を及ぼすので化学成分分析の必要がある。また、破断面や金属組織を観察した結果、介在物や偏析が見られた場合には、電子線マイクロアナライザ (EPMA) を用いて微小部位の分析が必要となる。

2.6 その他

材料の強度や硬度不足が、破損や破壊を招くことがあるので、熱処理材であれば、硬度測定を行い、必要に応じては強度試験や形状測定を行う。

3. データ記録方法

上記した調査項目について、調査、検討した結果は、図2に示すように、1案件2ページとなるようにまとめた。1ページ目には、破損品の情報や破損・破壊原因の推察を記載するとともに特別な試料調整を行った場合や、追加試験を行った場合などは手法や理由を示し、2ページ目には、観察すべき箇所を添付することで、今後、類似した破損品へ検討時間の短縮が期待される。

4. まとめ

平成19年度に持ち込まれた案件の中で、現在までに収集したデータは30件ほどであり、鉄鋼材料部品が7割、非鉄材料部品が3割となっている。類似した案件がある場合や、不良部位の観察のみで解決した案件については、データ収集をしていないので、依頼件数と比較すると少ない。破損原因では、形状不良による応力集中や、腐食、溶接部位の不良、熱処理不良、ダイカストの欠陥等があった。

企業支援技術の充実と効率化を図るために、今後も継続してデータ収集を行い、より多くの案件を蓄積し、目的とする案件を容易に検索できるシステムの構築を進めたい。

2.1 節	課題	
	依頼・相談者 担当者	
2.2 節	使用状況	1 使用期間: A: 半年未満, B: 1年未満, C: 2年未満, D: 2年以上 () 2 拘束状況: ① 軸動 (A: 曲げ, B: 引張, C: 圧縮) ② 衝撃 (D: 曲げ, E: 引張, F: 圧縮) ③ 繰返し (G: 曲げ, H: 引張, I: 圧縮) ④ 回転 (J: 間欠, K: 連続, L: 正逆) ⑤ 振動 (M: 上・下, N: 左・右, O: 往復) (P: その他 ()) 3 使用環境: ① 腐食雰囲気 (A: 有, B: 無) () ② その他 ()
	材質	
2.3 節	製造工程	機械加工: 熱処理: 表面処理:
	マクロ観察	① 損傷痕 (A: 有・B: 無) ② 腐食 (C: 有・D: 無) ③ 応力集中部位 (E: 有・F: 無) ④ 起点 (G: 明瞭・H: 不明瞭) ⑤ チェットマーク (I: 明瞭・J: 不明瞭) ⑥ ラチェットマーク (K: 明瞭・L: 不明瞭) ⑦ その他 ()
2.5 節	ミクロ観察	① ストライエーション (A: 有・B: 無) ② 粗粒破壊 (C: 有・D: 無) ③ ヘキシング (E: 有・F: 無) ④ ディンプル (G: 有・H: 無) ⑤ 微小クラック (I: 有・J: 無) 特別な試料調整
2.6 節	その他の測定	① 硬さ試験 (A: HW, B: ロックウェル, C: プリネル) ② 化学成分分析 (D: NDA, E: EDX, F: EPMA) ③ その他追加試験 () 理由: ()
まとめ 推察	まとめ	

破損・破断面の外観
(マクロ観察)

電子顕微鏡写真

写真は、破断面の外観、ミクロ観察で特徴的な箇所、金属組織 (2.4 節)、その他の試験結果を合わせて5~6枚添付する。

電子顕微鏡写真

電子顕微鏡写真

写真の下にはコメントを記載する。

金属組織写真

その他

図2 収集データの記録書式(写真添付例)