

材料解析のためのアドバンストキャラクターゼーションに関する研究 (第5報)

— 金属材料の破断面に及ぼす破断速度の影響 —

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*

Study on Advanced Characterization for Analysis of Industrial Materials (5th Report)

— Effect of Breaking Speed on Fracture Surface of Metallic Materials —

Toshiaki Uematsu, Keisuke Kikuchi, Masayuki Yoshioka and Yoshinori Itoh

1. 緒言

機械部品や構造物には鉄鋼材料や非鉄金属材料など様々な材質が使用されている。また、近年、輸送機器分野では環境問題の観点から部品の軽量化が図られ、チタンやマグネシウム、アルミニウムなどの軽量材料の使用は益々増加すると予想される。

一方、部品が破損したときの原因調査に用いられる破断面解析では、鉄鋼材料に対する破断面の基礎データは容易に入手することができるが、非鉄金属材料は十分とは言えない。

そこで、主に非鉄金属材料の破断面の基礎データを収集することを目的として、引張試験及び衝撃試験を行い、破断速度による破断面への影響を調査した。

2. 実験方法

試験には、純チタン、ジュラルミン (アルミニウム合金)、黄銅、SUS430の4種類を用いた。引張試験片、衝撃試験片ともに板状試験片とし、形状は図1に示す。板厚はすべて1mmとした。

引張試験には精密万能材料試験機を用い、試験速度を1~1000mm/minとした。衝撃試験にはシャルピー衝撃試験機を用いた。各試験は室温で行った。

評価は引張強さ、破断伸び、走査電子顕微鏡による破断面観察で行った。

3. 結果

チタンおよび黄銅の引張試験後の試験片外観を

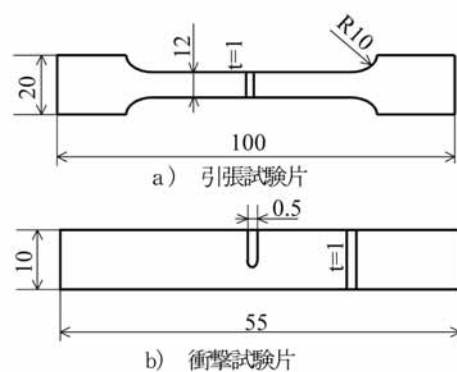
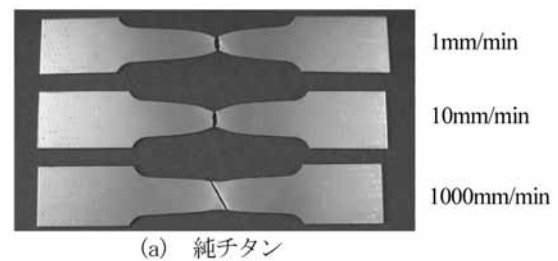
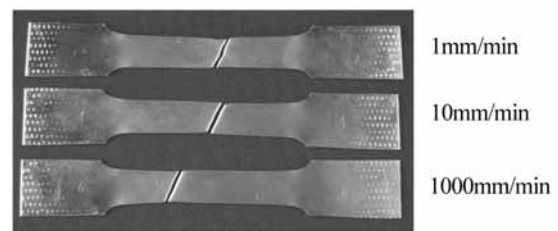


図1 試験片形状



(a) 純チタン



(b) 黄銅

図2 引張試験後の試験片外観

2に示す。その他の材質の外観については黄銅と同じであった。黄銅では、すべての試験速度で引張軸に対して破断面は斜めとなり、破壊様式の違いは見られない。しかし、チタンでは試験速度が1、10mm/minでは2重カップ型であるのに対し、1000mm/minではその他の材質と同じ破壊様式となっていた。

*) 現 材料科

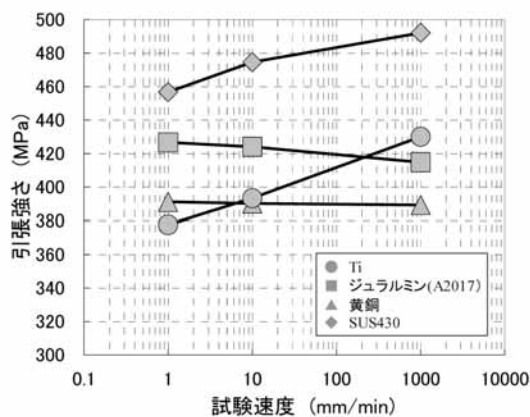


図3 引張強さに及ぼす試験速度の影響

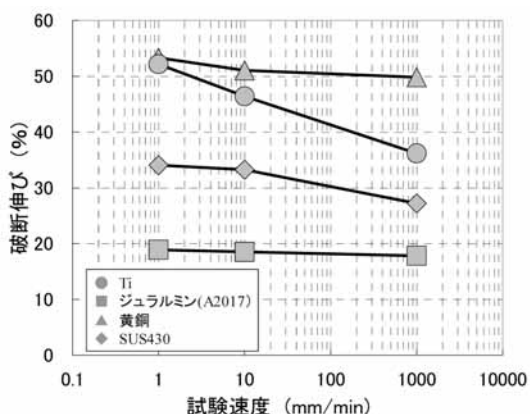


図4 破断伸びに及ぼす試験速度の影響

次に引張強さ、破断伸びの結果を図3、4に示す。引張強さはチタン、SUS430では試験速度が速くなるとともに上昇し、ジュラルミンでは僅かに低下していた。黄銅では試験速度によらずほぼ一定の値であった。

破断伸びはジュラルミンのみ速度によらずほぼ一定の値を示した。その他の材質では試験速度が速くなるとともに低下する傾向を示した。ただし、材質によって低下の度合いが異なり、黄銅が数%、チタンでは20%近い低下が見られた。

ここで、試験速度による破壊様式や機械的特性への影響が見られたので、特徴的なチタン、ジュラルミン、黄銅について走査電子顕微鏡による破断面のマイクロ観察を行った。結果を図5に示す。すべての材質で試験速度によらず多数のくぼみ（ディンプル）が観察される。これは延性のある金属が過負荷により、塑性変形を伴って破壊した際に見られる特徴的な破断面である。また、観察されたディンプルには試験速度が速くなるとともに径が大きくなる傾向が

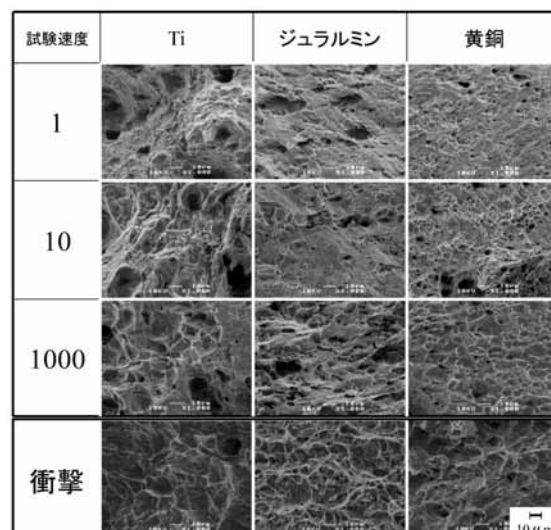


図5 破断面に及ぼす破断速度の影響

見られ、試験速度の早い衝撃試験によって得られたディンプル径は引張試験により得られたものより大きくなっていることから、破断の速度が速くなるとともにディンプル径が大きくなることがわかった。ただし、ディンプルは金属中の介在物や析出物などが核となって多数の空洞となって形成され、金属組織などの影響も受けることから、ディンプルの大きさや量から破断時の速度を推定することは困難である。

また、破断面のマイクロ破面は試験片の形状、破断速度、試験温度などの条件によって大きく影響を受ける。引張試験では破断伸びが破断速度の上昇とともに低下した材質が多いが、今回の試験条件（1～1000mm/min）では延性破壊を示すマイクロ破面（ディンプル）のみが観察され、脆性破壊を示すマイクロ破面は見られなかった。

4. まとめ

金属材料の破断速度による破断面および機械的特性への影響を調べた結果、以下のことが得られた。

- (1) 破断速度による機械的特性への影響は材質によって異なる。
- (2) ミクロ破面では破断速度の上昇によってディンプル径は大きくなる。ただし、今回の結果から破断速度とディンプル径の定量的な関係を導き出すことはできない。