

アルミニウム合金のSP試験における試験環境の影響

旭川工業高等専門学校 ○籠瀬崇晃, 堀川紀孝

要旨

アルミニウム合金の機械的特性に与える環境の影響を評価するため、スモールパンチ試験を行った。水素含有量の異なる 5000 系、7000 系のアルミニウム合金の試験片に対して、大気環境と湿潤環境でスモールパンチ試験を実施し、各試験片の荷重-変位曲線を得るとともに、破断試験片の破断面を観察した。大気環境と湿潤環境での荷重-変位曲線に変化があったことから、水素による機械的特性への影響があると判断した。

1. 緒言

燃料電池を始め、電力・自動車の分野で水素の利用が進む中、アルミニウム合金を水素環境下で用いることも多く見込まれることから、水素脆性に関する研究が数多く進められている⁽¹⁾。水素脆性の実験的な検討においては、SSRT 試験が多く用いられている。加工等の影響の生じる製品実体の評価にあたっては、製品の形状から試験片を製作する必要があり、小型の試験片での試験が要求される。スモールパンチ試験 (SP 試験) は、1 辺 10mm の小型試験片を用いて機械的特性を評価する手法である。形状も単純であることから実体からの試験片採取が容易で、ステンレス鋼を中心に破壊靱性や引張強さの評価が行われている。本研究では、SP 試験をアルミニウム合金の強度特性評価に適用し、試験環境による機械的特性への影響の検証を試みた。

2. 実験方法

供試材の化学成分ならびに水素ガス量を Table1 に示す。Al-Zn-Mg-Cu 合金は A7075 相当で Zn を約 10% としたものであり、含有水素量と成分により 7000H、7000L、7000H(Fe) とし、Al-Mg 合金は A5083 相当で Mg を約 10% としたもので、水素量により 5000H と 5000L と表す。供試材はいずれも熱間で圧延して肉厚 7mm としたものである。試験片形状は 1 辺 10mm の正方形で、厚さは 0.5mm である。肉厚 7mm の供試材から試料切断機にて板厚と平行に 0.6~0.7mm に切り出し、研磨紙にて乾式で 0.5mm±0.05mm に研磨して #1200 で仕上げた。

Fig.1 に SP 試験の概略図を示す。上下の治具で試験片を挟みで固定し、直径 2.4mm の鋼球を万能試験機により試験片に押し込み、その間の荷重と変位を測定した。試験環境は大気環境と湿潤環境とし、大気環境は 20.5℃、29RH% であり、湿潤環境では試験直前に試験治具下部の穴から 10μl の水を試験片に付着させた。得られた荷重-変位曲線と実体顕微鏡による破壊形態の観察から、水素による機械的特性への影響を検証した。

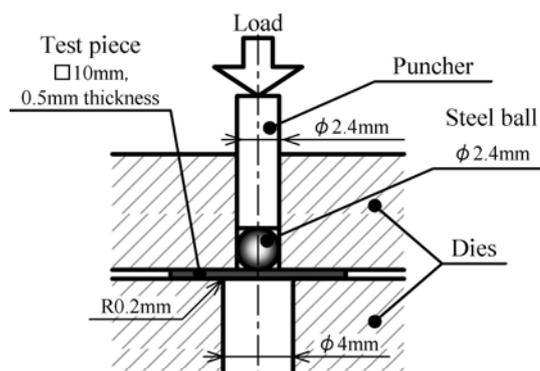


Fig.1 Schematic illustration of small punch testing.

3. 実験結果および考察

Fig.2 に 7000H の大気環境での荷重-変位曲線を示す。変位 0.1mm 付近で傾きが小さくなっていることから、ここで弾性変形から塑性変形に変化したと考えられる。また、変位 0.7mm 付近でも傾きがより小さくなっており、ここで最初のき裂が発生

Table1 Chemical compositions of specimens. (mass%)

	Hydrogen(cc/100g)	Si	Fe	Cu	Mg	Cr	Zn	Ti	Al
7000L	0.16	<0.001	0.002	1.63	2.64	0.21	9.98	0.02	Bal.
7000H	0.36	0.001	<0.001	1.6	2.51	0.21	10.2	0.02	Bal.
7000H(Fe)	0.46	<0.001	0.103	1.57	2.51	0.21	9.84	0.02	Bal.
5000L	0.17	0.017	0.0007	0.022	9.82	0.049	0.006	0.03	Bal.
5000H	0.38	0.024	<0.001	0.022	10.1	0.048	0.008	0.02	Bal.

している。いずれの試験片も変位 1mm 付近で急激な低下が生じており、ここで試験片の破断が発生している。

Fig.3 に大気環境での試験後の実体顕微鏡写真を示す。Fig.3(a) は試験片の全体像であり、中央に鋼球により破断した半球状の部分が見られる。Fig.3(b), (c), (d) は 3 枚の試験片写真である。いずれも円周状に破壊が生じており、そこから放射状にき裂が発生している。円周状に破壊が進行した後、さらに鋼球が押し込まれることにより周辺のき裂が生じたと考えられる。

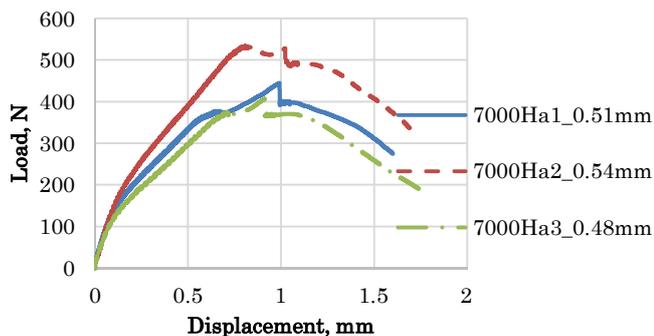


Fig.2 Load-displacement curves in atmospheric environment.

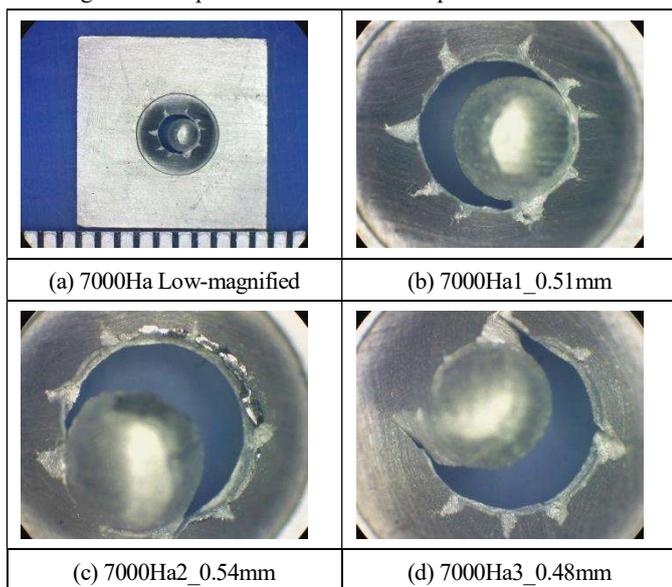


Fig.3 Appearance of test pieces after SP test in dry environment.

Fig.4 に湿潤環境での荷重-変位曲線を示す。変位 0.9mm 付近で急激に荷重が落ちており、ここで破断している。Fig.5 に示す破面を見ても大気環境の破面と比べ大きな差は見られない。

また、最大荷重での比較に先立ち、試験片の厚さの違いによる荷重への影響を簡易的に補正するため(1)式を用いる。

$$\text{荷重の補正值} = \text{荷重の実験値} \times \frac{0.50\text{mm}}{\text{実際の肉厚}} \quad (1)$$

Table 2 に大気環境と湿潤環境による SP 試験での最大荷重の補正值を示す。大気環境に比べ湿潤環境の最大荷重が低く、破断時の変位が小さい。したがって早期にき裂が発生したと考えられることから、靱性の低下、すなわち水素脆性が生じたと判

断した。また、異なる化学成分ならびに含有水素量の供試材において、SP 試験を行い荷重-変位曲線と破面の観察から機械的特性への影響を検証した。

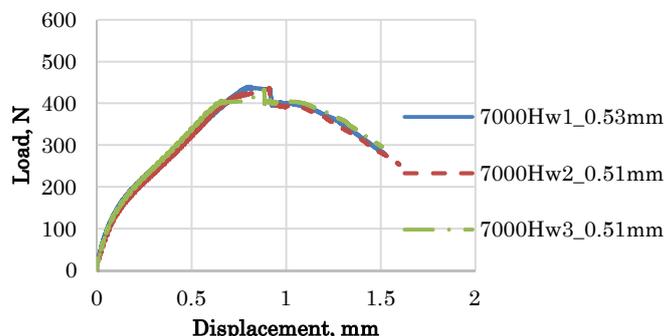


Fig.4 Load-displacement curves in a wet environment.

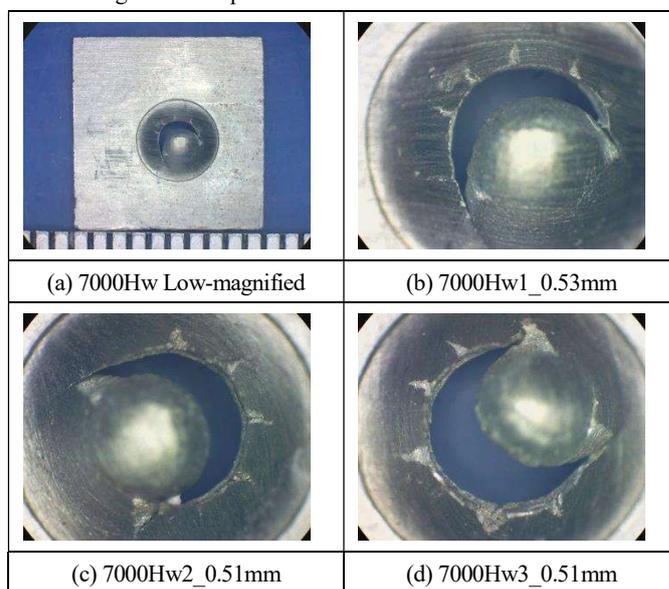


Fig.5 Appearance of test pieces after SP test in humid environment.

Table2 Correction value of maximum load.

	No.1	No.2	No.3	Ave.
Atmosphere	436N	491N	424N	450N
Wet	415N	428N	423N	422N

4. 結言

アルミニウム合金の環境の異なる SP 試験を実施し、荷重-変位曲線が得るとともに試験後の破面を観察した。

- (1) 大気環境と湿潤環境での試験後の破面には大きな変化は見られなかった。
- (2) 大気環境と湿潤環境での荷重-変位曲線の違いと、最大荷重の変化から水素による機械的特性への影響について SP 試験を用いて検証することができた。

参考文献

- (1) 大崎修平, 前田悦宏, 森田到, 中井学, 藪田均, 軽金属, 60 (2010), pp.19-25