技術報告

AZ80マグネシウム合金鍛造用押出し素材の押出し比 および押出し形状による機械的性質の変化

マグネシウム委員会, MWT 委員会

Mechanical properties of extruded AZ80 magnesium alloy billets

Japan Magnesium Association, Committee of MWT

(Received June 14, 1988)

1. ま え が き

マグネシウム合金は、航空機、自動車、コンピュータ関連機器等の部品として使用されており、軽量化時代を担うには最も適した材料の一つとして大いに期待される。しかしながら、その工業的な伸長は必ずしもはかばかしくないのが実状である。とくに、展伸材においてである。

ところで、Alを含むマグネシウム合金は実用マグネシウム合金中、古い歴史をもち、強さと伸びの均衡がとれた材料として、いまなおマグネシウム合金の中心的役割を果たしているといえる。しかし、展伸材としてのこの系の合金の基礎的特性および実用上の諸性質は必ずしも明確にされているわけではなく、それらに関する研究・試験の報告もいたって少ない。

本委員会では、これまでにAZ31やZK系合金展伸材について諸性質を調べてきたが^{(1)~(4)}、今回は、Alを含む展伸用高力マグネシウム合金の代表的合金であるAZ80を取り上げ、鍛造に関する一連の基礎研究を行ったので、その成果の一つとして、鍛造用押出し素材の押出し比および押出し形状による機械的性質の変化について実験した結果をここに報告する。

鍛造用素材として鍛造材をそのまま用いることも、またそれを一度押出し加工したものをを用いることもできる。鑄造材はその凝固過程において樹枝状晶を生成し、鍛造にあたって鍛造比が低いと、それが材料中に残留し、材料の性質に影響を与えるが、押出し材にみられるような加工流れによる性質の異方性を有しない。一方、押出し材は押出し比に依存して加工流れをもち、その流れの方向とそれに直角な方向とに機械的性質の差がみられる。この押出し材を素材として鍛造を行うと、加工流

れは鍛造による材料の流れに影響して複雑な異方性を局部的に与える。この異方性は各鍛造品の形状や鍛造比によって異なるので、一つの鍛造品を例にとって普遍的に記述することはできない。一連の本実験では据込み自由鍛造の場合について実験を行ったので、それらについては次報で報告する。本報告では、それ以前に、AZ80の鍛造用素材として押出し材を用いることを想定し、押出し材の性質が押出し比や押出し形状によってどのように変化するかの情報を得るための実験を行ったので、その結果について述べる。

また、機械的性質測定のために用いられる引張試験片の形状により、測定される性質に差がみられることがある。この点を調べるために、JIS 4号、14AおよびB号の3種類の試験片について、測定値の差異を検討したので、その結果についても述べる。

2. 実験方法

実験に用いた試料を表1に示す。鑄造ビレットは直径150 mm (6 in) および225 mm (9 in) の2種で、押出し加工前に420°C・48 hの均熱処理後、押出し比6.1, 5.3, 5.8, 18.7および51.0の5種類で、丸棒または平角材に押出しした。押出し形状および寸法ならびに試験片の採取方法および寸法は表1に併記したとおりである。押出し材からの試験片の採取箇所は図1に示す。

引張試験はオートグラフ試験機により行い、ひずみ速度は約 $1 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ であり、引張強さ、0.2%耐力および伸びを測定した。組織観察は研磨後わずかに腐食させた押出し材表面および横断面について行った。

3. 実験結果

3.1 試料A (押出し比6.1, 直径85 mm 丸棒)

図1 各押出し材試料(A~E)での引張試験片採取箇所:斜線部を除外, sは検鏡箇所

表1 AZ80合金押出し材の試験片採取方法および試験片寸法

試料記号	ビレットの直径 (mm)	押出し比	押出し形状		試験片採取方法	試験片寸法*		
			断面 (mm)	長さ (mm)		4号	14A号	14B号
A	9	6.1	85φ	3	⊕ 4分割	○	○	-
B	9	5.3	130X50	2.3	⊞ 8分割	○	○	-
C	6	5.8	60φ	2.85	⊕ 4分割	○	○	-
D	6	18.7	44X22	5.82	⊞ 2分割	○	-	○
E	6	51.0	21φ	11.34	○ 不分割	○	○	-

* 付図参照、○印は適用

14A号 D 5±0.05 L 25 P 30 R 18

4号 14±0.05 50 60 15

図2 試料A(表1および図1参照)の押出し方向に沿っての引張性質の変化

JIS 4号および14A号試験片による引張試験結果を図2に示す。この図では、引張強さ、0.2%耐力および伸びを試料採取位置(先端よりの距離)に対して示している。各点は表1に示したように、同一箇所から採取した4個の試験片の平均である。図中縦に引いた一点鎖線は押出し材の終端部を示す。

図2によると、各点の測定値は長手方向について変化が非常に少なく、強さや伸びについて均一な押出し材が得られていることが分かる。また、試験片の種類による測定値の差は、強さについてはほとんどないが、伸びでは4号試験片の方が2,3%程度高い値を示している。4号の方が14A号より標点距離(L)は長い、断面積(A)

に対する比つまり L/A では前者の方が小さい。

3.2 試料B(押出し比5.3, 厚さ50 mm, 幅130 mm 平角材)

この試料の結果を図3に示す。各点は表1より分かるように、8個の試験片の平均値である。強さについては押出し材の全長にわたってばらつきが少なく、試験片の種類による差はほとんどないが、伸びの値にはややばらつきがあり、中央部がわずかながら高い値を示している。また、試料Aのときと同じく4号試験片の方が伸びが大きい。

3.3 試料C(押出し比5.8, 直径60 mm 丸棒)

この試料の結果を図4に示す。各点は表1から分かるように、4個の試験片の平均値である。前二者の試料と

図3 試料B（表1および図1参照）の押出し方向に沿っての引張性質の変化

図4 試料C（表1および図1参照）の押出し方向に沿っての引張性質の変化

同様に、強さについては試験片形状による差は認められず、ばらつきも小さい。また、伸びについても差がほとんどなく、押出し材両端部において14A号試験片の伸びがわずかに低い値を示しているが、中央部ではその差は認められない。

3.4 試料D（押出し比18.7、厚さ22 mm、幅44 mm 平角材）

この試料のJIS 4号および14B号試験片についての結果を図5に示す。各点は表1より分かるように、2個の試験片の平均値である。強さは前出の試料と同様の傾向を示すが、伸びは両種の試験片ともばらつきが大きい。

3.5 試料E（押出し比51.0、直径21 mm 丸棒）

この試料の結果を図6に示す。各点は表1から分かるように、1個の試験片の値である。この試料は、押出し比が最も大きく、したがって最も細い長尺の押出し材である。強さの測定値は試験片の採取位置によって多少ばらつきがある。14A号の方が4号に比べてばらつきが大

図5 試料D（表1および図1参照）の押出し方向に沿っての引張性質の変化

図6 試料E（表1および図1参照）の押出し方向に沿っての引張性質の変化

きく、場所によってはかなり低い値を示す点もあるが、はっきりとした傾向として現れていないので、部分的な材料内の欠陥によるものと思われる。伸びはやはり14号の方が4号試験片よりも4%程度低い。

以上の結果より、測定値の押出し比および試験片形状依存性をみると、押出し比の低い試料（A, B, およびC）では、引張強さ、0.2%耐力および伸びはほぼ同じ傾向にある。とくに、丸棒材ではばらつきが非常に少ない。押出し比の高い試料（DおよびE）は低い試料よりも強さは高いが伸びは低く、同時に試験片形状効果ははっきりとでており、たとえば、丸棒材に比べて平角材の伸びはかなり低い値を示している。

4. 考 察

引張試験において、試験片形状による伸びの差が認められたが、これは主として形状効果に起因するものと思われる。断面積に対する標点距離の比が小さい方が、伸びの値が大きくなるという従来の傾向と一致している。しかし、試料Eについて二つの試験片間の伸びの大きな差は試験片の形状によるもの以外の効果を含むと思われる。つまり、本試料は押出し比が高いため外周部と中心部との組織の差が大きく、切削して試験片形状としたと

図7 押出し比の差による結晶粒径の差異の例：
(a)試料B (押出し比5.3)，(b)試料E (押出し比51.0)

き，14A号試験片の直径が小さいため中心部が主体を占める結果になったことも一因と考えられる。

押出し形状によって伸びの測定値に変化がみられた。つまり，丸棒材では比較的一定な値に揃ったが，平角材ではばらつきが大きい。これは，試験片の断面が円形であるため平角材の試験片では断面での組織の対称性が悪いことが一つの原因ではないかと考えられる。

押出し比については，押出し比が増加するに伴って引張強さが増加する。これは光学顕微鏡観察の結果とよく対応している。組織例を図7に示すように，押出し比の低い材料の組織は粗大な結晶粒と微細粒の混粒であり，粗大粒の変形が低荷重下で容易に起こり，変形量も増加するものとみられる。押出し比の高い試料の組織は結晶粒が全体的に微細化し，強さの増加をもたらすものと考えられる。

5. ま と め

AZ80マグネシウム合金鍛造用素材となる押出し材の基本的な性質を知るため，押出し比および押出し形状と機械的性質との関係ならびに試験片形状による測定値の変化について研究し，次の結果を得た。

(1) 押出し比が高いほど，引張強さおよび0.2%耐力は増加し，伸びは低下する傾向がある。押出し形状の違いによる強さの差は認められないが，伸びにおいて平角材の値が丸棒材のものよりやや低く，ばらつきが大きい。

(2) JIS4号と14A号試験片との測定値を比較すると，強さにおいてはその差は認められないが，伸び値では前者が高い値を示す傾向にある。これは，主として試験片の形状効果によるものと思われるが，ある種の材料では

試験片断面積の差に押出し材の材質不均質性が反映している場合がある。

(3) 押出し比および押出し形状に関係なく，同一押出し材では試験片の採取位置による強さの差は非常に少なく，事実上差がないといえる。しかし，伸びは押出し比が大きくなると，ばらつきが大きくなる傾向がある。とくに，平角材において著しい。

(4) 組織観察によると，比較的押出し比の低い試料は粗大粒と微細粒の混粒組織となっており，押出し方向に沿って析出物が部分的に現れている。押出し比が高くなると結晶粒は全体的に微細化し，析出物も細かく分散する。

MWT 委員会名簿 (五十音順)

委員長	諸住正太郎	(東北大学，現千葉工業大学)
委員	青木顕一郎	(日本大学)
	伊藤 茂	(古河マグネシウム㈱)
○大森	梧郎	(金属材料技術研究所)
	大森 志道	(宇部興産㈱)
○勝田	基嗣	(日本大学)
	鎌田 園尚	(日立電線㈱)
	斉藤 定雄	(中央工産㈱)
	鈴木 敏夫	(㈱神戸製鋼所)
	高橋 晋	(古河アルミニウム工業㈱，現古河カラーアルミ㈱)
	高橋 恒夫	(東京工業大学，現千葉工業大学)
	堀内 良	(宇宙科学研究所)
○水嶋	輝夫	(千葉工業大学)
○村上	雄	(東京工業大学)
○山崎	卓雄	(防衛庁)
協力者	○田村 良雄	(金属材料技術研究所)
	○本間 一広	(金属材料技術研究所)

(○印は，試験および執筆担当者)

参 考 文 献

- 1) マグネシウム委員会：軽金属，**13** (1963)，45.
- 2) マグネシウム委員会：軽金属，**24** (1974)，427.
- 3) マグネシウム委員会：軽金属，**28** (1978)，150.
- 4) マグネシウム委員会：軽金属，**32** (1982)，488.