

AZ91 マグネシウム合金切削屑を用いた摩擦固化成形時の流動特性

日大生産工(院) ○相馬 健一郎

日大生産工

前田 将克, 加藤 数良, 野本 光輝

1 緒 言

摩擦固化成形法は工具と素材との摩擦熱を利用するため外部加熱機構が不要で、エネルギー効率がよく、リサイクル法として今後期待できる方法である。摩擦固化成形の主な成形条件には予熱圧力、予熱時間、押出圧力、押出比などが挙げられ、これらの条件を組合せて摩擦固化成形を行うことで高密度な成形体を得られることが報告されている¹⁾。しかしながら、これまで成形時の流動特性については解明されておらずより良質な成形体を得る上でその解明が必要である。また、直接押出のみの報告であり、大径・長尺の押出しに有利である間接押出についても検討が必要である。

本研究ではAZ91マグネシウム合金切削屑を用いて直接押出および間接押出によって摩擦固化成形を行い、切削屑の流動特性と成形体の組織および機械的性質について検討した。

2 供試材および実験方法

供試材には、AZ91マグネシウム合金鋳物板材 ($\sigma = 193 \text{ MPa}$, $\delta = 1.2 \%$, 71 HV0.1) を乾式フライス加工 (切込み量 1 mm) により製作した切削屑を用いた。固化成形には全自動摩擦圧接機を使用し、成形条件は予備実験から選定した Table 1 に示す条件とした。使用工具は SUS304 ステンレス鋼を Fig. 1 に示す寸法形状に機械加工したものを用いた。実験方法は、切削屑をダイに充填し、回転させた状態でステムをダイに挿入し、素材と接触させて予熱圧力と回転摩擦により予熱を与えた後、押出圧力を負荷しながら素材を押出すことにより成形体を得た。

得られた成形体の巨視および微視的組織観察、硬さ試験、引張試験をいずれも室温で行った。引張試験片形状は直接押出成形体では平行部直径を 5 mm、平行部長さを 20 mm とした。間接押出成形体では先端部および後端部を切り落とし、外周切削を行わず押出したままの状態 で引張試験片とした。

3 実験結果および考察

Fig. 2 に巨視的に流動を可視化するために銅粉末を 4 層挿入し充填時高さの 3/4 で押出を中止し取出したものと AZ91 切削屑のみ用いて得られた成形体の横断面巨視的組織を示す。Fig. 2 (A-1) 直接押出 3/4 ではステム接触面から押出方向に凸となる組織が観察された。また外周部では銅粉末層がステム接触面近傍へ引き伸ばされている状態が観察された。このことは表皮の巻込みによるものであると考えられる。Fig. 2 (B-1) 間接押出 3/4 では銅粉末層が直接押出材に比較して不明瞭となっている。このこと

Table 1 Processing conditions.

Extrusion process	Direct	Indirect
Contact surface angle θ (deg.)	180	60, 90, 180
Rotational speed N (rpm)	500	
Preheating pressure P_0 (MPa)	40	20
Preheating time t (s)	60	30
Extrusion pressure P_1 (MPa)	200	40

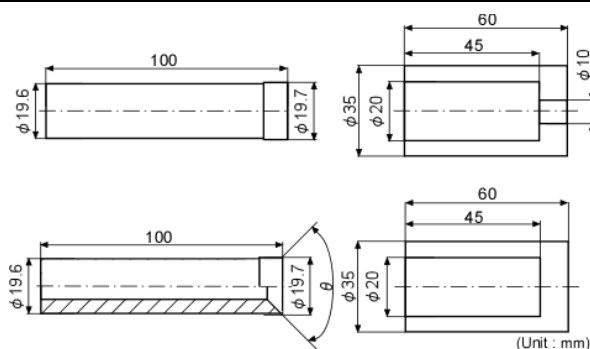


Fig. 1 Shapes and dimensions of tools.

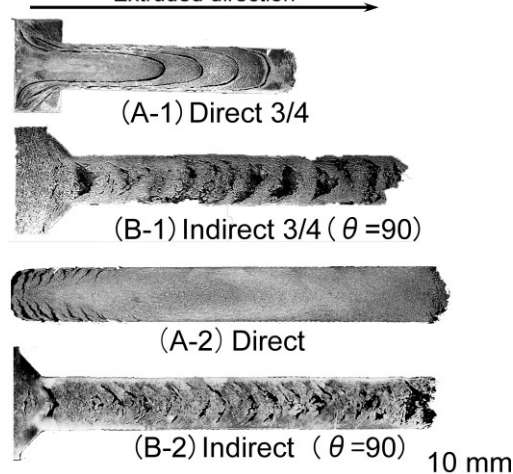


Fig. 2 Macrostructures of consolidated rods.

Plastic Flow Behavior During Friction Consolidation of AZ91 Magnesium Alloy Chips

Ken-ichirou Souma, Masakatsu MAEDA, Kazuoshi KATOH, Mitsuteru NOMOTO

は熱源と出口部が同一位置にあり、十分な圧力を負荷されずに押出され切削屑形状が明瞭に残存しているためであると考えられる。Fig. 2 (A-2) 直接押出成形体では先端部に切削屑が折り重なったような層状組織、中央部には不明瞭ではあるが楕円状の緻密組織領域が観察された。Fig. 2 (B-2) 間接押出成形体では押出方向に凸となる多数の空隙が観察された。

Fig.3に充填時高さの3/4で押出を中止し取り出したものの横断面微視的組織を示す。Fig. 3(A) 直接押出3/4では(a)は押出方向へ向かう密な流動、(b)では外周から軸心へ向かう流動が観察され、(c)は切削屑形状が残存する複雑な様相を示すデッドゾーンが観察された。(d)の楕円状組織部先端では二股に分かれた流動が観察された。(e)ではステム接触面から成長する楕円状組織部にはよどみ点が形成されており、そのよどみ点のために楕円状組織先端は二股に分かれ、その後に軸心部へ向かう押出方向とは逆向きの流動が観察された。Fig. 3 (B) 間接押出では全ての観察箇所で見られる切削屑界面が明瞭に観察され、(c)で軸心部へ向かう流動、(d)で押出方向に凸に変形した切削屑が観察された。

Fig.4に得られた成形体の横断面微視的組織を示す。直接押出では、先端部を除く部分で緻密な組織が観察された。このことは熱源と出口部が離れているために押出にくく、先端部では加圧効果が不十分であったと考える。他の部分では予熱過程においてステム接触面近傍の切削屑が成形体軸心部を貫くように流動するため、素材の加熱が効果的に行われていると考えられる。しかしながら間接押出ではステムと素材との摩擦により加熱された素材がダイ内部の素材に熱を伝えることなく押出されるために成形体全体で切削屑形状が観察された。

Fig.5に引張試験結果を示す。直接押出成形体は軸心部中央に見られる楕円状組織部で破断した場合で最高値214 MPaを示し、母材の110 %の値が得られた。このことは母材内部の鑄造欠陥が消滅したためと考えられる。直接押出成形体の先端部に見られる層状組織部破断では149 MPaの値が得られ、母材に比較して約77%の値となった。間接押出成形体では、77 MPaと、母材の約40%と低い値を示した。このことは、切削屑同士の接合が十分に行われていないことおよび空隙が多数存在していることが原因と考えられる。

4. 参考文献

- 1) 例えば、大塚健太，加藤数良：軽金属学会第120回春期大会概要，(2011)，71。

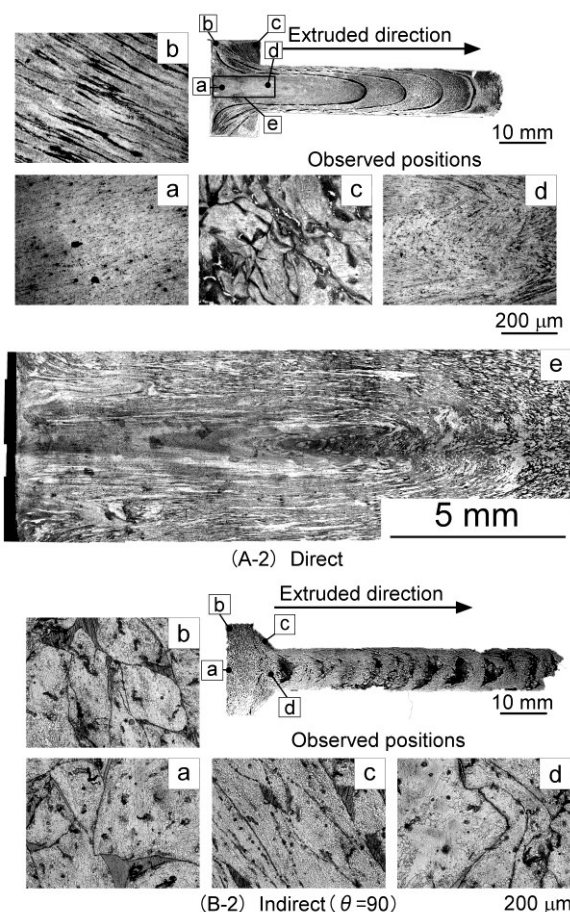


Fig.3 Microstructures of a 3/4 consolidated rod.

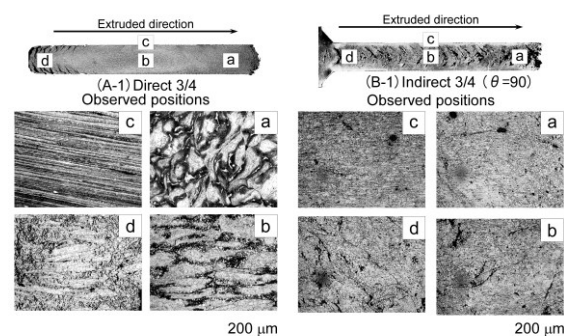


Fig.4 Microstructures of consolidated rods.

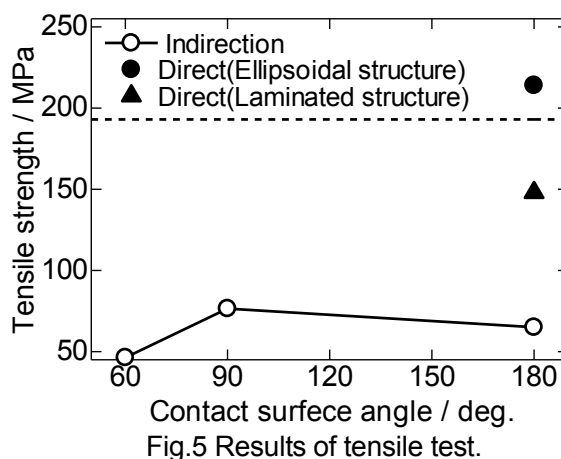


Fig.5 Results of tensile test.