

マグネシウム合金の高生産性押出技術の開発

富山県立大学工学部機械システム工学科

教授 松岡 信一

(平成14年度研究開発助成 AF-2002008)

キーワード：マグネシウム合金，押出加工，機械的性質，

1. はじめに

マグネシウム (Mg) 合金は、実用金属中でもっとも軽量 ($\rho : 1.74$) で、比強度が高い。すなわち繊維強化プラスチック (FRP) と同等の軽さで、チタン (Ti) に相当する高強度材料である。この特性を利用して携帯電話、家電製品、福祉機器および燃費向上のための軽量化が要求される自動車関連部品などへの用途が広がっている。

現在、この合金による製造工程は、鋳造、ダイキャスト、チクソモルディングなどの熔融あるいは半熔融加工による方法が中心である。これに対して、生産性に優れ、多様な断面形状が容易に得られる押出加工が適用できれば、上記の部品・製品をはじめ産業機器や建材等の幅広い分野への利用が期待できる。

ここでは、品質が安定しマグネシウム合金の量産化技術の開発を目的に、押出加工について検討した結果を報告する。

2. 実験方法と条件

実験に使用した押出ビレットは、AZ31B合金を $\phi 45 \times 100\text{mm}$ に砂型鋳造したものである。表1に、その化学成分を示す。

押出ビレットは、均質化処理の有無が押出性に及ぼす影響を調べるため、鋳造したビレットおよび均質化処理したビレットの2種類を用いた。均質化処理の条件は、アルゴンガス雰囲気中でビレット温度 673K に加熱後、36Ks の保持し、ファン空冷した。ここで均質化処理の温度条件は、Mg-Al-Zn系合金の三元共晶温度より30K低い温度とした。押出用ビレットは、表皮層の影響を除外するため、 $\phi 40 \times 65\text{mm}$ に切削加工した。

押出加工は、図1に示す押出治具を、最大荷重2MNの圧縮試験機に組み込んで実施した。ビレットは電気炉で所定の温度に達するまで加熱した後、速やかにコンテナに挿入し所定の速度で押出しを行った。

表1 AZ31B合金の化学組成

Al	Zn	Mn	Si	Cu	Ni	Fe	Mg
3.33	0.88	0.21	0.002	0.003	0.002	0.003	Bal.

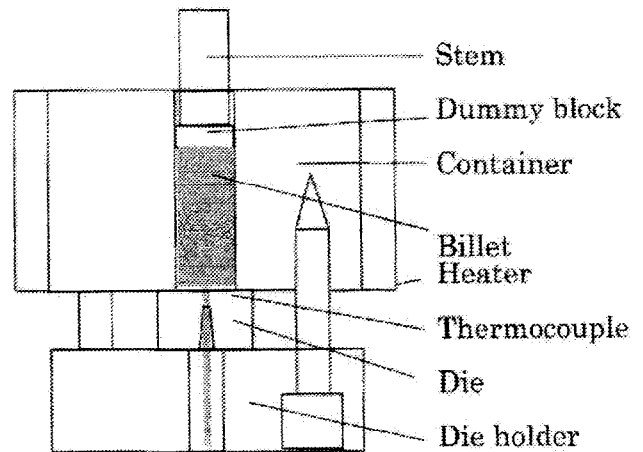


図1 押出加工の概要

押出条件は、ビレット温度 673K、ラム速度; $16.7 \times 10^{-5}\text{m/s}$ 、および押出比を変えて行った。

また、押出材等の特性調査は、引張試験 (試験速度: 5 mm/min) による引張強度の測定および光学顕微鏡やSEMによる組織観察を行った。

3. 結果と考察

3.1 押出材の機械的強度に及ぼす均質化処理の影響

図2は、押出材の引張強さ (a) および伸び (b) を示す。また比較のために図中にビレットの引張強さを併記した。押出材の引張強さ、伸びはビレットのそれより大きく、押出加工により機械的性質が向上したことが分かる。また、ビレットの均質化処理の有無、および押出比の大小に係わらず引張強さは約 300MPa で一定である。これに対して、伸びは均質化処理した方が大きく、伸びに対して均質化処理は有効であると考えられる。また、押出比の大小は、引張強さよりも伸びに効果が大きい、すなわち押出比が大きくと、均質化処理したものは伸びが増大する。

図3は、押出用ビレットの内部組織写真を示す。同図 (a) は鋳造材、(b) は均質化処理材の各組織である。鋳造材は、結晶粒界に金属間化合物が存在するが、均質化処理材 (b) には見あたらない。

また鋳造材をEPMAで分析した結果、上記の化合物は、

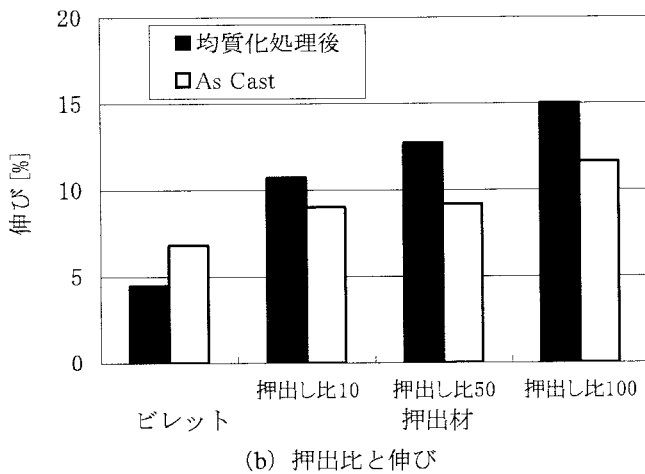
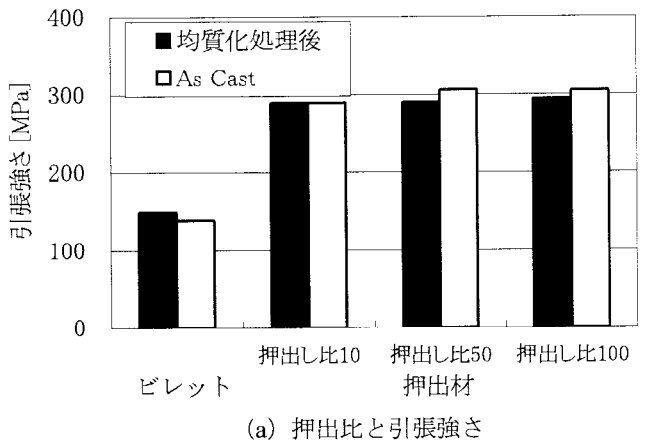
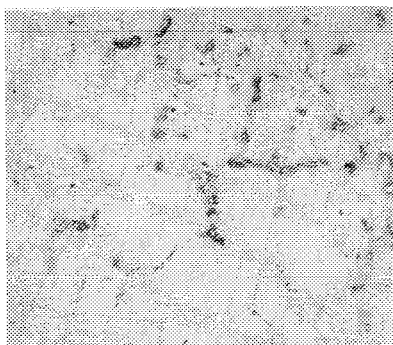
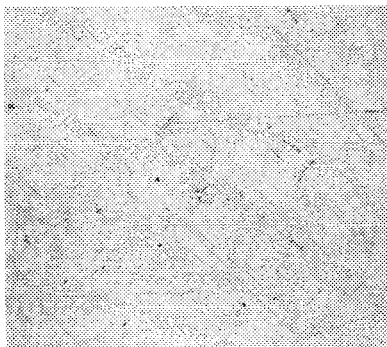


図2 AZ31B合金押出材の押出比と引張強さ (a) および伸び (b) の関係



(a) 鋳造材



(b) 均質化処理材

図3 押出ピレット(AZ31B)の組織写真

共晶で晶出した β 相($Mg_{17}Al_{12}$)であると推移される。また、Mg-Al-Zn系の金属間化合物も観察され、 ϵ 相($Al_2Mg_3Zn_3$)であると推察される。

これらのことから、均質化処理により、アルミニウムや亜鉛はマトリックス中に固溶し、金属間化合物は消失したと考えられる。

3.2 押出材の表面性状に及ぼすダイス形状の影響

図4は、ベアリングの導入部にRを付けたダイス(a)、45度のテーパを有するフローガイドを付けたダイス(b)およびダイス半角90度のダイスにベアリング角度(0° , 0.17° , 1.0°)を付けたダイスの3種類を用いて押出加工した。押出条件は、ピレット温度 400°C 、ダイス温度 400°C 、ラム速度 $10\text{mm}/\text{min}$ 、押出比 50 である。

R付ダイス、テーパフローガイド付ダイスのいずれも、ノーマルダイス(半角 90° 、ベアリング角度 0°)と比べ、表面粗さは小さく平滑な表面が得られる。しかし、テーパフローガイド付ダイスは、前記の平滑な部分に加え微小な凹凸が多数存在し、表面性状は不安定であることから、これはメタルフローが不安定で生じたものと推察される。¹⁾

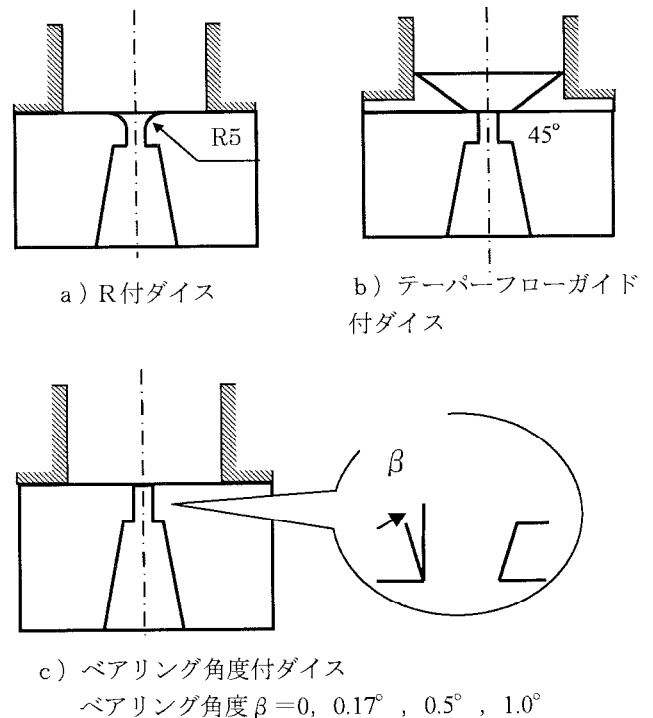
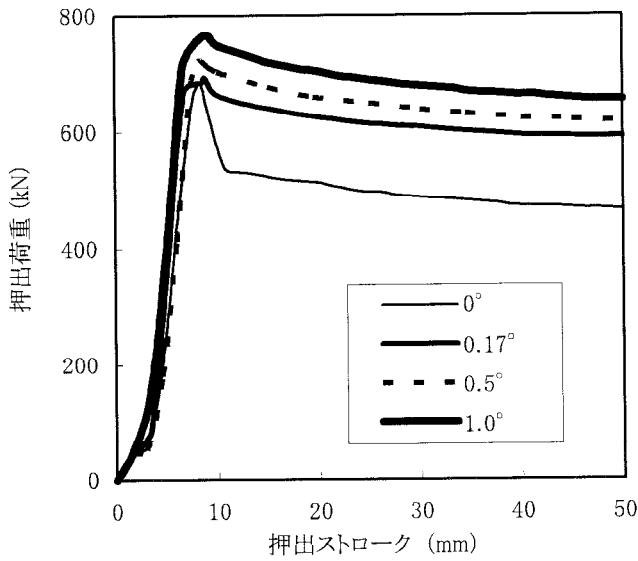


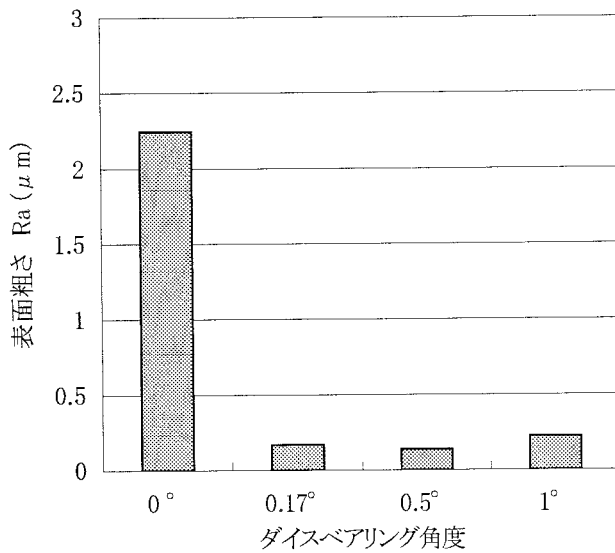
図4 ダイスの構造

表面性状に及ぼすベアリング角度の影響を調査した結果を図5に示す。

同図は、ベアリング角度の大小と押出荷重 (a) および表面粗さ (b) の関係を示す。同図 (a) からベアリング角度が大きくなるにつれて、ベアリング壁面での摩擦抵抗が増大し、押出荷重が増大する。また、同図 (b) から、



(a) ベアリング角度と押出荷重の関係



(b) ベアリング角度と表面粗さの関係 (AZ31B 押出材)

図5 押出性に及ぼすベアリング角度の影響

ベアリング角度が大きくなるに伴って、材料はベアリング面での摩擦によりしごきが作用し、ベアリング入り口部で発生した割れやポイドは、しごきによって潰され表面が平滑になったものと推察される。

ここで表面粗さは、押出方向に平行方向に測定したもので、数値が大きいことは、表面割れの発生を意味している。

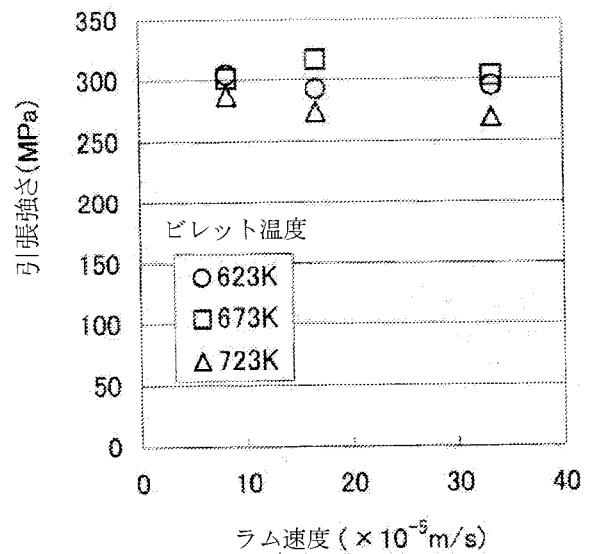
このように、ダイスベアリング角度をブレーキ側に設定することにより、表面割れの少ない平滑な表面が得られる。²⁾

3.3 押出材の機械的強度に及ぼすビレット温度および押出速度の影響

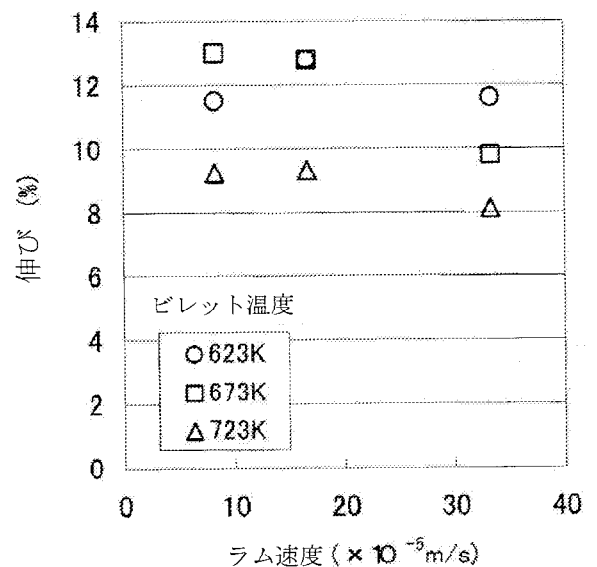
図6は、押出材の引張強さ (a) および伸び (b) に及ぼすビレット温度、ラム速度の影響を示す。

同図 (a) から、ビレット温度の高い方が、押出材の引張強さが若干低いことがわかる。また、同図 (b) から、ビレット温度が高く、ラム速度が増大するにつれて、伸びは減少する傾向である。

図7は、ビレット温度およびラム速度の大小による押出材の内部組織を示す。同図は AZ31B 合金の直径 40mm のビレットを押出比 ; 40 で押出加工したものである。



(a) 引張強さ



(b) 伸び

図6 AZ31B 合金押出材のビレット温度、ラム速度および引張強さ、伸びの関係

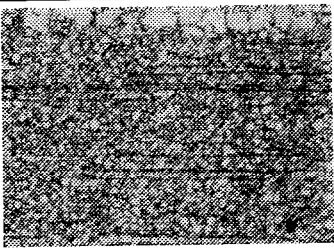
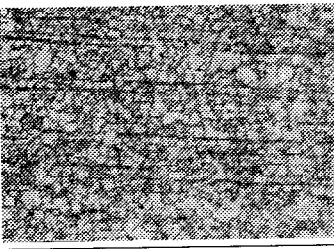
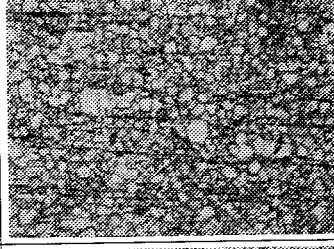
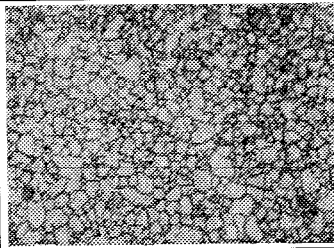
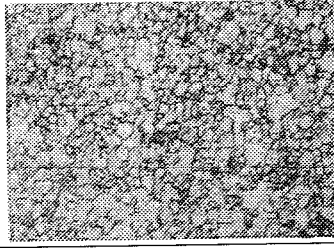
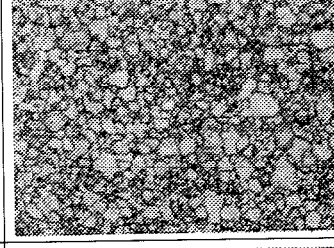
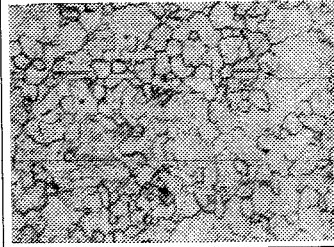
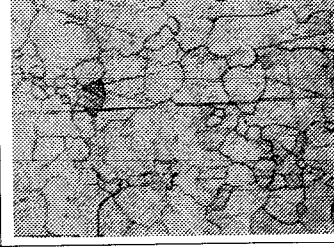

	ラム速度 (mm/min)		
	5	10	20
ビレット、 温度 (°C)			
350			
400			
450			

図7 AZ31B合金の押出材の内部組織

ビレット温度が低く、押出ラム速度が遅いほど、結晶粒径は小さくなっている。このことは、ビレット温度が低いほど、またラム速度が小さいほど、押出材の伸びが増大する傾向と一致する。

このように低温・低速の条件下で微細な結晶粒が得られ、また、アルミニウム合金に比べて結晶粒径の依存係数 k_y 値 (ホールベッチの関係式) が大きく、結晶粒の微細化とともに耐力が向上する。³⁾

一般に、板状の押出材をプレス加工 (塑性加工) する場合、結晶粒径は細かい方が加工性に優れることから、この押出加工においても、微細な結晶粒組織を有する押出材を得ることが重要である。

3.4 高速押出用マグネシウム合金の試作と押出加工性

マグネシウム合金の押出生産性は、加工性の良いAZ31合金でも、6000系アルミニウム合金と比べかなり劣る。この状況から、アルミニウム合金・6063合金に相当する加工性が得られると、マグネシウム合金の大幅な需要の拡大が期待できる。

このような視点から、押出性に優れたマグネシウム合金を試作し、その可能性を検討した。⁴⁾

図8は、AZ系の合金に、アルミニウム含有量を0.5, 1.0, 2.0mass%と低い値に設定し、亜鉛とマンガン含有量をそれぞれ、0~0.5mass%, 0~0.3mass%の範囲で調整

したビレットを試作し、同一条件で押出し、押出圧力に及ぼす合金元素の影響を調査した。

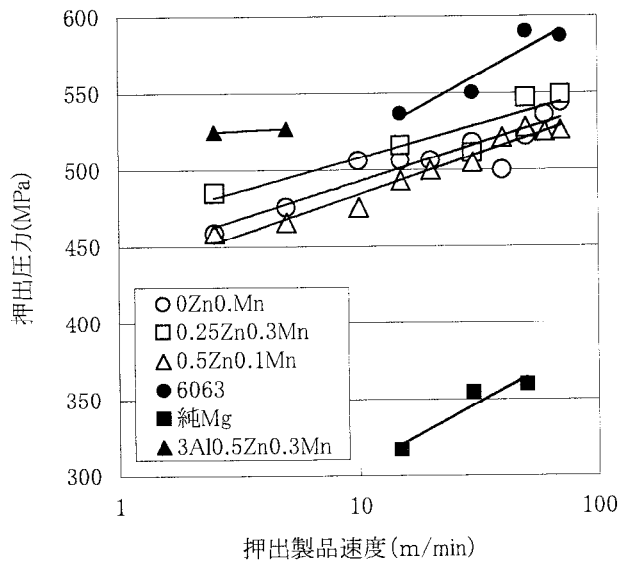
ここでビレット直径は90mm、ビレット温度;400°C、押出比;89で、チャンネル型のソリッド形状に押出した。また、比較のために、6063アルミニウム合金を同一条件で押出し、最大押出圧力を比較した。

アルミニウム含有量の大小に係わらず、いずれの組成においても、最大押出圧力は、6063合金と同等あるいはそれ以下であった。

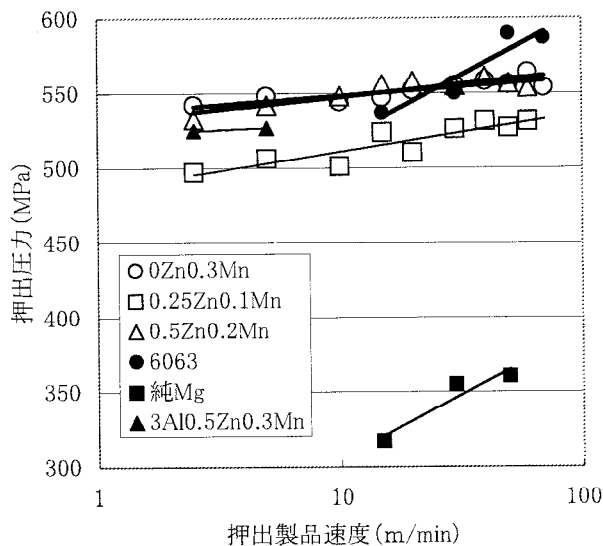
図9は、上記の合金の限界押出速度と、機械的性質を示す。アルミニウム含有量が1%のAZ10相当の合金では、限界押出速度が70m/minと良好な押出加工性を有し、その上、6063合金と同程度の機械的性質を有することが分かる。

また、高速で押出加工を行うことは、コスト低減に繋がり、さらに押出加工後の型材温度も矯正加工が可能な温度以上であるなどの利点もある。

AZ系マグネシウム合金は、アルミニウム含有量が減少するにつれて、耐食性や冷間での加工性が劣る欠点があり、AZ10相当の合金を、AZ31と同一環境下で使用するには、表面処理や加工法の面から、欠点・弱点を克服する工夫が必要である。⁵⁾



(a) 1.0%Al 含有の Mg 合金



(b) 2.0%Al 含有の Mg 合金

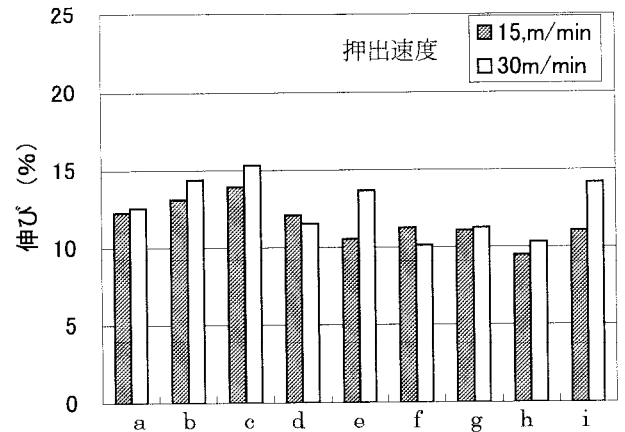
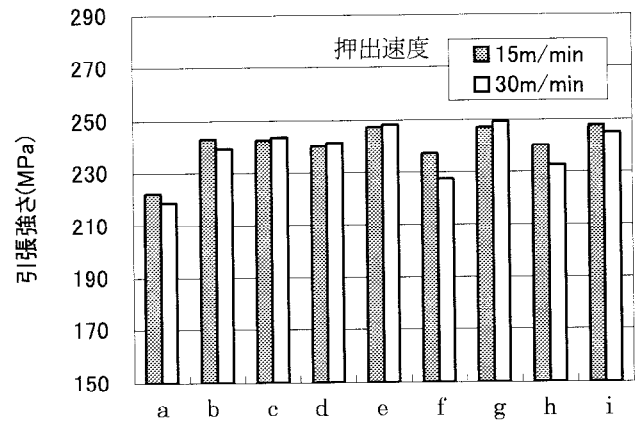
図8 試作マグネシウム合金の押出速度と最大押出圧力の関係

4. おわりに

マグネシウム合金の利用は、軽量という特性を活かしてさまざまな分野への製品・部品などに適用される。ここではマグネシウム合金押出材の表面性状に及ぼすダイス構造の影響、押出材の内部組織と機械的性質に及ぼすピレットの均質化処理、および高生産性を目的とした試作合金の加工性などについて、調査・検討した。

マグネシウム合金の押出加工では、アルミニウム合金と比べて、押出温度や押出速度をはじめとする押出加工条件の管理が重要であり、さらにダイス構造や治具・設備面での工夫が必要である。

マグネシウム合金の押出加工は、まだ発展途上にあり、他方、押出加工性を考慮した合金の開発も必要である。



	a	b	c	d	e	f	g	h	i
Al	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0
Zn	0	0.25	0.5	0	0.25	0.5	2.0	0.25	0.5
Mn	0.1	0.2	0.3	0.2	0.3	0.1	2.0	0.1	0.2
押出限界速度 (m/min)	70	40	50	60	70	20	20	15	20

図9 低アルミニウム合金の限界押出速度と機械的性質

<参考文献>

- 1)松岡 他；51 塑加連講論，(2000)235.
- 2)松岡 他；機械学会 2001 年次大会講論，I (2001)491.
- 3)村井 他；軽金属，51-10 (2001) 539.
- 4)村井 他；軽金属学会 100 回春季大会講論，(2001)273.
- 5)村井 他；軽金属，53-1 (2003) 27.