

K1-2

## 高張力アルミニウム合金押出しの研究 ～熱が摩擦に与える影響～

A study of friction in the high-tension aluminum alloy extruded

星野倫彦<sup>1</sup>, ○米山卓磨<sup>2</sup>

Michihiko Hoshino<sup>1</sup>, \*Takuma Yoneyama<sup>2</sup>

It is said that the surface defect in the extrusion of high tension aluminum is easy to happen than the extrusion of the normal aluminum alloy. Though in order to extrude difficult - to - machine material, it is necessary to elucidate the mechanism of the surface defect in the extrusion process. However, it is difficult to predict the surface defects in the analysis of current technology. Therefore, it has been attempted to collect knowledge using experiments and analysis to elucidate the mechanism of the surface defect. In this study, it is not high tension aluminum, experimental hot extrusion were implemented in order to survey the coefficient of shear friction of between the structural alloys aluminum for welding (A7003) and container. In addition, it was confirmed whether analysis is the same to experimental results or not.

### 1. 緒言

7000系アルミニウム合金はアルミニウム合金の中で強度が高く、また鉄と比較すると軽量であるため、様々な分野での使用が期待されている。しかし、押出し加工などでの加工が難しく一般的に使用されている6000系のアルミニウム合金に比べて表面欠陥が生じやすいなどの欠点がある。

そこで、7000系アルミニウム合金押出しにおける表面欠陥が発生するメカニズムを解明することが求められており、本研究では表面欠陥の発生原因の1つである原因である摩擦の影響について実験とシミュレーションの両方を用いてデータの収集を目的とする。

### 2. 7000系アルミニウム合金の特徴

7000系合金は銅を含まないものと含むものに大別することができる。銅が含まれていない合金は、A7003などの溶接構造用合金と呼ばれている合金で、溶接性および焼き入れ性に優れている。一方、銅が含まれている合金はアルミニウム合金の中で最も高い強度を持つA7075などの高張力アルミニウム合金である。本研究で対象とする被加工材は表面欠陥の発生メカニズムを解明するにあたって高張力合金は組織が複雑なため、まずは組織の構造が単純であるA7003を使用した。

### 3. 実験

#### 3.1 押出し実験

本実験で用いた前方押出し実装置の概略図をFig. 1に示す。実験はコンテナの中に被加工材を入れてパンチでダイス方向に直接圧縮をし、ダイス穴を通して製品を成形する。押出し条件をTable 1, ダイス寸法をTable 2に示す。

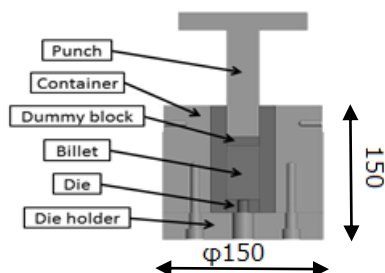


Fig. 1 Experimental device

#### 3.2 せん断摩擦係数の算出方法

以下の手順でせん断摩擦係数を求める。

- ① 押出し時に減少していく摩擦力はコンテナ壁面とビレット間の接触面積の減少であると仮定し、 $\tau = mk$ を用いて算出した。  
 $\tau$ : 摩擦応力  $m$ : せん断摩擦係数  
 $k$ : せん断降伏応力
- ② 荷重—ストローク線図より抜き出した区間の平均の押出し荷重を求める。
- ③ 区間の最後の押出し荷重と平均の押出し荷重の差をとり減少した摩擦力とする。
- ④ ③で求めた摩擦力を押し出されたことによって減少したコンテナ壁と被加工材との接触面積で割り摩擦力とする。最大せん断応力説より降伏せん断応力は圧縮試験の降伏応力の1/2の値を用いる。

#### 3.3 解析

実験で得られた結果を用いて、数値解析を行った。本研究で用いる解析ソフトは汎用静的陰解法解析ソフト DEFORM-3Dver. 11.0 である。解析条件をTable 3に示す。

Table 1 Experimental condition of extrusion

Workpiece material	A7003		
Workpiece diameter [mm]	29.9		
Workpiece height [mm]	60.0		
Extrusion temperature [°C]	350	450	570
punch speed [mm/sec]	0.30		
Extrusion ratio [-]	9.0		

Table 2 Die size

Inner diameter [mm]	10.0
Outer diameter [mm]	30.0
Die bearing length [mm]	13.0

#### 4. 実験結果と考察

##### 4.1 押し出し実験とせん断摩擦係数の算出

押し出し実験より得た荷重—ストローク線図を Fig. 2 に示す。

Fig. 2を見ると各温度で、パンチストロークが長くなるにつれて荷重が下がっている。これは被加工材の押し出しが進むにつれて被加工材とコンテナとの接触面積が少なくなるため摩擦力が減って荷重が下がると考えられる。

Fig. 2より、せん断摩擦係数を算出し、各温度でのせん断摩擦係数の変化を比較した。各温度でのせん断摩擦係数とパンチストロークの関係をFig. 3に示す。また、実験と解析結果を合わせた450℃の時の荷重—ストローク線図をFig. 4に示す。

Fig. 3を見ると各温度条件で、パンチストロークが長くなるにつれ、せん断摩擦係数が小さくなるのがわかる。理由として、上記したように、被加工材の押し出しが進むにつれて被加工材とコンテナとの接触面積が少なくなるため摩擦力が減り、せん断摩擦係数が下がると考えられる。また、温度が高いほどせん断摩擦係数が小さくなるのは、溶け出した Mg-Zn の金属間化合物がダイス表面やコンテナ壁面に付着することによって加工中に潤滑効果が得られ（自己潤滑）、摩擦応力が小さくなったためだと考えられる。

##### 4.2 解析

実験と解析で得られた荷重—ストローク線図を Fig. 4 に示す。

Fig. 4 では実験値よりも解析値の荷重が小さくなった。これはコンテナを加熱後、炉から取り出して圧縮機にセットする間にコンテナが室温に晒されるため、設定した温度条件よりも実際の実験ではビレットの温度が低くなり、変形抵抗が大きくなったと考えられる。また、算出したせん断摩擦係数を代入した荷重ピーク以降の解析値は実験値と似た傾きを示した。これは、解析時にせん断摩擦係数を細かく入力したためであり、実験値と解析値の挙動の一致から、荷重ピーク以降からの荷重の変化はコンテナとビレットの摩擦の影響が大きいことが考えられる。350℃、570℃共に同様の結果となった。

#### 5. 結言

- 押し出し荷重はコンテナとビレットの摩擦の影響を受けて減少する。
- 温度が高くなるにつれ自己潤滑の効果が高まり、せん断摩擦係数が小さくなる。
- 算出したせん断摩擦係数を代入した荷重ピーク時以降の解析値では実験値に近い傾きを再現することができる。

#### 6. 引用文献

- 1) 日本塑性加工学会編：押し出し加工，コロナ社（1992），93.

Table3 Analysis condition

Heat transfer rate[kW/(m <sup>2</sup> ·K)]	5.00
Element number	50000

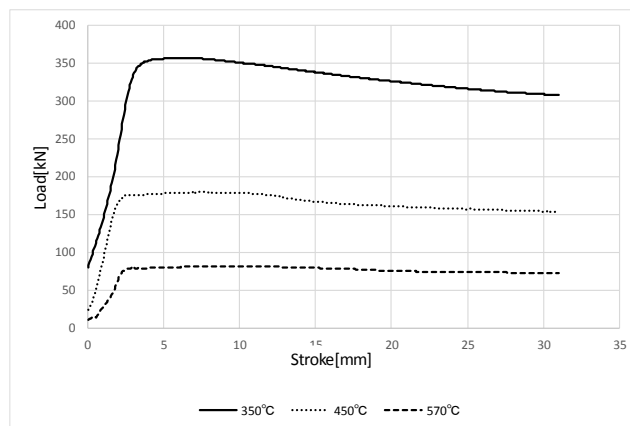


Fig. 2 Coefficient of friction

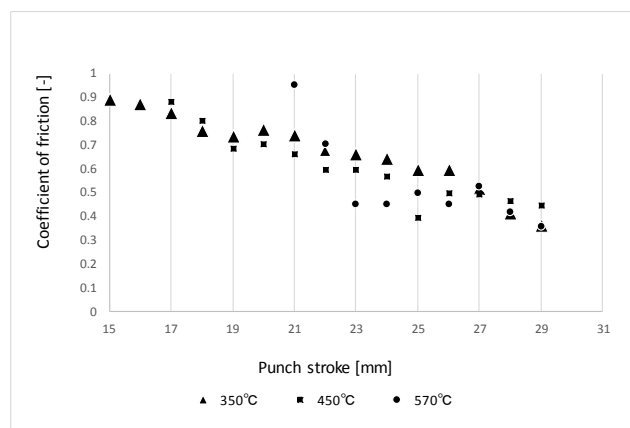


Fig. 3 Extrusion result

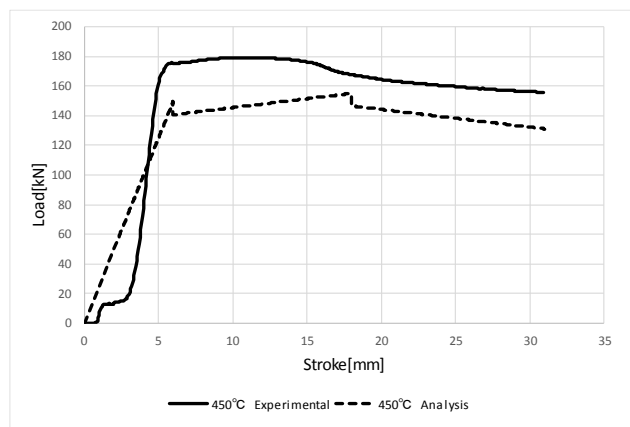


Fig. 4 Extrusion result of Experimental