

K-6

ブリッジダイスを用いたアルミニウム合金熱間押しにおける結晶組織予測
Prediction of Microstructure Evolution in Hot Aluminum Alloy Extrusion through Bridge Die

○阿部 俊之¹, 星野 倫彦², 大竹 出²

*Toshiyuki Abe¹, Hoshino Michihiko², Izuru Ohtake²

Bridge die are used in the extrusion process of hollow shapes. In bridge die, a shear region occurs at the boundary between the plastic deformation region and the dead metal. To investigate the effect of this shear region on the product, a finite element method analysis was performed using DEFORM-3D. Furthermore, A comparison was made with hot extrusion experiments using A6063 alloy.

1. 緒言

現在、アルミニウム合金の押しにおいて、操業現場では押し加工の効率化のためダイス内のデッドメタルの挙動を正確に予測することが求められており、様々な解析手法を用いた被加工材の流動予測が試みられている¹⁾。加えて、機械的性質に影響を与える押し成形後のアルミニウム合金の結晶組織予測の重要性も増している²⁾。

そこで本研究では数値解析の報告例が少ないブリッジダイスでの押しに着目し、汎用の FEM 解析ソフトを用いて、アルミニウム合金押し用ブリッジダイスの数値解析モデルの構築を行い、押し時にブリッジ近傍を流動する被加工材のひずみ及び温度の履歴を予測した。また、実材料を用いた熱間押し実験を行い、溶着部でのシミュレーション結果との比較、調査を行った。

2. 実験方法

2.1 FEM 解析条件

本研究では、汎用有限要素法解析ソフト DEFORM-3D Ver.13.0 を用い、アルミニウム合金のブリッジダイス押し時の被加工材の流動解析モデルを構築し、被加工材の相当ひずみ履歴の取得を行った。Table 1 に解析条件、Fig.1 に本解析モデルを示す。

2.2 ダイス形状

Fig.2 にダイス形状を示す。ダイスは三脚のブリッジダイスであり、チャンバ深さ 35.0, 17.5[mm]のダイス 1, 2 を用いた。各ブリッジの形状は Fig.3 のに示すように背面側に角度 α [deg]の斜面を設けた。製品断面は 50×80[mm]、厚さは 2[mm]の矩形中空断面とした。

Table1 Simulation parameters

Simulation type	Lagrangian	
Material	A6061	
Extrusion ratio [-]	68	
Workpiece temperature T [°C]	500	450
Extrusion speed V [m/min]	0.1	0.6
Shear friction coefficient [-]	1.0	
Heat transfer coefficient [N/s/mm°C]	5.0	

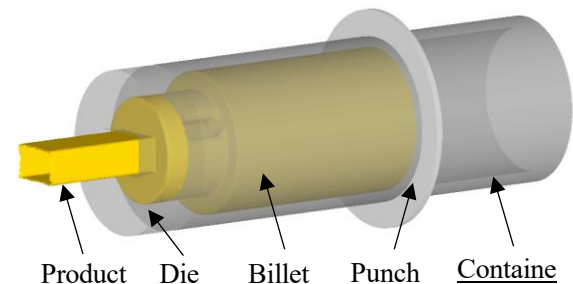


Fig.1 Analysis model

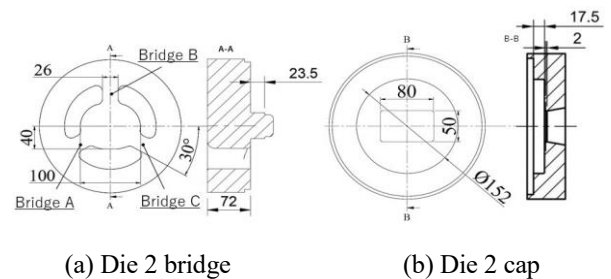
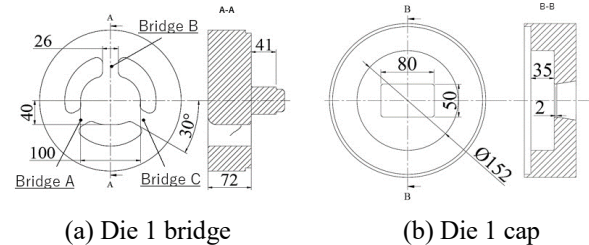


Fig.2 Bridge die geometry

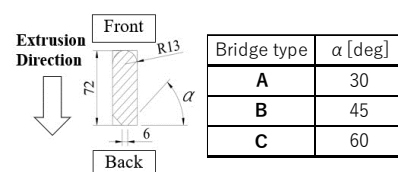


Fig.3 Bridge details

1 : 日大理工・院 (前)・機械 2 : 日大理工・教員・機械

2.3 熱間押し実験

ダイス1とA6063合金を用いた熱間の押し実験を行った。ピレットは casting 後、均質化処理(560[°C]×4h)されたものである。ピレット直径は203.2[mm]で押し比は68[-]とした。ダイス加熱温度は400[°C]、コンテナ温度は420[°C]に設定しピレット温度、ラム速度は解析条件と同様に押しを行った。押し後の製品表面においてブリッジを通過したことによる結晶組織へ影響を調べるため、光学顕微鏡(OM)を用いて、結晶組織の観察を行った。観察した製品の押し条件は条件I(450[°C], 0.6[m/min])と条件II(500[°C], 0.1[m/min])であり、Fig.4に観察位置、及び、観察方向を示す。

3. 実験結果および考察

3.1 ブリッジ部を流動する被加工材のひずみ履歴

測定点をFig.5に示す様にブリッジの中心から5[deg]間隔で円環状に並べ、ブリッジ前面に発生するデッドメタルの影響も考慮して、ブリッジ前面から押し方向に25[mm]離して配置し、押し時の相当ひずみ履歴を取得した。ブリッジBの相当ひずみ履歴をFig.6に示す。Fig.6より、ブリッジ近傍を流動するポイント(p9, p10)において、どちらのダイスもひずみが大きいことが分かる。これはブリッジ近傍を流動するポイントがデッドメタルと流動部分の境界に発生するせん断領域の影響を受けるためと考えられる。また、チャンバ深さを狭めたFig.6(b)では、ブリッジ中心に対して対象となる測定点ではひずみ履歴に大きな差が生じたことから、ブリッジ左右で流動の差が大きくなっていると考えられる。

3.2 溶着部における組織観察結果

Fig.7に結晶組織観察の結果と平均結晶粒径 d_{ave} を示す。条件IのFig.7(a)とFig.7(b)を比較すると、結晶粒が微細化していることが確認できた。これは、ブリッジを通過した被加工材は大きいひずみを受けて製品溶着部に流入するため結晶粒の微細化が発生したと考えられる。これに対し、条件IIではFig.7(c)とFig.7(d)を比較した結果、結晶粒の微細化は確認できない。これは、ブリッジによる結晶粒の微細化の影響より、動的再結晶の粗大化の影響の方が顕著に現れたと考えられる。

4. 結論

1) ブリッジ近傍を流動する被加工材は、せん断領域の影響を受け、ひずみを強く受ける。また、チャンバ領域を狭めることで、ブリッジ左右での流動の差が大きくなると考えられる。

2) Fig.7(a), (b)の条件では、ブリッジによる組織微細化が観察されたが、Fig.7(c), (d)の条件では、歪を強く受け、動的再結晶の影響により確認できなかった。

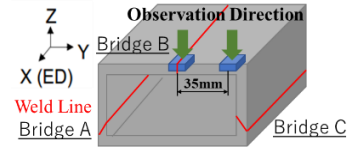


Fig.4 Structure observation position

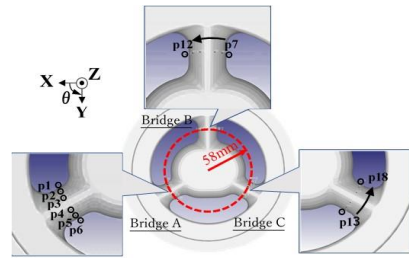


Fig.5 Coordinate of tracking point

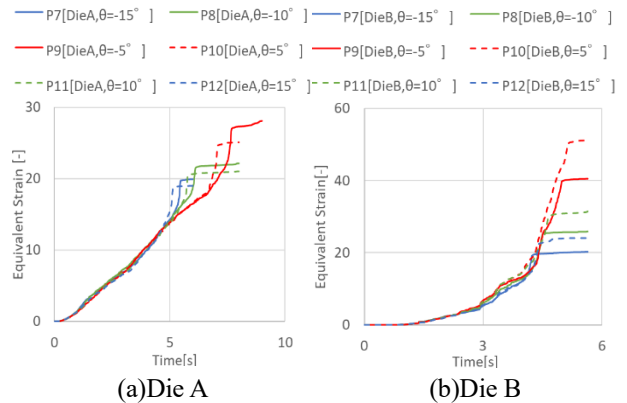


Fig. 6 Tracking point equivalent strain

	weldline	35mm from weldline
Terms I		
Terms II		

Fig.7 Microstructure at observation point: Terms I (500[°C],0.1[m/min]),Terms II,(450[°C],0.6[m/min])

参考文献

[1] 星野倫彦：軽金属, 68 (2018), 274-280.
 [2] M. Schikorra, L. Donati, L. Tomesani, E. Tekkaya : Journal of Mechanical Science and Technology, 21(2007), 1445-1451.