

K-7

多軸複合押しに関する研究
 ~ポートホールダイスによる押しに関する調査~
Studies on Complex Extrusion with Multi Billets
 ~Research for Complex with porthole die~

○大村佳史¹, 星野倫彦², 大竹出²

Yoshifumi Ohmura¹, Michihiko Hoshino², Izuru Ohtake²

In recent years, an aluminum double skin panel, which has a complicated and wide cross sectional shape and is manufactured by extrusion is used for railway vehicles. However, from the viewpoint of lightening in weight, there is a demand to make structural shapes with larger width. Therefore, complex extrusion of multi billets is applied to the manufacture of double skin structure shapes. In this research, the wide double skin structure has been developed and model experiments were performed to evaluate the joints and the products extruded. As a result of model experiments, by using porthole die, the strength required for the material of the dies could be greatly reduced compared to previous studies.

1. 緒言

現在, N700 系新幹線などに使用される構造材にはトラス構造を含む複雑断面形状をしたダブルスキン構造が用いられている^[1]. 従来の前方押しでダブルスキン構造材を成形すると, 溶接長さが長く, 溶接ひずみが増加してしまう等の課題がある. 一度に押し加工できる幅を広げることで部品点数減や溶接部長さが短くなる, さらに溶接部に垂直なリブの本数が減ることにより, 車体重量の軽量化や製造コストの削減ができる. そこで, ダブルスキン構造材の新たな製造方法として多軸複合押しを提案する. 多軸複合押しとは, 複数のビレットを一度に押し出し, 1つの製品に成形する加工方法である. 先行研究^[2]ではFig.1に示すようなダブルスキン構造に近い形状で油粘土によるモデル実験を行い, 最適なブリッジダイスの設計, ダイス形状が接合に与える影響について研究してきたが, 工具強度が不足すると考えられた.

そこで本研究では, 工具強度が増すと考えられるポートホールダイスを設計し, ダイス強度の向上, より細かなダイス内流れの均一化を行うことで, 接合性の向上を図ることを目的とする.

2. 実験方法・条件

2.1 ダイス形状

Fig.2 にダイス各部名称を, Fig.3 にダイスの構成を示す. また, Table.1 に本研究で使用するメス型を示し, Table.2 にオス型を示す. 材質はアクリル樹脂である.

多軸複合押しではビレット直径よりも幅広な製品を押し出すため接合部へ被加工材を誘導するような形状

を設ける必要がある. そのため, ダイス D₂ では, チャンバ部の下方に傾斜のついた溝部を設け, 溝のないダイス D₁ と接合部の接合性を, ダイス D₃ は D₂ に 10°C の勾配とダイス下側の中心部にも溝部追加で設けた. また, ポートホール P_a では, ダイス D₂ に設けた溝部とダイス中心, トラス部に被加工材を流入させやすくするためにこれらの上部にポートホールを配置する形状となっている. P_b は, P_a よりも全体的にポートホール径を大きくし, ダイス内流れの均一化を図った.

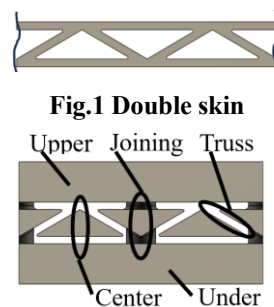


Fig.2 Name of each part

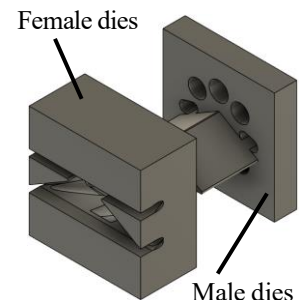


Fig.3 Configuration

Table1. Female dies

	Enter	Exit	Center
D ₁			
D ₂			
D ₃			

Table2. Male dies

	Exit
P _a	
P _b	

1 : 日大理工・院 (前)・機械 2 : 日大理工・教員・機械

2. 2 油粘土による実験

本実験ではビレットにポピー油土を用いた実験を行う。実験1, 2は単色ビレットを、実験3は流れを可視化するために青と白の2色のポピー油土を5mmずつ積層したビレットを用いて行った。ダイスD₁~D₃, ポートホール P_a, P_b を用いて実験を行った。実験条件をTable.3に示す。










Table.3 Experiment conditions

No.	1	2	3
Porthole	P _a		P _b
Die	D ₁	D ₂	D ₃
Billet type	Monochromatic		Lamination
Extrusion ratio [-]	2.32		
Extrusion speed[mm/s]	0.7		
Billet dimensions[mm]	φ35 × L70		

3. 実験結果及び考察

Table.4に実験結果を示す。製品形状が安定するまでを過渡状態、それ以降を定常状態とする。

Table.4 Model experiment 1,2,3

No.	1	2	3
Porthole	P _a		P _b
Die	D ₁	D ₂	D ₃
Upper side			
Lower side			
Section			

条件1では、製品先端から定常押し状態まで接合部が接合できていないが、条件2では製品先端接合部に未接合があるものの、定常押し状態では接合できている。このことからダイスに溝部を設けることは接合部の接合性を高めるのに有効であると考えられる。

条件2では、上下の製品長さの差は製品両端が約25mm、製品接合部が約10mmと製品の位置によって差異があった。これはダイス上部から流入した被加工材の一部がトラス部に流入したために製品上部への流入量が減ったためだと考えられる。また、接合部は接合しているが、接合部に約20mmの割れが発生していたほか、下側中心部に約15mm、上側接合部と中心部間にも最大25mmの割れがあった。接合部に割れが生じたのは、被加工材の流入量が少なかったことなどが考えられる。

上側に割れが生じているのは、被加工材の流入経路が複数あるため、それら圧着が完了する前に製品が押し出されたことや各経路の流入速度に差があったことが原因だと考えられる。下側中心部の割れは被加工材が一体となった後に接合部に広がったために途中で割れが発生したのだと考えられる。

製品が出口から押し出される速度の均一化、割れの低減を目的としてポートホール P_b とダイス下側の中心部に溝部を新たに設け上側に断面形状を近づけたダイス D₃ を作成し、条件3を行った。製品右側がダイスから出てくるのが遅く、先端の非定常状態では製品接合部付近が大きく割れてしまっているが、これは右側の被加工材がコンテナやダイスの隙間から漏出し左右で速度差ができたことが原因だと考えられる。これを除けば下側接合部以外で割れは発生しておらず、良好な結果が得られている。また、積層ビレットで可視化した被加工材の流れを観察すると製品上部の縞模様は鋭角状になっており、速度差が大きいことがわかる。

4. 結言

ダイス D₂, D₃ では、溝部のないダイス D₁ に比べ、接合部の接合性を向上させることができるが、割れが完全になくなったわけではないので溝部にはまだ改良の必要がある。また、D₃ のダイス中心部の溝部は中心部の割れを防ぐことがわかった。

次に、マレージング鋼で作成しなければダイスが破損してしまった先行研究のブリッジダイスとは違い、ポートホールダイスによる押し出しではダイスの材質がアクリルでもモデル実験を行うことができた。このことから実材料の押し出しでもダイス強度に余裕を持たせることができると考えられる。

以上のことより、ポートホールダイスによる押し出しはダイス強度の面で有効であることと、成形部に溝を設けることで流入量や接合性を改善することが可能であると分かった。

5. 参考文献

[1] 日本軽金属株式会社：「ダブルスキン」(入手先) www2.nikkeikin.co.jp/tetsudo/index.nsf/2-3wskin?OpenPage (Accessed 2023-10-01)
 [2] 嶋村竜弥, 高野祥太：「多軸複合押し出しによる製造に関する研究～ダブルスキン構造材における合流状況と接合状態の調査～」, 令和3年度 日本大学理工学部機械工学科卒業研究報告書, pp.143-144, 2023年