

複動成形技術の動向

(株)ニチダイ 村井映介*

アジアを中心としたモノづくりのグローバル競争の中で生き残るためには、製品の付加価値を高めることが必要となってくる。複動成形は複数の金型が独立して駆動することによって成形を行う加工法であり、鍛造品の高精度化、複雑形状品の成形が可能である。このことから切削加工の省略によるコスト削減などの鍛造品の付加価値を高める加工法として有効である。

複動成形に関する報告は従来から多く、閉塞鍛造によってスパイダーやトリポートの歩留りが向上した事例¹⁾²⁾、背圧成形によってスクロール³⁾の歩留まりが向上した事例が報告されている。最近では、中空シャフトを成形した事例⁴⁾、板鍛造の成形事例⁵⁾⁶⁾⁷⁾が報告されている。

特に板鍛造で複動成形を用いることは工程削減に効果があり、生産設備のコンパクト化、省スペース化につながる。特に設備のコンパクト化は海外に設備を移設する際にメリットになる。

本稿では、閉塞鍛造によるスパイダーの成形と

補助張力を利用した中空シャフトの成形について紹介する。

閉塞鍛造

1. 閉塞鍛造の概要

閉塞鍛造は上型と下型を締め付けてつくった空間にパンチで材料を押出す鍛造法である。この方法により図1に示すスパイダー、トリポート、ボールスパイダーの成形が可能である。この方法はそれ以前のバリだし鍛造⁸⁾に比べ切削工数の削減と歩留まり向上に効果があり、飛躍的なコスト低減を実現した。

図2はスパイダーを例に金型の動きを示したものである。上型と下型を締め付けながら上パンチと下パンチを同じ速度で駆動するため、複動プレス(図3)が必要である。

2. 閉塞鍛造ダイセット⁹⁾

複動プレスを使わずに汎用の機械プレスでも閉塞鍛造を可能としたダイセット(図4)が1990年代に開発された。このダイセットは図5に示すようにパンタグラフ機構によってパンチの半分の速度で上下型を動作させることができるため、相対的に図2に示した金型の動きを実現することができる。このダイセットの開発により生産性も向上し、国内外に普及していった。

3. 閉塞鍛造スパイダーの精度向上¹⁰⁾

量産されている多くのスパイダーは金



図1 閉塞鍛造により成形された鍛造品

* (むらい えいすけ)：技術・開発部開発課主任
〒610-0201 京都府綴喜郡宇治田原町禪定時塩谷 14
TEL: 0774-88-6317 FAX: 0744-88-6320

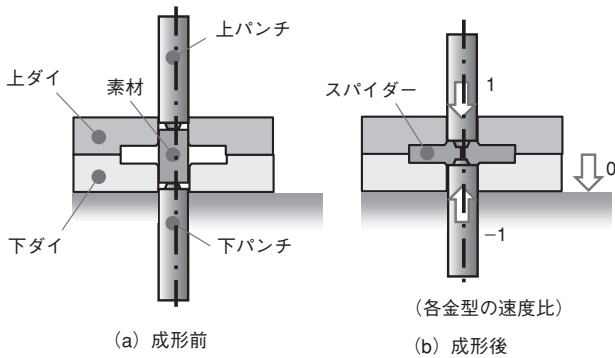


図2 閉塞鍛造における金型の動き



図3 複動油圧プレス (HED 800)

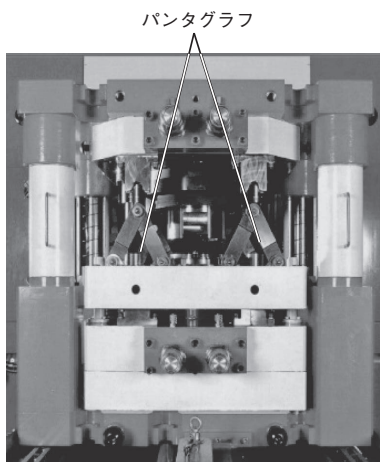


図4 閉塞鍛造ダイセット

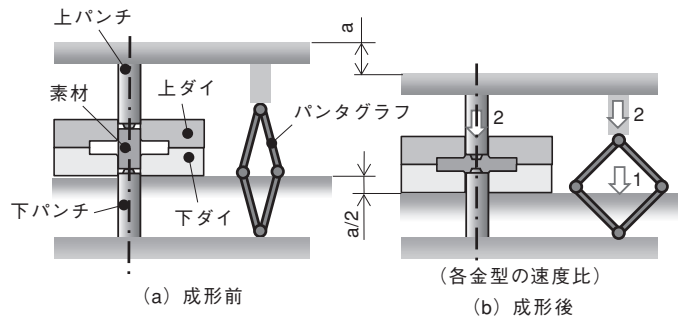


図5 閉塞鍛造ダイセット

型分割面へのバリの発生が避けられない (図6)。また、成形時に金型軸部のひずみの不均一により真円度が低下し、鍛造後に機械加工が必要となる。この機械加工の省略によるコスト削減を目的に縦分割型閉塞鍛造が開発された。

(1) 縦4分割金型の概要

軸部のバリおよび真円度を向上させるために金型の分割方法を従来の上下対称2分割から図7に示すように縦4分割に変更された。この縦4分割したダイによって金型を閉塞し、円柱素材を上下パンチで側方へ軸を押出す。その際、ダイの穴は内圧によってX方向に扁平した形状に弾性変形する (図8)。そこで、縦4分割したダイの4方向から閉塞力を加え金型分割面に互いに押合う力を発生させ、穴の内面をY方向に扁平した形状に変形させることで真円度を制御できる。

縦4分割に変更することで、軸部のバ리를防止



(a) 鍛造品

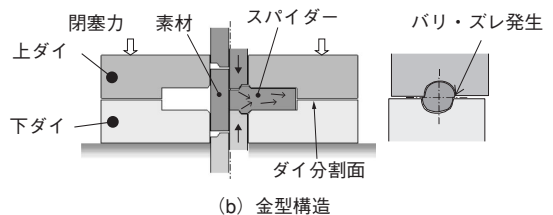


図6 上下分割型閉塞鍛造

することが可能となる。また、成形時に発生する金型の弾性変形をコントロールすることで真円度向上も可能となる。

(2) 閉塞荷重と軸の真円度

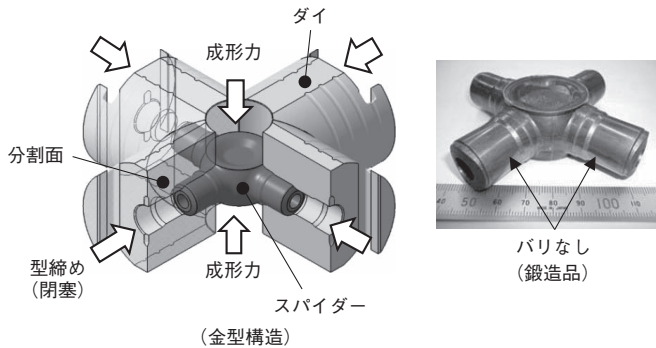


図7
縦割り閉塞
鍛造の概要

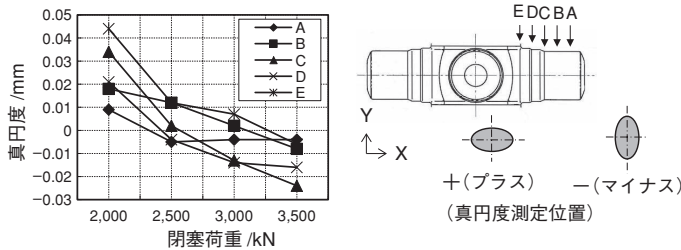


図9 閉塞荷重と真円度の関係

表1 各部の真円度

		閉塞荷重			
		2,000kN	2,500kN	3,000kN	3,500kN
真円度形状プロット	A				
	B				
	C				
	D				
	E				
鍛造品概観					

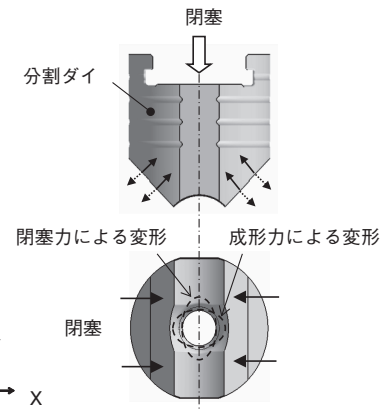


図8 金型の変形状態

図9に閉塞荷重と軸部の真円度の関係を示す。2750 kN付近で±0.01 mmと最も良い結果となる。表1は各部の真円度を示したものである。閉塞荷重2,000 kNではX方向に扁平した形状、閉塞荷重2500~3000 kNでは真円に近い形状、閉塞荷重3500 kNではY方向に扁平した形状となる。A部では閉塞力による変化が小さいが、ダイ入口に近いC、D、E部では大きな変化を示している。また、閉塞力2000 kNでは金型分割面にバリが発生し、2500 kN以上で発生しない。

(3) 型構造と金型モーション

4分割ダイは側方軸方向に可動できる状態で上型に、閉塞用

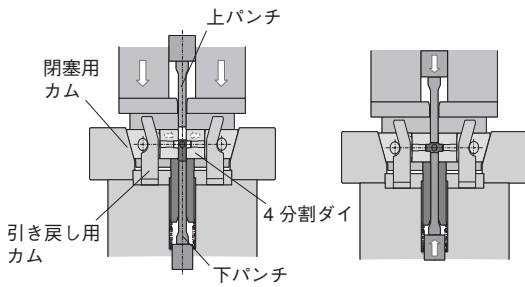


図10 型構造と金型モーション

カムと引き戻し用カムは下型に配置する。スライドの下降により4分割したダイを閉塞カムで内側によせて閉塞した後、上下パンチによって側方に押出す。成形後はスライド上昇に伴い4分割ダイを引き戻しカムにより強制的に引き戻すことで製品の取り出しが可能となる（図10）。

(4) 工法の特徴

鍛造では金型の弾性変形により金型と同じ形状精度を得ることは困難である。成形時の形状変化は経験的に予測するか、実際に金型を製作して確認する。開発した工法では閉塞力で弾性変形を調整することができるため、金型を補正する必要がなくなる。

中空化工法¹¹⁾

長尺シャフト部品などの中空部品の深穴はガンドリルによる切削が一般的であるが、加工時間が長く、また材料歩留りも悪い。そのため、歩留り向上と生産性向上のためにも冷間鍛造による深穴成形は必要である。

深穴の冷間押出しではパンチ面圧が高く、成形の初期で簡単に座屈してしまう。座屈を防止するための対策はあるが大きな効果は期待できないのが現状であり、冷間鍛造で中空部品の深穴を成形することは非常に困難である。

1. 補助張力押出し

スリーブによるガイドや多段ベアのパンチも用いても押出し中のパンチの座屈を完全に防止することはできない。そのため、パンチの面圧を低減させることが必要である。

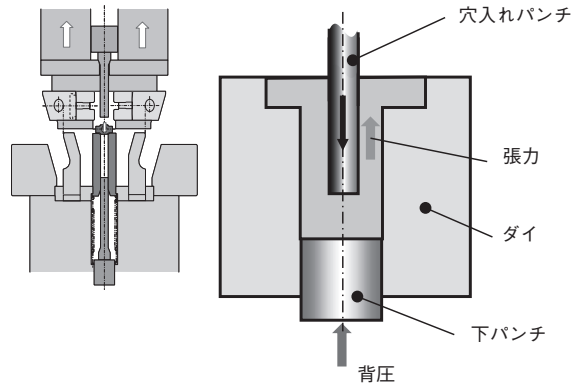


図11 補助張力押出し

工藤と篠崎¹²⁾は図11のように補助張力を与えることによって押出し圧力を低減する方法を提案している。この方法はフランジ付きのビレットをダイの端に引っ掛けることによって押出された部分に張力を発生させ、パンチ圧力を後方押出しより低くする。成形の際は張力の上昇で側壁に割れが発生しないように下パンチで背圧を負荷しながら成形を行う。

2. 成形事例

図12は補助張力によって成形した中空部品である。試験片は焼鈍したSCM 415、潤滑剤には二硫化モリブデンを使用している。プレスは複動油圧プレスを使用し、パンチ速度20 mm/secで成形している。直径 $\phi 10 \times 70$ の素材からフラン

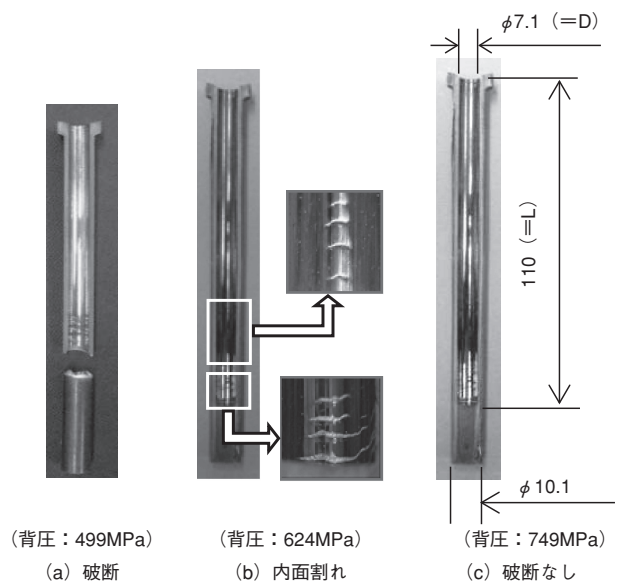


図12 成形事例

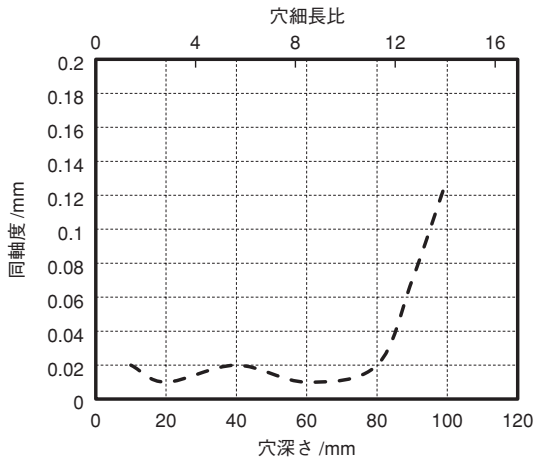


図 13 補助張力押し出しの同軸度

ジを成形した後、深穴成形をしている。

図 12 は異なる背圧で成形した結果を示している。背圧が低い場合 (449 MPa)、長さ／直径比 12 で側壁が破断し、624 MPa では長さ／直径比 14 で側壁に割れが発生する。749 MPa では長さ／直径比 15 でも内面の割れは発生しない。

高い背圧では側壁の割れの防止ができるが、張力が低くなるため、加工圧力の低減効果は低くなる。この加工では、破断が防止できる程度になるべく低く背圧を設定する必要がある。

図 13 は図 11(c) の穴の同軸度を示したものである。穴深さ 80 mm (長さ／直径比約 11) で 0.01～0.02 の同軸度である。長さ／直径比 11 を超えると同軸度が急激に低下する。

図 14 はより実用的なアイテムに適用した事例である。円柱素材からフランジを成形した後、深穴成形と抜きを 1 工程で行い、最終工程でスプラインを成形している。

☆

☆

複動成形の動向として閉塞鍛造によるクロススパイダーの成形と補助張力を利用した中空シャフトの成形について紹介した。閉塞鍛造ではパンタグラフ式のダイセットと縦分割型の閉塞鍛造について紹介した。中空成形では補助張力押し出しにシャフト成形事例を紹介した。これらの技術は製品の付加価値を高める鍛造法として有効ではある。

本稿では板鍛造についてふれてないが、板鍛造の複動成形では多軸プレスで各ラムの動きをうまく制御すれば少ない工程で複雑形状品を得ること

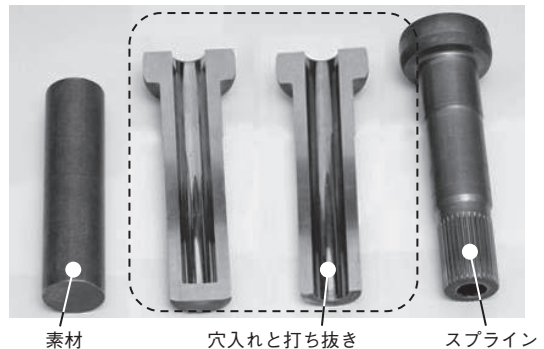


図 14 補助張力押し出しの実用サンプル

ができる。

参考文献

- 1) 篠崎吉太郎：塑性と加工，33-82 (1992)，1250-1255.
- 2) 吉村豹治・篠崎吉太郎：塑性と加工，41-477 (2000)，986-989.
- 3) 吉村豹治，島崎定：素形材，40-2 (1999)，12-16.
- 4) 久保田鐵工所：素形材，51-1，(2010) 21.
- 5) 石原貞男，峯功一，鈴木敬：塑性と加工 44-507 (2003)，409-413.
- 6) 井村隆昭：素形材 55-4，(2014) 14-21.
- 7) 堀智之，横山尚来：素形材 55-4，(2014) 22-26.
- 8) 吉村豹治・島崎定：塑性と加工，24-271 (1983)，781-785.
- 9) 村井映介：第 42 回鍛造実務講座テキスト，(2015)，45-52.
- 10) 石原義弘：型技術，26-5 (2011)，34-37.
- 11) 村井映介：型技術，30-2 (2015)，46-49.
- 12) 篠崎・工藤：塑性と加工，14-151 (1973)，629-636.