

FCF 工法の紹介および成形事例

井村 隆昭

Takaaki Imura
アイダエンジニアリング(株)

FCF 工法の概要

金属材料からの素形材製作の技術としてプレス機械による塑性加工は重要な技術である。しかし、その技術は、板素材より剪断、絞り、曲げなどの剪断、引張り応力主体での板金成形技術と、ビレット素材より、据込み（つぶし）、押出しなどの圧縮応力主体の鍛造成形技術に二分化して進歩してきた。従来より一部のユーザーにおいては両者の技術を融合した成形が行われていたが、各製品に限定されており、成形技術としての展開はなかった。

近年になり、高精度・高付加価値化と省資源、省エネルギー、軽量化などを達成するための環境にやさし

い製造法としてのネットシェイプ化が求められている。従来技術の延長線上では、さらなるネットシェイプ化の達成は困難となっている。そこで、両技術の特徴に注目し、利点を相互に活かす技術として、主に厚板材を用いて複雑形状の部品を高精度で成形する工法を“FCF（Flow Control Forming in sheet Metal）”として当社では提案している。

FCF 工法の基本的な考え方

FCF 工法は、板金成形の基本である打抜き、絞り、曲げなどの剪断、引張り応力主体での成形に、ビレット素材より、据込み（つぶし）、押出しなどの圧縮応力主体の鍛造成形工法を取り入れることで構成される。

すなわち荷重の低い、剪断、引張り応力場での多工程成形により大きな形状を作製し、静水圧効果により成形限界の高い圧縮応力場で材料を塑性流動させ、成形を行うことである（図1）。

結果として、従来の板金成形では困難であった高い寸法精度、差厚・段差や歯形のような高付加価値形状の成形が可能になる。工程レイアウトにおいては材料の塑性流動についての視点が重要となる。

代表的な成形事例と対象形状を図2に示す。

また金型においては、圧縮応力場での成形はその成

板金成形の特徴

- ・成形状態
引張り、剪断応力場
- ・成形限界
被加工材の引張強さ
(剪断強さ)
- ・低応力で多工程成形

冷間鍛造の特徴

- ・成形状態
圧縮応力場、静水圧効果
- ・成形限界
金型強度
- ・高応力で少成形工程

図1 板金成形と冷間鍛造成形の比較

図2
FCF 工法での代表的製品事例と
形状

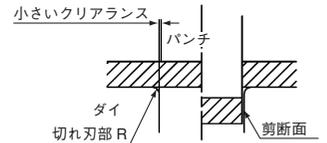
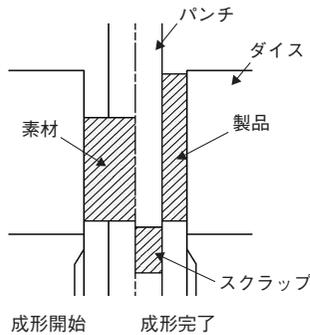
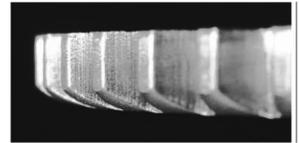
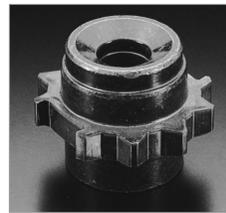
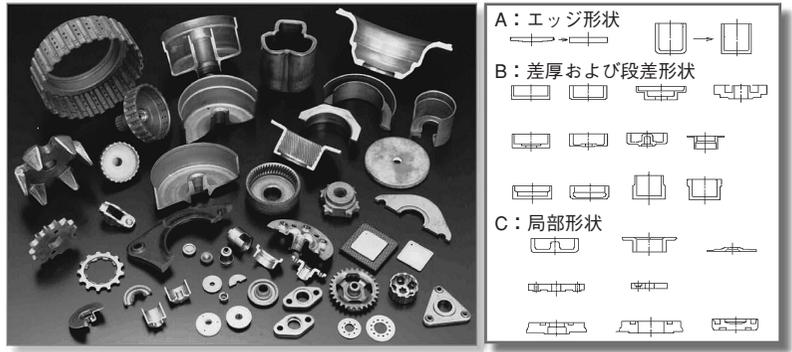


図3
各打抜き工法

(a) 拘束打抜き

(b) 据込み剪断

(c) 仕上げ抜き

形限界が金型強度を上回る場合もあるため、金型の構造、部品形状については、強度（耐圧強度、曲げ強度、剛性など）に注意する必要がある。

グがあるが、これは材料の除去により破断面を剪断面に変える工法である。

打抜き加工の事例

打抜き加工において全剪断面を得る工法は、ファインブランキング、拘束打抜き、据込み剪断、仕上げ抜きがある。これらは、いずれも剪断成形中に材料に各種の方法により圧縮応力場を発生させることで破断面の発生を抑制して全剪断面の打抜きを行う工法である。

図3の(a)に拘束打抜きの、(b)に据込み剪断の、(c)に仕上げ抜きのそれぞれの簡単な型構造例と事例を示す。

そのほかに全剪断面を得る工法としてはシェービング

絞り成形の事例

大きなサイズのカップ形状の製品は、鍛造工法では非常に大きな設備能力を必要とする。一方、絞り加工は、板材を用いることにより小さな能力の設備で成形することができる工法である。したがって絞り加工は、FCF 工法では、カップ形状の前素材成形の工法として有効に活用すべき工法である。

また、板材を素材とすることにより、当然カップの側壁部の偏肉の少ない高精度のカップ状素材を得ることができることも注目すべき点である。

厚板材からカップ形状の製品を得るための工法の一

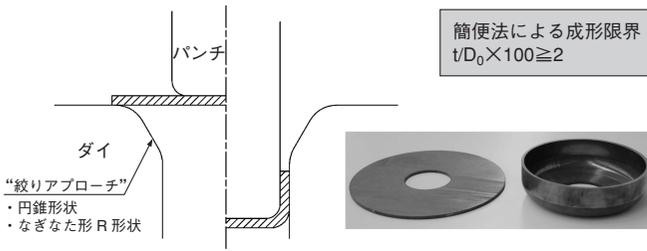
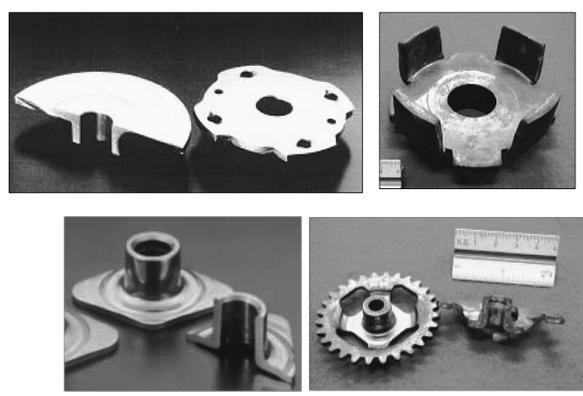
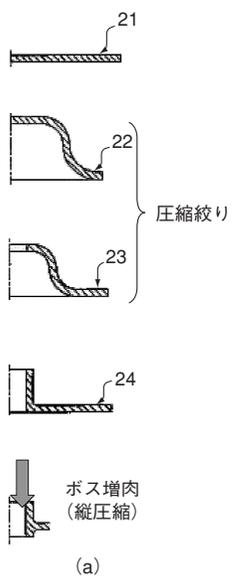


図4
単動絞り成形



図5
単動絞り成形よりの展開



(b)

図6
ボス成形事例 (圧縮絞り)

例を図4に示す。この場合、単純な金型構造でしわ押さえが不要な単動絞りで成形を行っている。
このカップ状素材に対して、しごき、端面圧縮絞り、押し出し、据込みなどの鍛造を基本としたさまざまな塑性加工法と組み合わせて、図5に示す高精度・高付

加価値形状の成形が可能になる。
そのほかのFCF工法での絞り加工の応用としては、フランジ部(平面部)へのボスの成形に用いられる圧縮絞り工法がある。
図6(a)に圧縮絞りを基本としたボス成形の概略レ

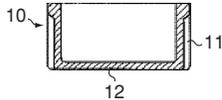


図7 複動成形事例

アウトを示す。製品ボス部の体積を確保するために、第1絞りにおいて大きく絞り、以降の工程で、圧縮絞りにより中央の絞り部径を小さくすることによりボス部の体積を確保する。その後ボス部に縦方向の圧縮成形を行うことで、ボス部肉厚の増加と絞りコーナーR部のエッジ成形を行っている。図6(b)に成形事例を示す。

押し出し成形の事例

絞り成形により成形された底付きカップ、フランジ付きカップおよびパイプ状素材の縦壁に板厚差を設ける工法としては押し出し成形が有力な手段である。板厚差の少ない場合は、しごき加工により成形部近傍以外を非拘束で成形することが可能であるが、大きな板厚差を得るためには成形部以外も拘束して押し出し成形を行う必要がある。そのために金型としては、可動ダイスや可動マンドレルを使用する複動成形が多用される。

複動成形での押し出し事例として、底付きカップの縦壁部に対して押し出し成形を行った事例について説明する(図7(a))。

底付きカップの上端面を押して縦壁部の押し出し成形を行った場合、図7(b)のように内径部の変形を抑えるマンドレルを固定方式とすると、押し出しによる縦壁部の前方への塑性流動によりマンドレルと製品内径部に空間が発生して、内径部と底部に変形が生じ、所定の寸法および形状が維持できない。

図7(c)のように上下の金型において、マンドレルとカウンターパンチを可動にしてそれぞれにクッション力を作用させることにより、成形時のマンドレルと

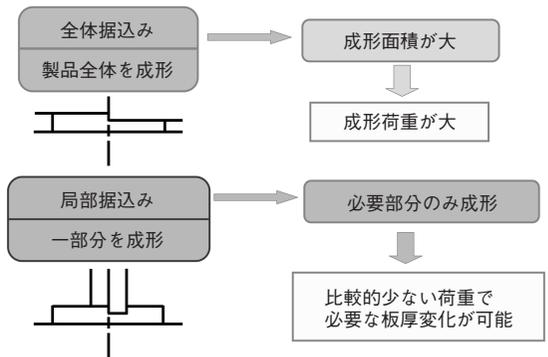
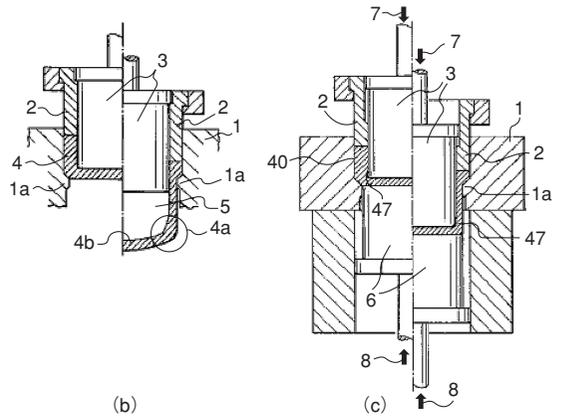


図8 全体据込みと局部据込み

製品内径部の空間の発生を防止することが可能となり、内径部および底部の変形がない寸法精度の良い成形ができる。

その他の複動成形の工法としては、押し出し部端面の均一化やダレの抑制などを目的とした背圧成形や成形時のパンチに作用する応力を軽減する張力付加押し出しがある。

局部成形の事例

据込み成形は、鍛造成形の基本の工法であり成形時の金型に作用する面圧も鍛造成形の中では少なく利用価値が高い。ただし、製品全体において板厚を薄くするような全体据込み加工を行った場合は、成形の面積が大きくなるために必然的に成形荷重も高くなり必要なプレス能力も大きくなる。したがって、FCF工法においては、座ぐりや溝形状に代表される局所的な板厚差や形状差を設けるための局部据込みが多用される(図8)。

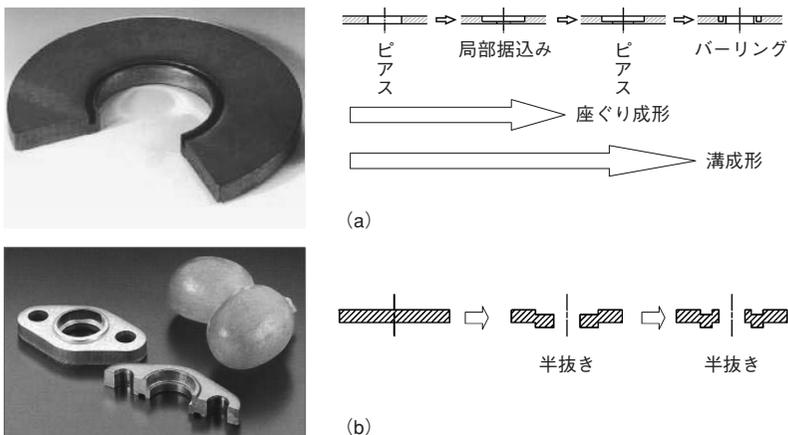


図9
溝成形事例



カップの底面・内径部の段差成形

特徴：工程数の削減
成形荷重の低減
振れ精度の向上

冷間鍛造

工程：丸棒切断→スラグづくり→
焼きなまし・ボンデ→鍛造（3工程）
歩留まり：98%
成形荷重：380tf
T. I. R.：0.1~0.2mm

FCF 工法

工程：板材剪断→潤滑→
FCF 工法（5工程）
歩留まり：75%（3個取り）
成形荷重：250tf
T. I. R.：0.02~0.08mm

図10
絞り加工と据込み加工の
複合成形

局部据込み（局部成形）では、成形部分の面積が小さいために成形荷重も小さくなるので、コンパクトな設備で従来では切削などの後加工を必要とした高付加価値形状の成形が可能となる。

図9(a)は、局部据込みを用いた基本的な溝成形のレイアウトである。捨て穴打抜き（次工程での局部据込み時の材料の流動部分の確保）、局部据込み、打抜きの座ぐり成形後に内径打抜き部にバーリングを行うことにより溝成形を行っている。このレイアウトでは溝成形にバーリングを用いているために、溝部内径側の縦壁の肉厚は薄肉のものに限定される。溝部が内径側から離れている場合、すなわち溝部内径側の縦壁部の肉厚が厚い場合には、図9(b)に示すような第1工

程での半抜きでの凹部の成形後に、反対側から再度半抜きを行うことにより成形できる。

絞り加工への据込み成形の適用事例

図10は従来工法とFCF工法の対比を示す。従来は冷間鍛造にて丸棒の切断から焼きなましボンデ処理→スラグづくり→焼きなまし・ボンデ処理→鍛造3工程で成形されていた。FCF工法に転換することで、板材のブランク材から、単動絞り成形を第1工程として5工程で成形が可能となった。単動絞りにて成形したカップの底部の据込み成形により、底部の材料を絞りコーナー部や中央部に流動させてコーナー部のエッジ成形と中央部のボス成形を行っている。また板

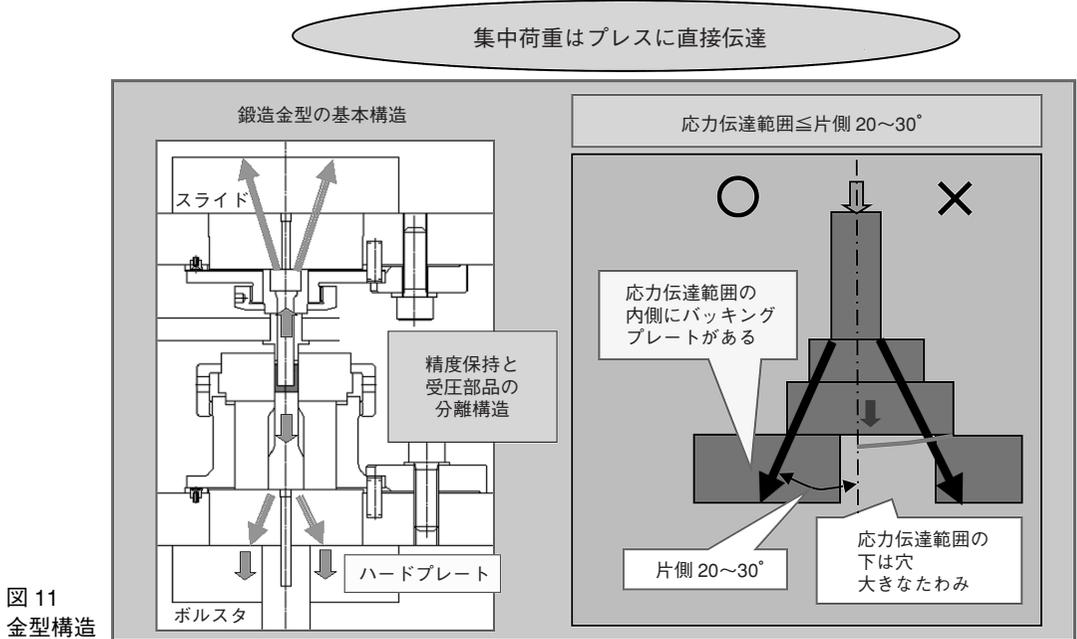


図 11
金型構造

材を使用することにより製品内外径振れ精度の向上と成形荷重の低減を達成している。

FCF 工法の金型構造

FCF 工法では、据込み（つぶし）、押出しなどの成形面圧が高い工法を用いるために金型の強度、剛性には注意が必要である。

ダイスにおいては、金型のサイズがダイスの耐圧強度と相関関係があるため、そのサイズを大きくすることなくダイスの耐圧強度を上げる方法として、ダイスを製品に接する部分のインサートとその外側の締め付けリングに分割し、インサートと締め付けリング間に予圧縮のための締めしろを設けて焼きバメを行い、ダイスの耐圧強度を大きくする焼きバメ構造が用いられることが多い。図 7 や図 10 のような成形のダイスには焼きバメ構造のダイスを用いている。

金型材料としては、高耐圧強度、高弾性係数、低熱膨張率の特徴を持つ超硬合金が製品精度や量産時の安定性のために活用したい材料である。超硬合金と一般的な金型材料である SKD 11 や SKH 51 とを比較すると、前者は弾性係数で 2 倍、熱膨張率で 1/2 となっているため、成形時の荷重変動や温度上昇による製品厚さや径の変化が後者に対し少ないために有利である。ただし超硬合金は、引張り応力や曲げ応力には弱

いため、金型のガイド方法、固定方法および成形部以外には逃げを設けるなどの工夫が必要である。

金型構造としては、図 11 に示すように冷間鍛造の金型構造を参考にして、応力伝達範囲を考慮し成形部直下の空間などは極力小さくして、剛性の高い金型構造とすることが高精度化、精度の安定、金型寿命の向上につながる。

☆

これからの日本のモノづくりにおいては、従来の効率優先から環境重視への転換が求められている。その中で塑性加工は、ネットシェイプ化を含んだ EFM (Emission Free Manufacturing) への発展を行わなければならない。

近年のプレス機械の高度化（サーボプレス／超高精度・高剛性プレス）により、従来の板金成形技術に材料流動の視点を加えた FCF 工法はその適用範囲の拡大に大きな注目を集めている。

参考文献

- 1) 中野隆志：素形材 2006、12、pp. 63-68
- 2) 中野隆志：塑性と加工、47-551 (2006-12)、pp. 8-12