

テーマ：外周に歯形を有するカップ成形法の確立と金型耐久性の向上について  
 日時：2016年5月21日（土）15：20～15：40  
 場所：京都工芸繊維大学 松ヶ崎キャンパス

1. はじめに

近年、自動車業界においては、低コスト化もさることながら軽量化などの燃費改善のニーズが高まっており、それに対応した当社の取組みとしては、鋳造品や鍛造部品、ダイカスト部品を一般プレス機による冷間板鍛造加工への工法転換、組立製品の構造変更による一体化などのVA活動を行っている。

本講演では、開発した外周歯型付カップの成形法による組立部品の一体化の事例と、量産時の金型耐久性の改善について解説する。

2. 開発の経緯

2-1 顧客要求と従来品の問題

図1の左の部品は開発の動機となった従来製品である。この製品は、自動車のCVT(無段変速機)に搭載される回転数検知機能を兼ねたピストンであり、以前は鋳造切削品であったが、VA活動で板金化したものである。このピストンは油圧を受けプーリーを可動させることにより変速を行い、同時にピストンの回転数をセンシングするための機能を有している。この時、センシング精度によってCVT変速制御の緻密さが決まり燃費に影響するため、自動車の更なる燃費改善を目指しセンシング部の精度向上が要求された。

しかし、従来品の構造は2部品の板金部品を組み立てる構造で、側面に設けた複数の長穴で回転数をセンシングする機能をもつカップと、油圧を受けつつ内面でスプリングをガイドする機能を持つピストンを別々にプレス加工した後、カップをピストン外面に圧入して組み立てていた。各々の部品を成形する金型が別々に必要なことと、組立工程が必要なためセンシング部の精度改善が困難であった。



従来品 開発品(歯形付カップ)  
 図1 従来品と開発品

2-2 解決策

そこで、カップに穴を設けることで構成されていたセンシング機能を、ピストンに歯形状の凹凸を増肉成形によってセンシング機能を付与する方法を考案し、センシング部の寸法の高精度化と、一体化による軽量化を狙って工法開発を開始した。

3. 工法開発の課題と対策

3-1 課題

センシング部の代替には、図2に示す回転数読み取りセンサの入用範囲のストレート部を確保するため肩Rのダレの最小化と、図3に示すセンサ読み取り精度向上のため歯形のエッジ形状と位置度の確保が重要になる。これらの精度が悪いとセンサの読み取りに悪影響を与え、CVTの変速制御が粗雑になり燃費が悪化する。

3-2 カップ成形での課題と対策

前述2つの課題を解決するためにカップ成形4工程と、歯形成形2工程に工夫を施した。カップ成形では、通常の絞り加工で成形すると、肩R部の材料が引っ張られて大きくダレてしまいストレート部が確保できない。さらに縦壁の減肉量が多いため、歯形増肉成形の際にエッジが張らないという課題に直面した。

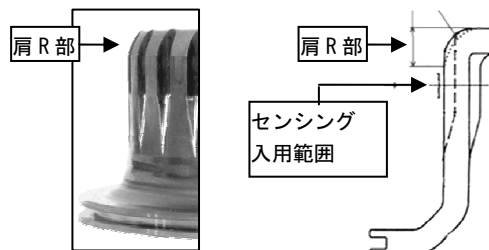


図2 肩Rとセンシング入用範囲

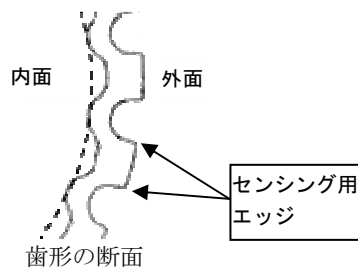


図3 センシング用エッジ

対策として、図4に示す様に1工程目に体積を多く稼ぐためにオーバードローを行い、後の3工程で必要寸法までつぶしていくことで肩Rに材料を充填しつつ、縦壁の減肉も同時に抑制することを考えた。ドロウ時点では型R20mmに対し、成形完了後は肩R6mm以下になり、縦壁減肉量も当初は0.8mm以上減肉していたが0.4mm以内にする事ができ、狙い通りのカップの基本形状ができた。

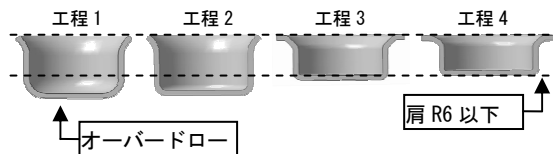


図4 カップ成形各工程での形状

3-3 歯形のエッジ精度対策

歯形成形ではラフ成形とサイジングの2工程に分けた。この工法では、加工による材料流動を2回に分けることで金型にかかる面圧を低下させ加工熱を抑えることと、ラフ成形で大まかな形状を作ることでサイジングでは精度よく歯の成形を行う事が出来る。

肉流動成形は、図5に示す様にダイに設けた歯形をカップの肩Rに食い込ませて行い、材料流動をカップの外面と内面に発生させて両面に歯形を成形する。外面歯形はセンシング用で、内面歯形はスプリングガイドとなるので両面へもれなく材料流動することが必要だが、肩Rからフランジ方向へダイを動かし歯形をつぶすように成形するため、フランジ側に材料流動が発生し、外周歯形

のエッジが充填不足となった(図6左)。さらに肩Rのダレも大きくなった。対策として、フランジ外周部を全面拘束することで流動を抑制した。これによりフランジ側への材料流動がなくなり、ピストン両面に材料が流れ金型形状に沿って充填できた(図6右)。肩Rのダレも抑制でき、センシング範囲の縮小を防ぐことができた。

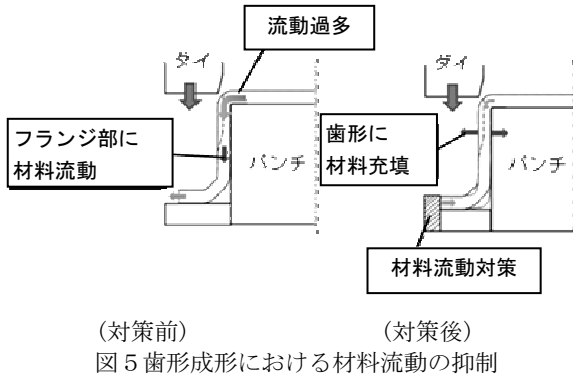
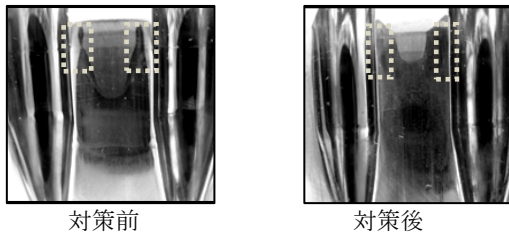


図5 歯形成形における材料流動の抑制



破線内がセンシング用のエッジ  
図6 センシング用エッジの材料充填比較

#### 4. 金型耐久性の向上

##### 4-1 工法開発時の耐久性

通常の鍛造型は2~3万ショットで金型のメンテナンスが必要である。開発した成形法は、当初歯形成形において1500ショットでカジリや製品の焼付きが発生していた。これは歯成形加工時に強い面圧がかかり、摩擦熱により金型の温度が上昇するため、固形潤滑剤入りの滑り性のよい加工油を使用しても金型表面の温度が120℃にも上昇した。そこで液体窒素を使用して表面温度を60℃前後に下げて加工していたが、6万ショットで歯形ダイが割れる(図7)など金型耐久性にも問題があった。

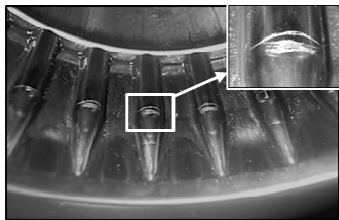


図7 歯形ダイの割れ

##### 4-2 金型耐久性の改善

改善策として、歯形成形ダイの表面処理と材質を見直した。当初、表面処理はPVD(TiCN)を使用していた。理由はPVDは繰返し再処理が可能であることと、処理時に熱ひずみによる金型の変形が少ないためである。しかし57,000ショットで焼き付きが発生し、持続して使用できる耐久性が無かった。そこでカジリや焼付き対策として、金型の表面処理をCVD(TiCN)に変更した。選定理由はPVDの膜厚が2.7μm程度に対し、CVDは4μm以上の膜厚が確保でき、また表面粗さがPVDよりも良好なので摩擦抵抗が低減し加工時の面圧を下がることが見込まれた。欠点として処理時には熱ひずみによる変形が大きくなるが、金型形状に変形量の見込をつけることで対処した。

ダイの材質見直しも同時に行い、割れ対策として靱性の高い型材を求め、一般的な超硬合金から熱間鍛造用の超硬合金へ変更後、型割れがなくなった。さらに鍛造シミュレーションを用い、金型形状を微小に変化させながら最適形状を探索し、応力集中を未然に防ぐことに成功した。

##### 4-3 耐久性改善の効果

金型の耐久性改善内容を表1に、改善によるショット数の変化を図8に示す。各対策の相乗効果により最終的には13万ショット可能な金型耐久性を実現した。さらに型温度も下がり液体窒素冷却も廃止できたうえに加工速度も1.4倍に向上し、生産コストの低減にもつながった。

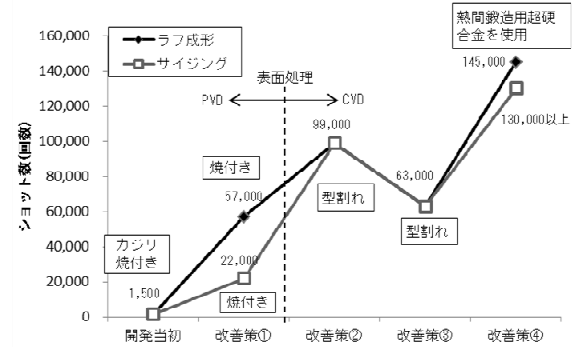


図8 ショット数の推移

#### 5. まとめ

センシングカップとピストンの一体化成形によりセンシング部の位置精度を従来の2倍以上に向上した。さらに部品点数の削減で従来品の1,040gあった重量を653gと37%の軽量化となり、相乗的に自動車の燃費製の向上に貢献できた。また、センシングカップのプレス工程と組立工程の削減と、金型耐久性向上によるメンテナンス回数の低減により、従来品に比べ製品単価を30%削減することに成功した。

表1 金型耐久性の改善

		開発当初	改善策①	改善策②	改善策③	改善策④
表面処理	処理方式	PVD アーク式 (TiCN)	PVD 電子ビーム (TiCN)	CVD3 層 (TiCN)	CVD1 層 (TiCN)	CVD3 層 (TiCN)
	被膜硬度 (HV)	2,200	3,000	2,500	2,500	2,500
	膜厚 (μm)	2.5~3.0	2.5~3.0	4 以上	4 以上	4 以上
	表面粗さ (Rz)	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2
	ダイ	材質	超硬合金	超硬合金	超硬合金	超硬合金
	硬度 (HRA)	86.5	86.5	88.5	87.5	85.5