

論文・解説

31

# AT用クラッチハブ・プレス一発成形技術の確立

## Establishment of One Motion Stamping Spline Forming Technology for AT Clutch Hub

河野 弘和\*<sup>1</sup> 森 弘真 司\*<sup>2</sup> 中 浜 義 訓\*<sup>3</sup>  
 Hirokazu Kouno Masashi Morihira Yoshinori Nakahama

### 要 約

オートマチックトランスミッション(AT)内にある薄肉円筒形状の部品は、塑性加工(プレス成形等)を製造工法としている。クラッチハブに代表されるスプラインを有する部品は、複雑な形状をしている上に寸法の要求精度が高く、品質を満足させるために予備成形後、スプライン成形を行っている。今回、クラッチハブを1モーションで成形する技術開発に取り組み、CAEと品質工学を用いた金型形状の最適化により量産における誤差要因に対してロバストな金型を試作型レスで開発し、量産化を実現した。

### Summary

Thin cylindrical parts for automatic transmission(AT) are manufactured with using plastic forming such as stamping. Parts with spline, for example clutch hub, have complex shape that requires high dimensional accuracy. The spline of this part is formed after pre-forming in order to meet the high quality demand. So we developed One Motion Stamping Spline Forming Technology for clutch hub by optimizing stamping manufacturing process. We applied CAE and Quality Engineering to decide the best stamping die design, by which we could develop and apply this technology to production successfully without any actual forming test.

## 1. はじめに

オートマチックトランスミッション内部には、動力の伝達とクラッチを切り換えるために外周部にスプラインを有している部品が多く組み込まれている。クラッチハブはその代表的な部品である(Fig.1)。これらの部品の生産には、機械加工と比べて歩留りが良く、生産性の高いプレス成形を採用している。しかし、プレスによるスプライン成形は成形時に材料が軸方向へ延び、コーナ部にダレが発生する。このダレを小さくし、FF用ATユニットの全長をいかに短くするかが重要である。このため従来よりトランスファプレスで予備成形後、スプライン成形を行う工程を標準工程としてきた。

ATの塑性加工領域では、成形一工程、接合一工程を理想工程と定義し、実現のため技術開発に取り組んでいる。今回、成形一工程の取り組みとしてクラッチハブの一発成形を量産化したので報告する。

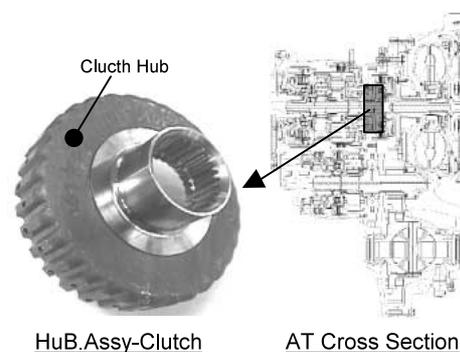


Fig.1 AT Cross Section and Target Part

## 2. スプライン一発成形概要

### 2.1 従来工程と一発成形

従来、クラッチハブは、製品品質を確保するためにFig.2のように工程を分割して成形していた(分割成形)。

\*1~3 パワートレイン技術部  
 Powertrain Production Engineering Dept.

今回の取り組みは、Fig.3に示すように円板形状の穴空きブランクより予備成形レスでスプライン形状を一発で造り込むものである。

2.2 一発成形の技術的課題

分割成形では、円筒形状パンチでドロ成形後、スプライン形状パンチでしごき成形している。それに対し、一発成形では、スプライン形状パンチでドロ成形、およびしごき成形を行うためコーナ部の板厚減少が大きくなる (Fig.4)。分割成形のスプライン成形ダイスに導入Rを設けて、一発成形をCAEで検証を行ったところ、コーナ部の板厚減少率は60%でネッキングが発生し、破断が懸念された。この板厚減少によりFig.5に示すダレが大きくなり、スプライン有効歯面長さが不足する。従って、スプライン有効歯面長さを確保するために、この板厚減少を低減させることが技術課題となる。



Fig.2 Conventional Manufacturing Process

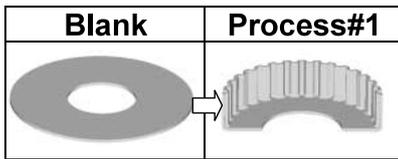


Fig.3 Innovative Manufacturing Process

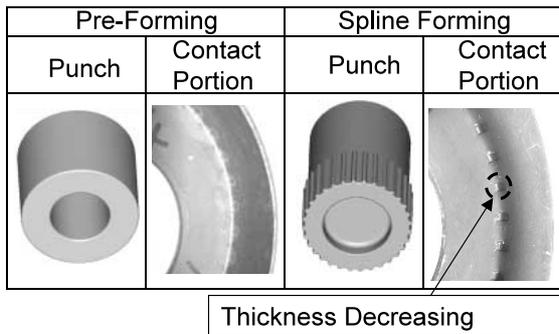


Fig.4 Comparison of Punch Contact Portion

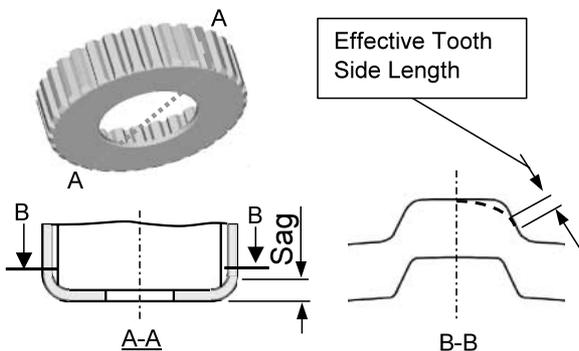


Fig.5 Sag and Effective Tooth Side Length

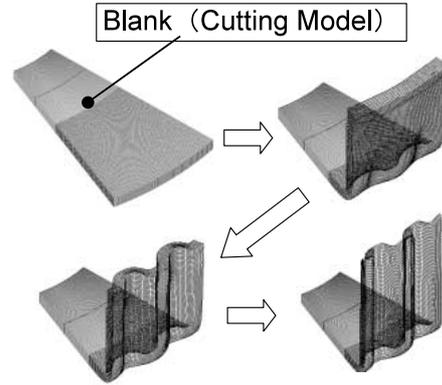


Fig.6 Clutch Hub Spline Forming Simulation

3. 取り組み方針と目標

一発成形という経験のない成形を現物によるトライ&エラーの方法で行っては開発期間が長くなり、金型製作・修正の投資が増えてしまう。今回の取り組みでは、現物を製作せずに最短期間で開発を行うために、以下の方針で取り組んだ。

① 製品品質の机上検証

製品品質を机上で検証する成形シミュレーション技術を用いることにより、試作型レスで開発を行う (Fig.6)。

② 品質工学による金型形状の最適化

品質工学を用いることにより、多くある成形金型のディメンジョンを効率的に最適化する。

目標は、分割成形品と同等以上のコーナ部の板厚減少率30%以下とし、ダレ量を抑えスプラインの有効歯面長さを確保することとした。

4. 実験方法と実験因子

4.1 基本機能の検討

成形時の板厚減少を低減させるため、金型形状の以下の2点に着目し改善を行った。

① スプライン成形に用いる金型は多段形状になっている。この各段における成形時のワークにかかる負荷を標準化する。

② 製品コーナ部における材料の軸方向への伸びを抑える形状の採用。

品質工学で重要となる基本機能の考え方として、プレス成形 (しごき成形) では、材料が金型内に充填されるほど良いと考え、理想はダイスとパンチのクリアランスに材料が完全に充填されることとした。Fig.7に示すように製品コーナ部断面積と金型 (ダイス、パンチ) のクリアランスの面積を比較し材料充填率とし、製品の底面位置と材料充填率の関係を『基本機能』とした。Fig.8に製品の底面からの位置と材料充填率のグラフを示す。グラフより比例関係とはならないため、標準SN比に置換えて評価した<sup>1)</sup>。理

想は底面から連続的に充填率100%を維持することである。製品品質精度を満足している分割成形品の材料充填を標準条件とし一発成形の最適化を行った。

4.2 制御因子

板厚減少に対する要因分析を行って36要因を抽出後、予備テストをCAEで行い、パンチ形状系2因子、ダイス形状系5因子、材料系1因子の計8因子に絞りこんだ (Table 1)。

4.3 誤差因子

量産で変動する要因として、前工程の潤滑処理の状態、金型のコーティングの劣化、摩擦がある。これらの変動要因を物理的に考えると全て金型とブランクの摩擦係数に影響を与えるものであるため、摩擦係数を誤差因子として設定した (Table 2)。

4.4 実験方法

Table 1に示す要因と水準をL18直交表に割付けCAEで材料充填率を測定した。

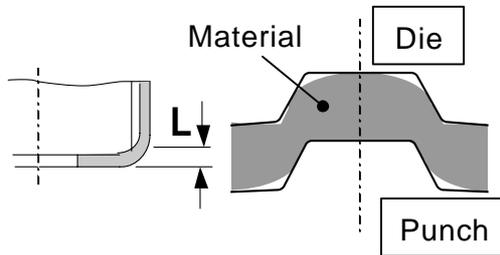


Fig.7 Amount of Material Filling at Height L

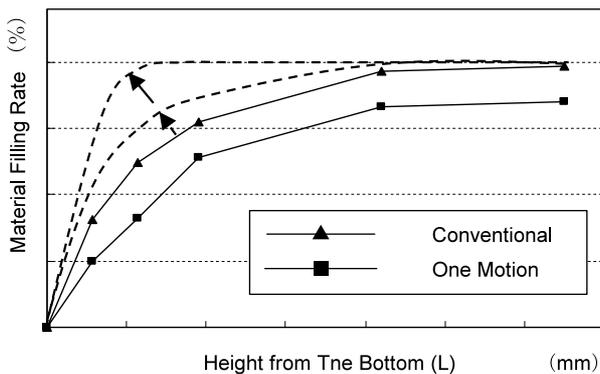


Fig.8 Material Filling Rate

Table 1 Control Factor and Level

	Control Factor	Level#1	Level#2	Level#3
Punch	A : Shape#1	Small	Large	
	B : Shape#2	Short	Medium	Long
Die	C : Shape#1	Small	Medium	Large
	D : Shape#2	Short	Medium	Long
	E : Shape#3	Small	Medium	Large
	F : Shape#4	Short	Medium	Long
	G : Shape#5	Small	Medium	Large
Material	H : Thickness	Thin	Middle	Thick

Table 2 Noise Factor

Factor	N1	N2
Coefficient of Friction	Low	High

5. 最適条件の選定および確認テスト結果

SN比の計算結果をTable 3, 要因効果図をFig.9に示す。要因効果図よりA, H以外はSN比が高い水準を最適条件として選定した。Aは初期条件と最適条件において差が微小なため初期条件と同じ条件とした。また, Hはコストと生産性の問題により初期条件を最適条件とした。

次に, 得られた最適条件で確認実験を行い, 初期条件と比較した利得を計算した。その結果を推定値と合わせてTable 4に示す。推定値と確認実験結果より再現性があることがわかった。

Fig.10にCAEで確認した最適条件 (一発成形), 分割成形の材料充填率を示す。グラフより, 最適条件の材料充填率が分割成形を上まわる結果となった。従って, 最適条件により分割成形と同等以上の品質が確保できることが確認できた。

Table 3 SN Ratio

Experiment No.	SN Ratio (dB)	Experiment No.	SN Ratio (dB)
1	-4.07	10	-8.30
2	1.93	11	-14.16
3	-9.72	12	-17.25
4	-9.24	13	-9.73
5	-11.20	14	-0.68
6	-10.04	15	2.44
7	-6.04	16	-4.00
8	-11.07	17	-15.04
9	-5.19	18	4.67

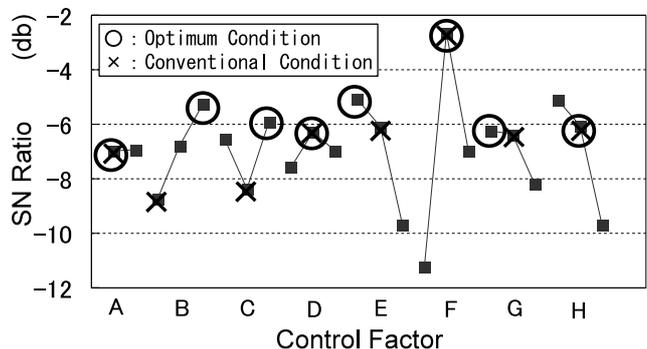


Fig.9 Factor Effect Chart of Standard SN Ratio

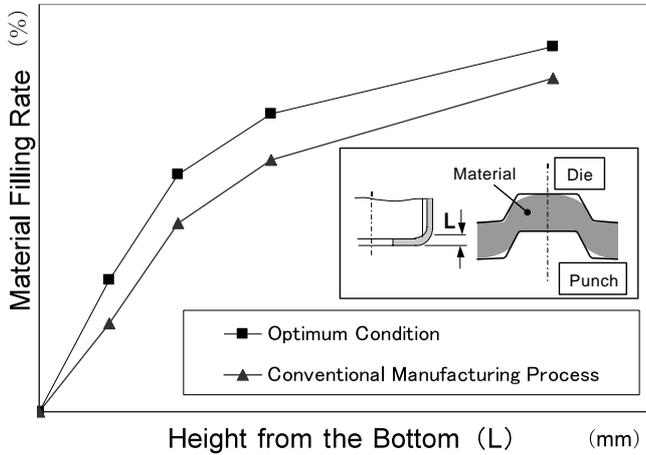


Fig.10 Comparison of Material Filling Rate

Table 4 Confirmation Test Result

	Conventional Condition	Optimum Condition	Gain
Presumption	-8.77	-1.63	7.14
Confirmation	-8.95	-2.69	6.26

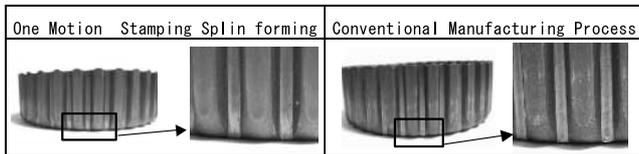


Fig.11 Picture of After Forming

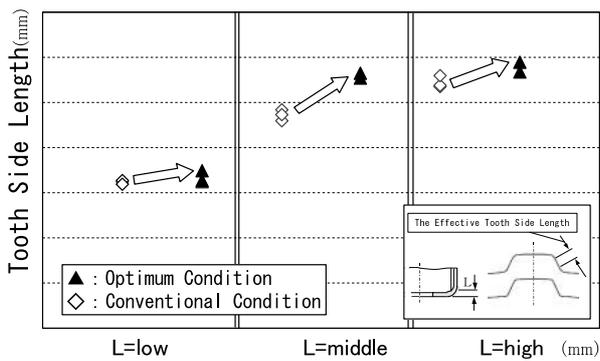


Fig.12 Effective Tooth Side Length

## 6. 実部品での確認

CAEで効果が確認できたので、実際に金型を製作し、品質確認を行った。板厚減少率は60%から半減以下の25%へ低減させ目標の30%以下を達成した。Fig.11に一発成形品と分割成形品の加工後の写真、Fig.12に最適条件（一発成形）と従来の分割成形品とのスプライン有効歯面長さを示す。一発成形品は従来の分割成形品と比較して、同等以上の製品品質となった。

## 7. まとめ

- ① 最適条件を適用することによりスプライン一発成形が可能となった。
- ② 品質工学・CAEを用いた金型形状最適化により現物テストゼロで技術開発、量産化した。
- ③ 材料充填率を基本機能として、プレス成形によるスプライン部の評価が可能であるとわかった。  
(開発期間：1/4, 金型修正回数：0, コスト低減：30%)

## 参考文献

- (1) 田口玄一：機能設計（合わせ込み，チューニング）の方法，品質工学，Vol.9，No.3，p.10（2001）

## 著者



河野弘和



森弘真司



中浜義訓