

長尺アルミクラッチドラムの 塑性加工化技術の開発

マツダ株式会社

代表取締役社長兼CEO 毛 籠 勝 弘

マツダ(株) 技術本部 椎 野 和 幸

マツダ(株) 技術本部 野 畑 俊 也

マツダ(株) 技術本部 河 野 弘 和

マツダ(株) 技術本部 新 家 泰 平

マツダ(株) 技術本部 長 野 隼 門

はじめに

マツダは「走る歓び」を提供し、“自分で運転をする愉しさ”を感じていただき、人の心と身体を元気にし、お客様の人生を輝かせることができるブランドを目指している。2022年9月に販売を開始したCX-60には、優れた環境性能と「走る歓び」を実現させるべく、新開発の縦置き8速オートマチックトランスミッション（以下FR8AT）を搭載している（図1）。

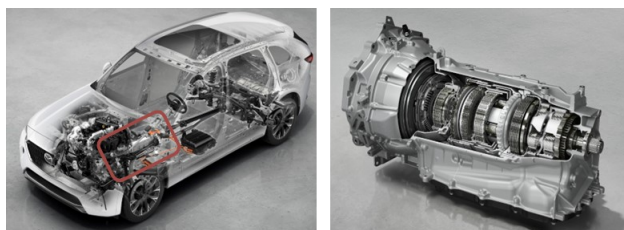


図1 新開発 FR8AT

新開発のFR8ATは、ペダルワークスペース確保によるドライビングポジションの理想化（図2）のためユニットのコンパクト化と、ロスのない高い伝達効率を両立したトルコンレス構造としている。この実現のため、ユニットに内蔵される動力伝達部品であるクラッチドラムは、長尺でかつ軽量の製品として長尺アルミクラッチドラムが必要であった。

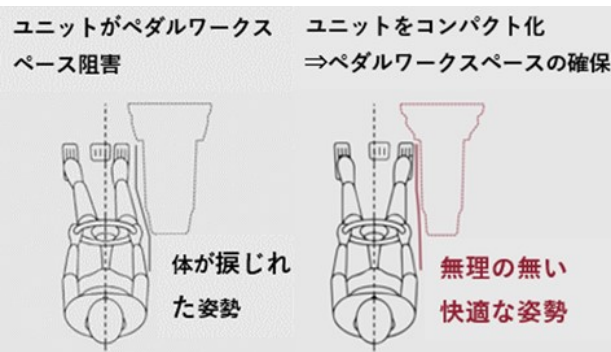


図2 ペダルワークスペースの比較

開発のねらい

FR8ATに内蔵されるアルミクラッチドラムは、理想のドライビングポジション実現のために、従来の製品と比較しL/D（高さとの直径の比）で2倍以上になり、より細長い形状にする必要がある（図3）。また、マツダの目指す「走る歓び」を具現化する高い伝達効率とユニット振動抑制の両立に向け、アルミ化による軽量化が必須であった。アルミ板材の塑性加工は成形難易度が高いため、アルミクラッチドラムは成形性の高いダイキャスト+切削加工、及び副資材を用いた相手部品との結合が主流であるが、塑性加工と比べ加工時間が長く、また製造時のCO₂の排出量が多い。そのため、従来の鉄材クラッチドラムの塑性加工技術を基盤に机上予測技術を用いて進化させることで、既存の塑性加工ラインを最大活用し、製造時CO₂排出量低減とコスト改善をねらいとした長尺アルミクラッチドラム

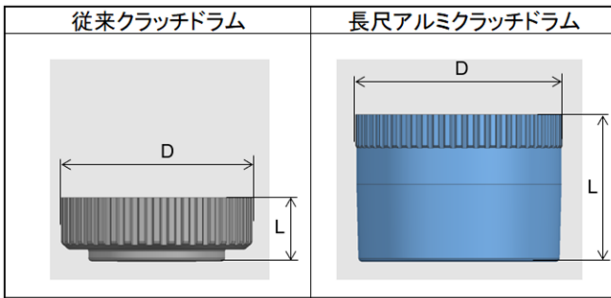


図3 クラッチドラムの製品高さ比較

の塑性加工化技術の開発に取り組んだ。

装置の概要

AT 内部には、クラッチプレートの締結/解放を行い、動力を伝達/遮断するためのスプライン形状を有する多くの部品が組み込まれている。ク

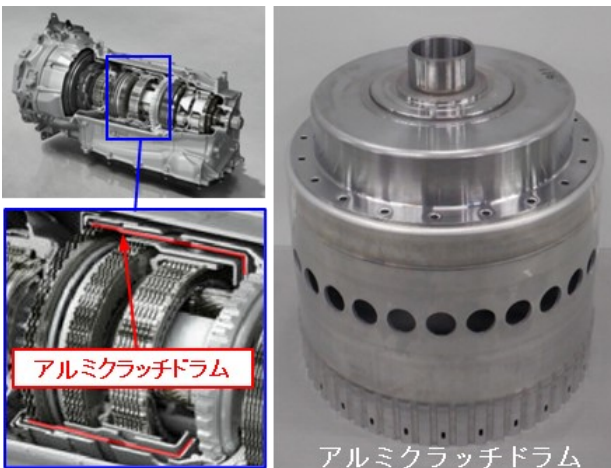


図4 クラッチドラム部品

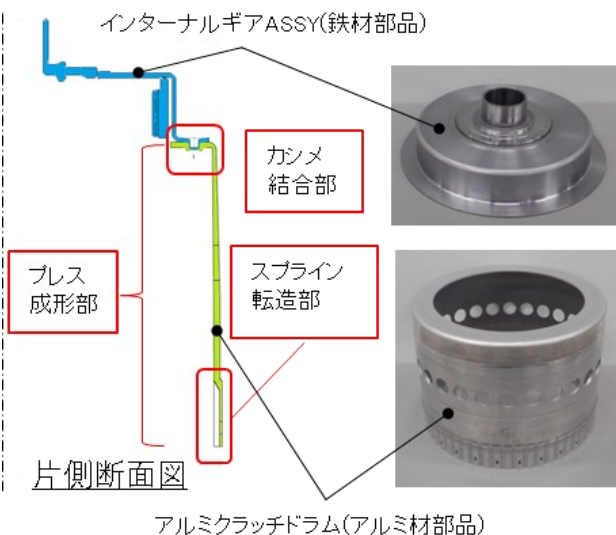


図5 アルミクラッチドラムの成形部位

ラッチドラムはその代表的な部品である(図4)。今回技術開発した長尺アルミクラッチドラムの製品図と各工程での成形部位を図5に示す。

技術上の特徴

①プレス工程の割れ/しわの抑制技術

プレス工程ではねらいの形状を複数の工程で造り込む。成形の厳しい部位での割れを防ぎ、手戻りのない工程設計を可能とするため、CAE上の割れの評価指標としきい値を明確化した。具体的には、VDA 曲げ試験(ドイツ自動車工業規格の板曲げ試験、以下曲げ試験)を行い、試験中の荷重低下と試験片の割れ発生の状態を確認し、この結果をCAE上で再現させて評価指標としきい値を決定した(図6)。

| ストローク | アルミ曲げ試験(板厚 2.6mm) | | 最大歪率 |
|-------------|-------------------|-----|------------|
| | 実機 | CAE | |
| 割れ発生位置 | | | ↑ 大 ↓ 小 |
| 割れ発生 2mm 手前 | | | |
| 割れ発生 4mm 手前 | | | |

図6 VDA曲げ試験の予実結果

割れは材料が引張により伸びの限界に近づいたときに発生するものであるため評価指標を「最大歪率」とした。曲げ試験から得た割れの評価指標としきい値が複数工程で造り込まれる製品にも適応可能であることを確認するためアルミクラッチドラムの試作品にて、予実確認しCAE予測が実機で再現され、割れの机上評価が可能であると確認できた(図7)。

また、アルミはしわが発生しやすい材質であり深絞り成形の場合、より顕著となる。そのため、金型構造内には、しわ押え機構が必須である。今回、製品高さが2倍になり既存プレス機では不足するしわ押えストロークを解決する金型構造とした。図8は、その概略図を示す。成形の進行に合わせてしわ押えタイミングを調整できる金型構造であり、しわ押え1で加工開始から

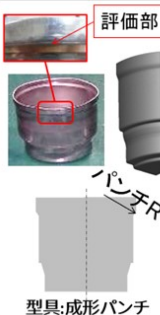
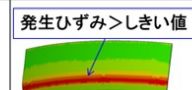

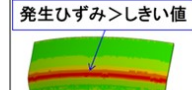
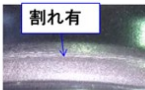
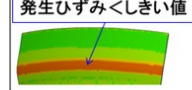

| 評価部とパンチ | パンチR | CAE | 実機 |
|--|------|--|--|
|  <p>評価部 パンチR 型具:成形パンチ</p> | R1 |  <p>発生ひずみ>しきい値</p> |  <p>割れ有</p> |
| | R3 |  <p>発生ひずみ>しきい値</p> |  <p>割れ有</p> |
| | R6 |  <p>発生ひずみ<しきい値</p> |  <p>割れ無</p> |

図7 割れ机上評価と実機確認結果

ブランク（製品）を押え、しわ押え1からブランクが抜けるタイミングでしわ押え2でブランクに押えを効かせ、成形中にしわ押えが効かないタイミングを無くすことでしわの発生を抑制することができた。

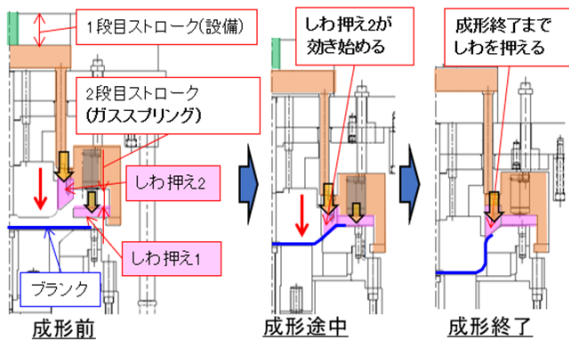


図8 しわ抑制金型構造概略図

②転造工程のスプリングバック抑制技術

スプライン転造は、マンドレルにプレス成形後の円筒形状の製品を取り付け、マンドレルと製品を回転させながらマンドレルの回転に同期して転造ローラーで転造する回転塑性加工である（図9）。

アルミは鉄と比べてヤング率が小さく転造する際のスプリングバックが大きくなる課題がある。

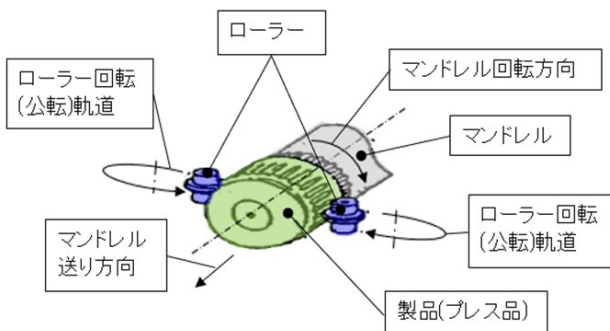


図9 スプライン転造概略図

スプリングバックの発生メカニズムは転造時に材料が転造ローラーの回転方向ではなく製品の円周方向へ塑性流動することであるとされる。従来ローラーでは凸形状を2つ設け、仕上げ部の側面を押える形状とすることで円周方向へ流れる材料を拘束していたが仕上げ部両端の成形部位の材料は円周方向へ流れてしまう。そこで、新開発ローラーの考え方は、従来ローラーで拘束しきれなかった材料を拘束するため、凸形状を3つ設け、仕上げ部外から材料の流れを拘束できる形状とした。また、仕上げ部外の小径板厚は、従来よりも板厚を厚くすることで、円周方向へ流れる材料を抑制する効果をもたせた（図10）。この新開発ローラーにより従来の鉄同等以下のスプリングバック量へ抑えることが可能となった（図11）。

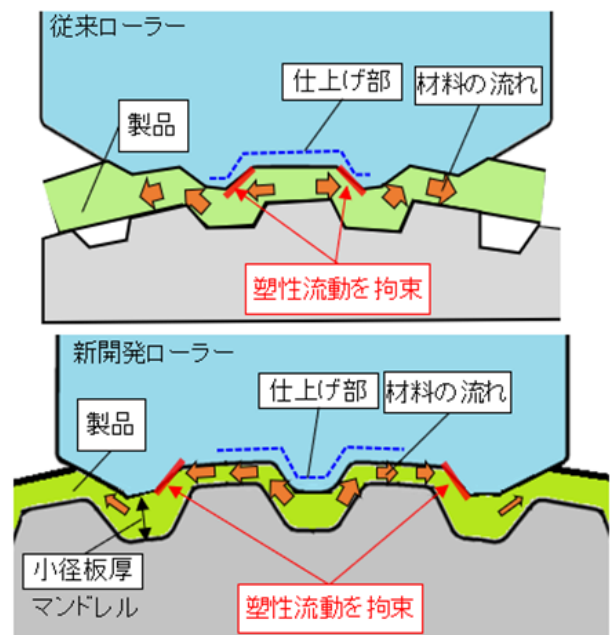


図10 ローラーと塑性流動の関係

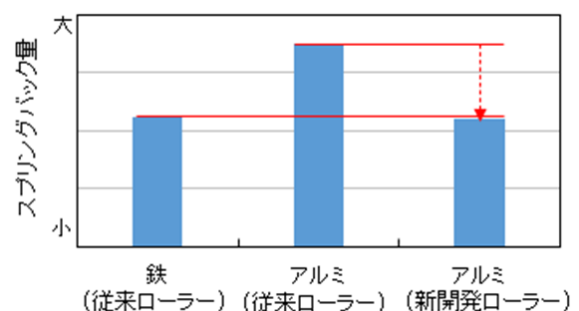


図11 スプリングバック量の結果

③異材結合工法選定プロセスの確立

アルミと鉄の異材結合工法として、拡散接合、溶融接合、メカニカル結合、接着材の工法から結合強度、同軸度、レイアウト、生産性、コストから重みづけ評価を行い、FR8AT内の限られたスペースで成立でき、切削や副資材が不要なカシメ結合を選定した(図12)。

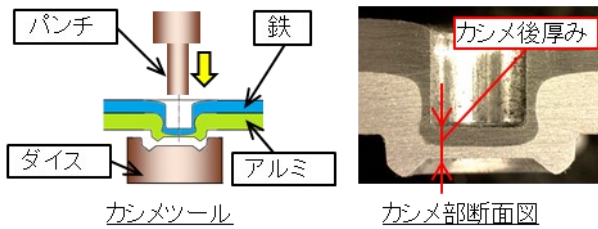


図12 カシメ結合のツールと断面

カシメ結合の信頼性確保の具体例として、以下、静ねじり強度とねじり疲労強度の評価方法を示す。静ねじり強度はカシメ結合強度の寄与率の高いカシメ後厚み、アルミと鉄のカシメ前板厚を管理幅以上に振らしても要求強度規格を十分満足する結果が得られた。ねじり疲労強度はCAE上で発生応力と相関の高いカシメ断面形状を検証し、カシメ負荷面高さH、カシメ負荷面外径D、及び応力集中部Rの寸法であるとわかった(図13)。この絞り込んだ3特性に対して振らしテスト品のカシメ断面を測定し、測定結果を解析モデルへ反映させ、応力解析を行った。

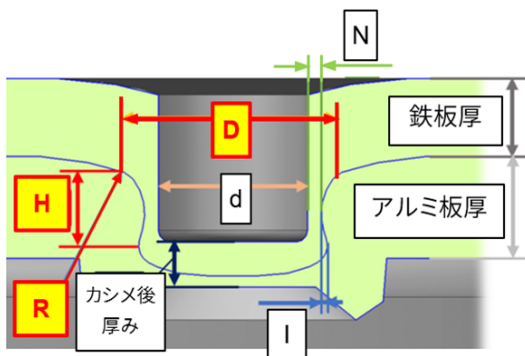


図13 カシメ部断面寸法特性

その結果、疲労限度線以下であることが机上で確認できた(図14)。また実機でも疲労試験において、開発基準サイクルをクリアできることを確認した。これにより動力伝達部品へ適用可能な異材結合工法を確立し、信頼性保証プロ

セスを構築できた。

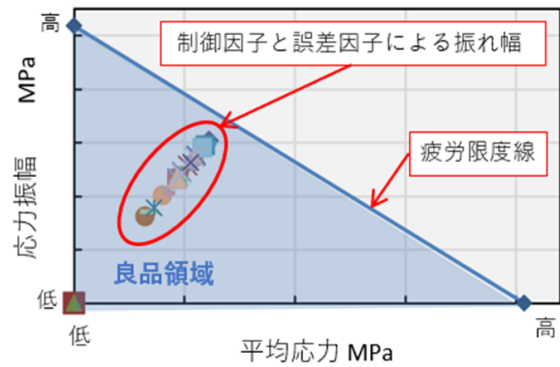


図14 10⁷サイクル疲労限度線

実用上の効果

長尺アルミクラッチドラムの塑性加工化技術開発により、従来比で製造時のCO2排出量を85%低減し、コスト改善25%を達成した。また、新開発8ATの特徴であるトルコンレス構造とペダルワークスペースを確保が可能となり、理想ドライビングポジションとキレのある変速感を得ることができた。

知的財産権の状況

本開発品の装置に関する特許登録は下記の通りである。

① 日本国特許第7230773号

名称: 自動変速機

概要: 自動変速機内の回転部品の異材結合 (アメリカ、ドイツ、中国でも出願済)

むすび

アルミクラッチドラムの製造工法はアルミダイキャスト+切削加工が一般的であったが、本技術開発により、既存設備を最大限に活かし塑性加工の適応範囲を拡大することができた。また、今回のクラッチドラムのような動力伝達部品に限らず車体部品へ適応することが可能であると考え。今後も地球環境への貢献と「走る喜び」をお客様へ提供するため技術の向上を継続的に取り組んでいく。