



粉末冶金法の形状自由度の高さを活かしたパーキング部品の焼結化

Sintering of Parking Support Parts Utilizing the High Shape Flexibility Offered by Powder Metallurgy

本田 佳暉*
Yoshiki Honda

姉崎 陽平
Yohei Anezaki

播本 大祐
Daisuke Harimoto

粉末冶金法は粉末を金型で圧縮して成形体を作製し、焼結することで高強度化させる製法である。成形型構造の工夫によって完成品に近いニアネットシェイプ*1での成形が可能となる。サポートパーキング部品は、ガソリン車だけでなく、ハイブリッド車や電気自動車など多くの車種に搭載されており、駐車時に車輪の回転を止めるパーキングロックシステムに使用され、その形状は多種多様である。今回、粉末冶金法の形状自由度を活かしてサポートパーキング部品の開発に成功し、焼結市場拡大に貢献できた。具体的な開発事例である、粉末除去による密度バランス調整、異形2個押し成形、横溝（アンダーカット）2個押し成形、複数部品一体化を紹介する。さらに、部分的にレーザー焼入れを適用することで精度を確保しながら環境に配慮した開発も実現できた。

Powder metallurgy involves compressing powder in a mold and sintering it to strengthen compact parts. Through innovative mold designs, near-net-shape compacts that closely resemble the final product can be achieved. Parking support parts are found in various vehicle types, including hybrids and electric cars as well as gasoline cars, and are crucial components used in parking lock systems to prevent wheel rotation during parking, with diverse shapes. We successfully developed parking support parts utilizing the shape flexibility of powder metallurgy, contributing to the growth of the sintering market. Our development includes examples like adjusting density balance by removing excess powder, compacting two different shapes, creating horizontal grooves, and integrating multiple components. Additionally, the use of partial laser hardening has enabled precise production while promoting environmentally friendly manufacturing practices.

キーワード：粉末冶金、パーキング部品、形状自由度

1. 緒言

焼結部品は、鉄を主原料とした金属粉末を金型へ充填してプレスで成形した後、融点以下の温度で加熱し粉末同士を結合させる粉末冶金法で製造される。我々は、粉末冶金の「ニアネット成形により複雑形状品を安価に高精度で大量生産できる」特徴を活かし、自動車関連部品を中心に開発を進めてきた。今回紹介するサポートパーキングは、駐車時の車輪ロックを变速機内で機能させるパーキングロック機構に使用される。レイアウトの制約内であれば形状を比較的自由に変更でき、焼結化メリットを活かすことができる重要な部品である。図1にパーキングロック機構を示す。トランスミッションのシフトをパーキングに入れると、

パーキングロッドがサポートパーキングの斜面部に乗り上がり、パーキングボールを押し上げることでパーキングギヤをロックし、車輪を固定する。サポートパーキングの重要な箇所は、パーキングロッドとパーキングボールの摺動部分であり、高い精度と耐摩耗性が要求される。さらに、軽量化・小型化を目指すトランスミッションのレイアウトに合わせ、サポートパーキングは多段で複雑な形状がトレンドとなっている。今回、我々が開発に成功した最新のニアネット化技術をパーキング部品の実例を元に紹介する。

2. サポートパーキングへの粉末冶金技術の適用

2-1 密度差改善目的の粉末除去成形技術

本製品の金型構造は上1、下2パンチのシンプルな構造ではあるが、L字に曲がった形の複雑形状であり、また端面に別部品が接触する面とそれ以外の面で凹凸をつける必要があった。凹凸面を同一パンチで成形する場合、成形時の圧縮比が異なるため密度差が生じる（図2）。密度差は金型に不均一な圧力がかかることによる金型破損と全長平行度悪化の原因になるため、ニアネット成形のためには密度差対策が必要であった。

実際に試作を行うと凹凸部に懸念していた大きな密度差が生じた。そこで、密度が特に高くなる凹部に対して、上パンチの挿入時に粉末を部分的に除去する粉末逃がしを金

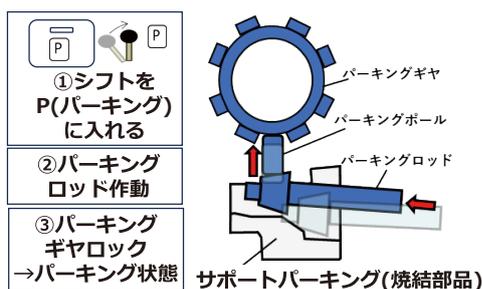


図1 パーキング機構

型（ダイ）に付与する対策を考案した（図3）。しかし、粉末逃がしだけでは密度差の大幅改善とはならなかったため、更なる対策として、金型と給粉治具に大きな溝を付与することで、給粉時に高密度部位の粉末を通常よりも10%多く除去する粉末掻きを考案した（図4）。これらの対策によ

て該当部の密度差を2%以内に改善し、優れたニアネット成形を実現できた（図5）。

2-2 2個同時成形による異形状製品の成形実現

本製品は図6で示す通り(1)内周部多段斜面形状、(2)外周段形状、(3)側面爪形状、(4)半円形状の極めて複雑な形状を有する。我々は粉末冶金の特長を最大限に活かすために完全加工レス化を目指した。

(1) 完全加工レス実現に向けた金型構造の検討

内周部に斜面形状がある本形状のような製品は、斜面形状を段付きの下パンチで成形することが一般的である（図7）。しかし、多段斜面形状を段付き下パンチで成形する従来型構造では全ての形状を型出しは不可能である。そこで従来の設計方法に捉われず成形方向を上下反転させ、全ての形状を型出しできる型構造を考案した（図8 (a)）。

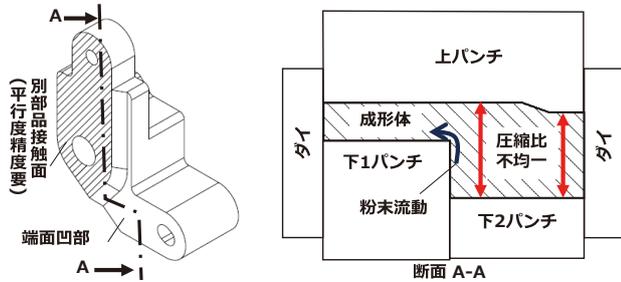


図2 金型構造と圧縮比

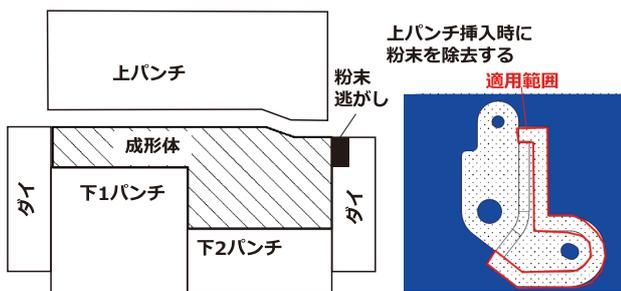


図3 対策①：粉末逃がし

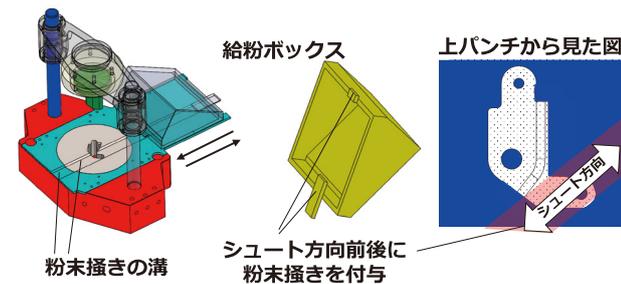


図4 対策②：粉末掻き

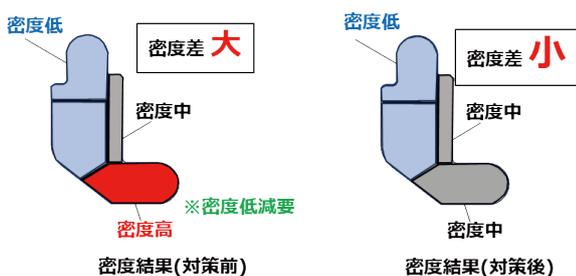


図5 対策結果

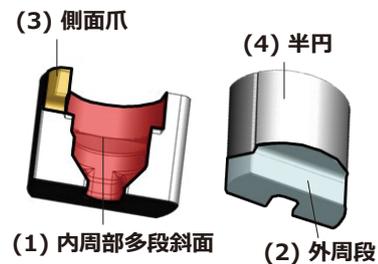


図6 異形製品形状

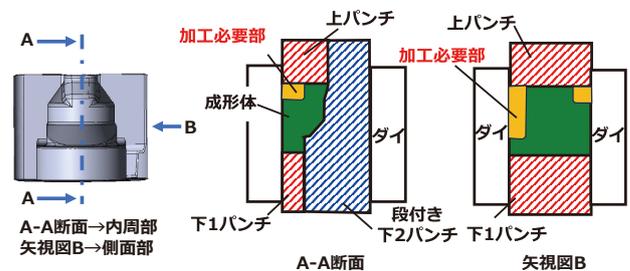


図7 異形製品形状

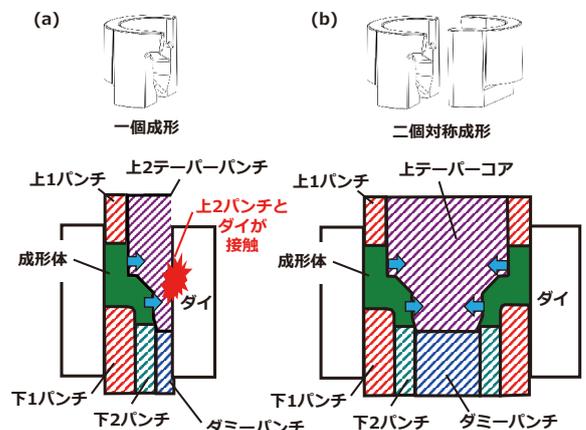


図8 製品反転加工レス型構造 ((a) 1個、(b) 2個押し)

しかし、この型構造では上2パンチが加圧時に成形体から側圧を受けるため、上2パンチとダイの間でムシレや焼付きといった不具合が懸念された。そこで (4) 半円形状の特徴を活かして、製品同士を点対称に对面配置させ、側圧を打ち消し合う2個同時成形の型構造を考案した (図8 (b))。

(2) 3D設計による金型形状最適化

複雑多段形状である本製品の2個押し型構造を成立させるため、3D作図ソフトを駆使して金型形状と金型作動をシミュレーションしながら型構造を最適化した (図9)。

しかし、実際に試作で連続成形を行ったところ、徐々に下1パンチが成形体からの側圧で押されダイ側に倒れ、下1パンチと下2パンチの隙間に粉末が流れ込み、下2パンチがダミーパンチ側に倒れることで金型の摺動性が悪化し、製品重量が安定しない不具合が発生した (図10)。この不具合の対策として、①下1パンチと下2パンチに隙間形状を付与することで、粉末の流れ込みを抑制する設計 (図11)、②金型作動に干渉しない範囲の肉盛りを下2パンチに実施し (図12)、体積率を増やして剛性を向上させパンチの倒

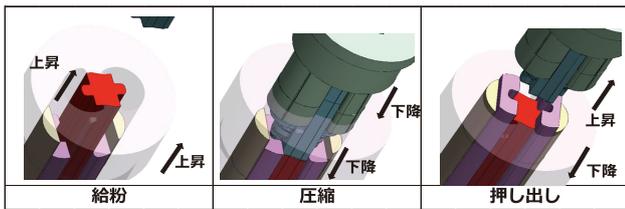


図9 3D金型設計シミュレーション

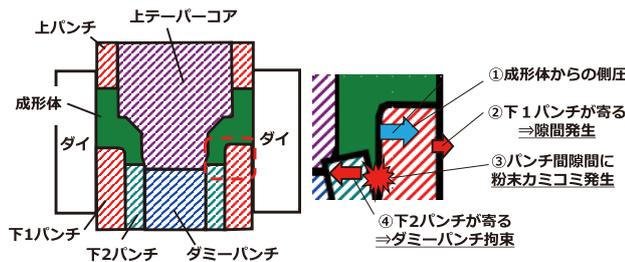


図10 成形重量バラツキ要因

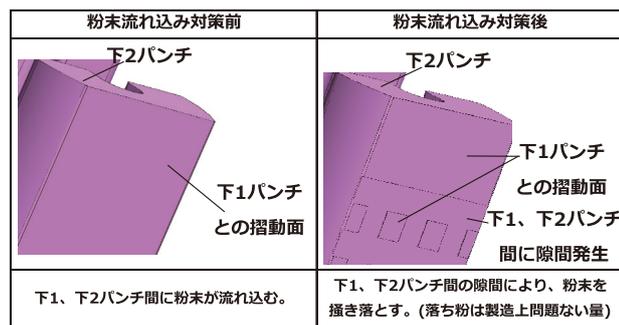


図11 対策①：粉末流れ込み対策

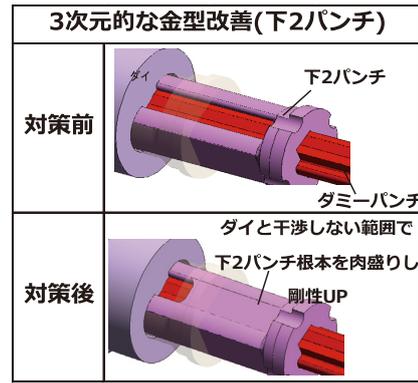


図12 対策②：下2パンチ剛性UP

れを抑制して金型の摺動性を改善する設計を考案した。①②の対策によって完全加工レスで量産化を実現し、さらに2個同時成形により金型寿命・生産効率は2倍となり、生産性も向上できた。

2-3 横溝 (アンダーカット) 成形

本製品は成形方向に垂直な方向に横溝 (以下、アンダーカット) 形状を有するサポートパーキングである。単軸成形では成形方向に対して垂直な方向の凸形状や凹形状は製品の抜き出しができないことから、焼結後に機械加工による形状付与が必要となる。そこで、アンダーカット形状の下1パンチを拔出時に引き下げない型構造にすることで、本製品のようなアンダーカットを単軸成形で工夫して付与することができた (図13)。しかし、図13の方法では成形体からの側圧を受けた下1パンチがダイ側に押し、金型のムシレや焼き付きが生じる。この課題を防止するために2-2同様、2個押し成形に着目した。製品が半円形状ではない場合でも、製品を点対称に配置することにより金型が圧粉体から受ける側圧がキャンセルされ金型のムシレを防止できると考え、アンダーカットコアを用いた2個押し成形で金型の倒れを抑制し、高精度なアンダーカット成形に成功した (図14)。2個同時成形のため、金型寿命・生産効率は2倍となる。

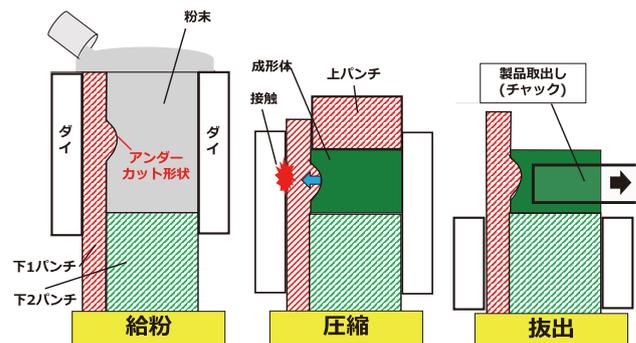


図13 アンダーカット金型の成形方法

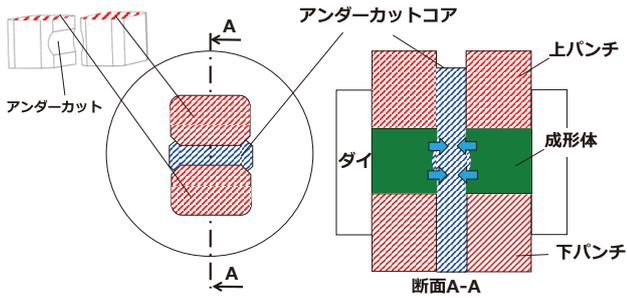


図14 アンダーカット2個押し成形

2-4 二部品一体化とレーザー焼入れ^{※2}

(1) 二部品一体化と圧縮比調整

本製品は端面に大きな凸形状を有し、対角に位置する2つのピン穴は厳しい寸法精度が必要な仕上げ加工を必要とするサポートパーキングである。初期形状は側面にある穴から別部品の焼入れピンを差し込みする二部品構成で、この焼入れピンが相手部品であるパーキングロッド受け面の斜面部を担っていた。但し、焼入れピンを挿入する穴は加工出しする必要があった。そこで端面凸形状を下パンチでニアネット成形できる二部品一体化形状を提案した(図15)。一方で、下パンチの端面形状で凸形状を付与させると圧縮比に約60%もの差が生じるため、著しい局部的密度低下が懸念された。凸形状は耐摩耗性が要求される部分であり、

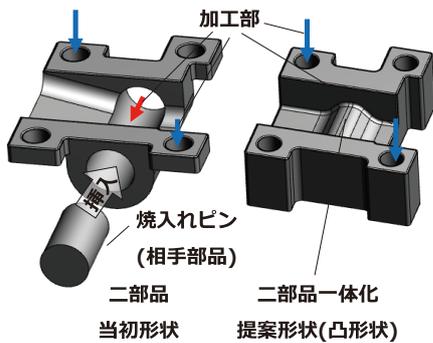


図15 当初形状と二部品一体化形状

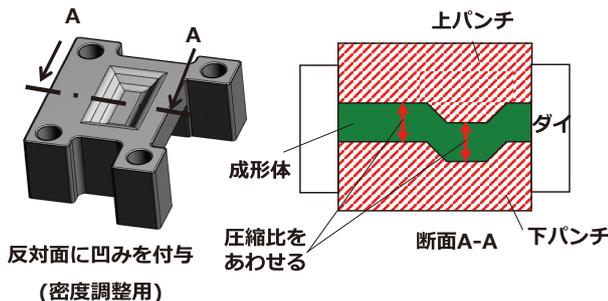


図16 密度調整用凹み形状と圧縮比

局部的な密度低下は摩耗による機能損失リスクが伴う。そこで、凸形状の型出しに伴い、機能上で影響のない上パンチ側に密度調整用の凹形状を付与することで、著しい密度低下を伴うことなく二部品一体化を実現した(図16)。

(2) レーザー焼入れ製法の確立

サポートパーキングは相手部品との摺動部に耐摩耗性が必要なため、浸炭焼入れ^{※3}を採用することが一般的である。しかし、浸炭焼入れ後に精度が厳しいピン穴2箇所の仕上げ加工は、ピン穴も焼入れされているため歪みが大きく非常に硬いため、工具寿命が低下する課題があった。そこで相手部品が摺動する2箇所の硬度必要部位のみに、局所的な部分焼入れが可能であるレーザー焼入れを適用した(図17)。レーザー焼入れを採用することで仕上げ加工が必要なピン穴の硬化を防ぐことができ、工具寿命を向上できた(図18)。

また、このレーザー焼入れの採用により従来の浸炭焼入れに比べて熱処理時の二酸化炭素排出量を約94%削減することができ、環境に配慮した工程設計を実現した。

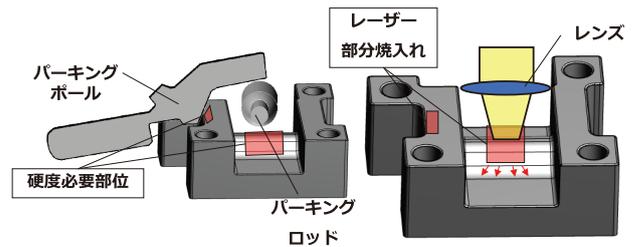


図17 使用方法とレーザー焼入れ適用範囲

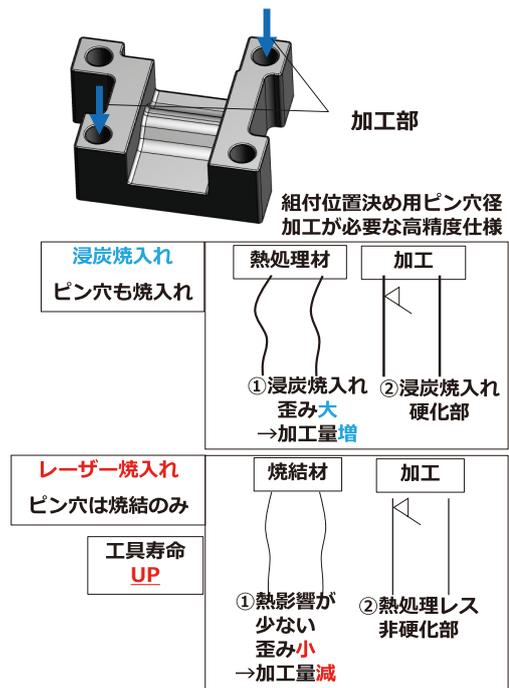


図18 レーザー焼入れ適用による工具寿命向上

3. 結 言

今回、粉末冶金の形状自由度の高さを活用し、電気自動車にも搭載される可能性が高いサポートパーキング部品のニアネットシェイプ成形の開発に成功した。その中で、粉末除去による密度バランス調整⁽¹⁾、2個押し成形による完全加工レス化と金型寿命・生産効率の向上⁽²⁾、アンダーカット2個押し成形、二部品一体化とレーザー焼入れ適用による環境に配慮した開発⁽³⁾も実現することができ、焼結市場拡大に貢献できた。

用語集

※1 ニアネットシェイプ

最終完成品の複雑形状に近い形状で粉末を成形する技術。

※2 レーザー焼入れ

焦点レンズに光を集めて一部分を加熱することでごく表層のみに部分的な焼入れを行う技術。浸炭焼入れに比べて焼入れによる製品歪みが少ない。

※3 浸炭焼入れ

炉に浸炭性の雰囲気ガスを充満させて表面全体を焼入れする技術。一度に多くのサンプルを焼入れできる。

参 考 文 献

- (1) 第70回日本粉末冶金工業会賞 (2023年)
- (2) 第69回日本粉末冶金工業会賞 (2022年)
- (3) 第69回日本粉末冶金工業会賞 (2022年)

執 筆 者

本田 佳暉* : 住友電工焼結合金(株)



姉崎 陽平 : 住友電工焼結合金(株) グループ長代理



播本 大祐 : 住友電工焼結合金(株) 部長



*主執筆者