

電動ソレノイドバルブの高機能化を実現した焼結ブッシュ

1. 開発の背景

ソレノイドバルブは電気入力により出力部から軸方向力を発生させる部品である。近年の自動車では従来の人力操作系からの自動化が進んでおり、搭載数増加が期待される製品である。多くは油圧により大荷重の制御が必要な機構に用いられ、電気入力に対し油の流れをコントロールしている。車載である為、振動、高温、低温といった過酷な環境下でも安定した作動が求められる。ソレノイドバルブにおいて本製品はプランジャのシャフトを支える軸受けとして用いられ、シャフトの直進運動時の摺動性を良好に保つ事が求められる(図1)。また、通常の軸受けとは異なりソレノイドとして機能する為磁気特性が必要となり、摺動性能と磁気特性を両立した材料選定が必要となった。使用状態は油中環境下に置かれる為、油中に混在する異物などが噛み込み、摺動に影響を及ぼす可能性が考えられた。製品自体も厳しい清浄度規格が求められる製造上の工夫が必要となった。本製品においては、従来は他工法が検討されていたがこれらの課題を解決すべく開発を行い焼結への切り替えを果たすことができ焼結品の優位性を示すことに繋がった。

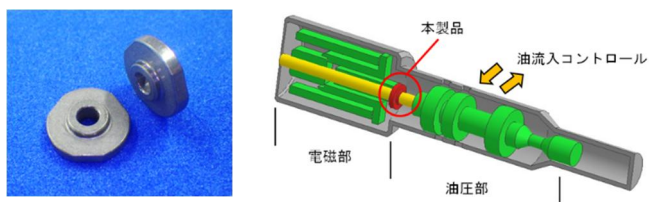


図1. 開発品外観

2. 開発のポイント

主工程は、成形焼結-バレルサイジング-浸油とし、開発を行う上で下記内容を重要ポイントとして開発を進めた。

- ・摺動性を損なわず磁気特性を満足する材料選定
- ・デザインインによる形状検討
- ・清浄度要求に対応した製造方法の構築

2-①. 材料選定

軸受け用途のため摺動性は重要で、一般には銅系材料が用いられる。しかし本製品は磁気特性が重要となるので銅系材料ではなく鉄系材料を選定する必要がある。鉄系材料において摺動性を持たせるには黒鉛の添加が一般的であるが黒鉛の量が多くなると磁気特性の低下を引き起こしトレードオフの関係となる。そのため、摺動性と磁気特性を両立できる配合割合を最適化した自社配合のFe-Cu-C系材料を選定した。これにより軸受け本来の摺動性を損なうことなく磁気特性の規格も満足する材料として採用された。

2-②. 形状検討

従来品の他工法検討段階では油排出時の異物排出が不十分という課題があった。そのため、形状設計の自由度が高い焼結軸受けでの検討となった。形状検討にあたり、ソレノイドバルブの仕様を理解し様々なパターンを想定した。その中でコストと使用条件、組付け性を考慮し最適な形状を客先とデザインインで検討を重ね決定した。外周3方向に最適な切り欠き形状を付与することで油の流路を確保し、異物の滞留も抑制することが可能となった(表1)。形状的にも金型成形で対応しやすい形状であるが、仮に他工法の削り加工などを想定した場合非常にコストアップとなる形状であり、焼結軸受けならではの形状で最適機能を付与することが可能となった。

表1. 形状案比較

	案1	案2	案3	案4(採用)
形状				
異物排出性	×	△	○	◎

2-③. 製造方法

本製品は異物の混入を防止する為、製品単体にも清浄度が求められている。清浄度に対して懸念されたのが、脱落するような微細なバリと製造工程内でのコンタミである。バリは製品寸法に影響するだけでなく、脱落することで作動不良を引き起こすことも考えられ、バリの完全な除去が必要となった。方法としてはバレルによる除去を検討した。バレルによるバリ除去は一般的だが軸受けにおいては摺動面を傷める可能性があった。今回は摺動面を傷めることなくバリを除去できる最適条件を検討しバリの除去に成功した。製造工程内のコンタミに対しては、流動確認と清浄度検査を繰り返し行い、流動経路に防護カバーを付けるなど極力外部との接触を避ける対策を施し、懸念される工程の対策を実施した。これらの個々の対策の積み重ねにより厳しい清浄度要求を満足する製造方法を構築することができた。

3. 開発の成果

これらの開発を行ったことで、摺動性、磁気特性、清浄度などの複数の要求を達成することができた。また、削り出しや巻きブッシュなど他工法では困難な形状を粉末冶金製法で安価に実現したことで、車載用ソレノイドバルブに組み込まれるブッシュとして採用され、焼結軸受けの優位性を示すことができた。