

高気密熱処理材を採用したEV向け冷却モジュール用焼結平歯車

(株)ダイヤモンド

1. 開発の背景

自動車業界における電動化(BEV化)の加速に伴い、熱マネジメントシステムの高度化が喫緊の課題となっている。特に、LLC(ロングライフクーラント)回路のポンプ、バルブ、配管を統合し、冷却機能を一括管理する「冷却モジュール」は、システムの省スペース化と効率化を両立する基幹ユニットとして、今後の需要拡大が見込まれている。本開発の対象は、当該モジュール内の流路切替えバルブを作動させるアクチュエータユニットに搭載される平歯車(写真1)である。当初、当該部品には樹脂製ギヤが検討されていたが、高出力化に伴う強度不足および耐摩耗性の課題から、焼結歯車の採用が検討されるに至った。しかし、焼結部品を実用化するには、高負荷に耐えうる「機械的強度」に加え、部品の一部がユニット外部に露出する設計構造上(図1)、内部流体の漏れを防ぐ「高度な気密性」の両立が不可欠であった。



写真1. 平歯車の外観写真

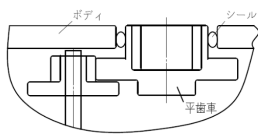


図1. 断面イメージ

2. 開発のポイント

(1) 気密性の確保

焼結部品の気密性を確保する手法として樹脂含浸などが一般的であるが、本開発ではコスト競争力および生産性を重視し、表面気孔を酸化被膜で封止するスチーム処理を選択した。しかし、本部品は浸炭焼入れによる高強度化を前提としており、通常のスチーム処理条件では、処理時の熱履歴により焼入れ組織が戻り、硬度および強度が低下する懸念があった。そこで、浸炭焼入れによって得られた機械的性質を損なうことなく、かつ焼結空孔を封止して新設されたエア漏れ量規格をクリアできる温度・時間条件の最適化試験を重ねた。その結果、強度維持と気密封止を両立する独自の熱処理プロセスを確立し、顧客要求を達成した。(図2)

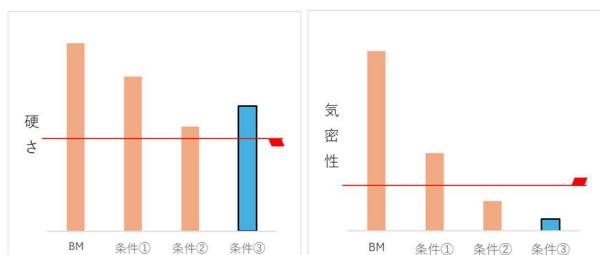


図2. 硬さと気密性

(2) 外観不良削減(スチーム汚れへの対応)

スチーム処理後、部品表面に赤茶色の変色が発生し、顧客の外観判定基準を満たせない事象が確認された。詳細な成分分析の結果、原因は浸炭焼入れ時に気孔内に残留した焼入れ油に含まれる特定の添加剤が、スチーム工程の高温下で熱分解・酸化反応を起こしたものであることが判明した。従来の超音波洗浄では、気孔深部に保持された油分を完全に除去することが困難であったため、洗浄液の化学的性質を再考し、微細気孔内への浸透性を強化した特殊洗浄方式を採用した。これにより、焼入れ油の脱脂効率が飛躍的に向上し、変色のない安定した外観品質の量産化に成功した。(図3)

(3) 相手部品への攻撃性改善(表面粗さの最適化)

ユニット評価において、平歯車のボス外径部に接触するシール部品が破損する不具合が発生した。調査の結果、表面粗さ(Ra)は顧客要求値を満足していたものの、旋削加工による微細な螺旋形状(送り目)がシールリップに物理的なダメージを与えていることが特定された。これに対し、加工工程を荒引きと仕上げに分離し、特に荒加工時における送り速度および工具刃先形状(ノーズR等)を再設計することで、仕上げ面における加工目の山谷形状を平滑化した。この改善により、シール部品への攻撃性を低減し、摺動部の長期信頼性を確保した。(図4)

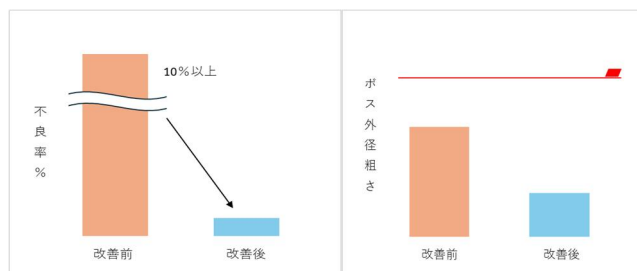


図3. 外観不良率の改善

図4. ボス外径粗さの改善

3. 開発の成果

本開発により、BEV用冷却モジュールの基幹部品として、高強度・高气密を兼ね備えた焼結平歯車の実用化および量産化を達成した。浸炭焼入れとスチーム処理という、従来は特性が相反しやすい二つの熱処理工程を融合させ、粉末冶金製品のポテンシャルを最大限に引き出した点が挙げられる。また、高価な樹脂含浸処理を排し、プロセス技術の最適化によって低コストで高機能化を実現したことは、BEV部品のコスト競争力向上に直結する成果である。本技術は、今後さらに複雑化する電動車両の熱マネジメントシステムにおいて、焼結部品の適用範囲を大きく広げるものである。