軽量，低フリクション樹脂オイルポンプロータの開発

Development of Lightweight and Low-friction Resin Materials for Oil Pump Rotor

村　井　　悠*　　土　屋　雅　之*
Yu MURAI　　Masayuki TSUCHIYA

要　旨

F1 V10 エンジンに装着しているオイルポンプロータは Scavenge と Feed の２種類で計 1 kg 以上あり，軽量化とフリクション低減が求められた．Scavenge ポンプアウタロータをポリエーテルエーテルケトン材とポリイミド材を用いた２段射出成形にて部品化し，Feedポンプアウタロータはポリエーテルエーテルケトン押し出し材で部品化した．465 g の軽量化と 1.8 kW のフリクション低減を同時に達成した．

ABSTRACT

The total weight of the scavenge and feed oil pump rotors fitted in Formula One V10 engines was previously more than 1 kg, leading to demands for weight savings and friction reductions. A polyethyl ethyl ketone material and a polyimide material have been used to manufacture the scavenge pump outer rotor in a two-stage injection molding process, and a polyethyl ethyl ketone extrusion material has been used to manufacture the feed pump outer rotor. This has resulted in a weight saving of 465 g and a friction reduction of 1.8 kW.

１．まえがき

F1エンジンの潤滑はドライサンプ式であるため，使用されているオイルポンプは昇圧目的の Feed ポンプと掃気目的の Scavenge(以下 Scav)ポンプの２種類あり，ポンプ方式は両方ともトロコイド式である．開発当初の V10 エンジン１台あたり装着しているロータは，Feed ポンプ１セット，Scavポンプ７セットであり，総重量は1 kg以上であった．従来オイルポンプロータに使用されている材料はスチールとアルミ(以下Al)焼結金属材製であったが，軽量化，フリクション低減を目的とした樹脂材ロータの開発をおこなった．

２．部品開発

2.1. 材料評価

ポンプロータに要求される材料特性として，油温 120℃近辺での機械強度，寸法安定性，耐摩耗性，しゅう動性等が挙げられる．樹脂材料の候補として高耐熱，高強度である熱可塑性スーパエンジニアリングプラスチックと熱硬化性樹脂の中から，カーボン繊維(以下CF)30%強化ポリエーテルエーテルケトン(以下 PEEK)射出材，CF30%強化 PEEK 押し出し材，CF30%強化熱可塑性ポリイミド(以下 PI)射出材，ガラス繊維(以下GF)40%強化フェノール樹脂射出材を挙げた．ASTM1号型ダンベル試験片で高温引張試験，高温引引疲労試験を実施した．疲労試験結果を Fig. 1 に示す．ロータ使用温度域で強度の高い CF30%強化 PEEK 射出材，CF30%強化 PI 射出材を用いることとした．

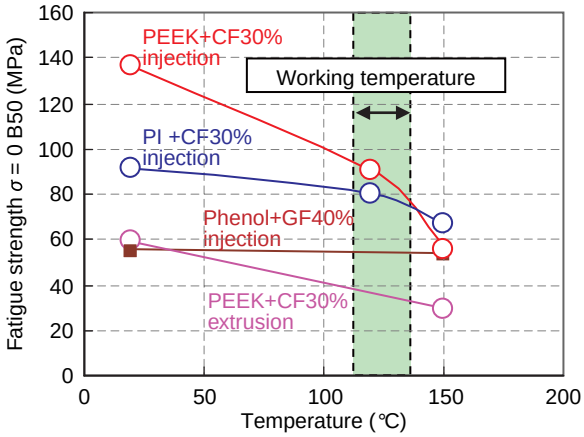

Fig. 1　Fatigue strength of resin materials

＊四輪R&Dセンター

2.2. 製法検討

射出成形は高強度を得られるばかりでなく，切削加工工程を省略しコストダウンが可能となる．アウタロータの形状は厚肉なため，通常の射出成形ではひけが大きく寸法精度を出すのが困難であった．よって，先にロータ内周部を成形し，その後外周部を鋳ぐるみ成形する２段成形の手法を適用した．２段成形法は内周部と外周部の材料を変えることが可能なので，内周部は耐摩耗性の良いPEEK材，外周部は寸法安定性の良い PI 材を適用することでひけと耐摩耗を同時に解決した．アウタロータの歯形形状の精度は ± 20 μm 以下に抑えることが可能になり，歯形部の加工省略を達成した(Fig. 2)．インナロータはマグネシウム合金押し出し材のWE54を採用し軽量化を図った．Scavローター式で 420 g(53%)の軽量化(比較は対 Al 焼結材)を達成した．

また，樹脂材は素材製法により線膨張係数が変化し異方性も大きい．射出材は線膨張係数を２方向測定して寸法設計した．素材ロットばらつきが大きい押し出し材は，素材ロットごとに線膨張係数を２方向測定してロータ厚さと径寸法を設定した．

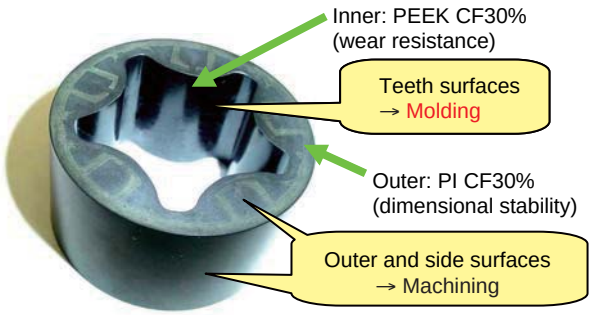

Fig. 2　Developed outer rotor manufactured using two-stage injection molding

3．性能，効果

Scavロータについて射出成形樹脂ロータを用いて，油温 100 ℃で単体ポンプ試験をおこない，Fig. 3 に示すように 10%のトルク低下を確認した．エンジン実機テストではフリクション 1.8 kW 低下を確認した．エンジン耐久試験後も機械的破損や有意な性能低下がないことを確認した．

Feed ロータの樹脂化については，発生圧力が高いためロータ摩耗が最大の懸案である．単体ポンプ試験で各材料について耐摩耗性を評価した結果，アウタロータ PEEK 押し出し材，インナロータ Al焼結材の組み合わせが最も摩耗量少なく，エンジン耐久試験後も有意な性能低下がなかった．なお Feed ポンプ一式で 45 g(52%)の軽量化を達成している．

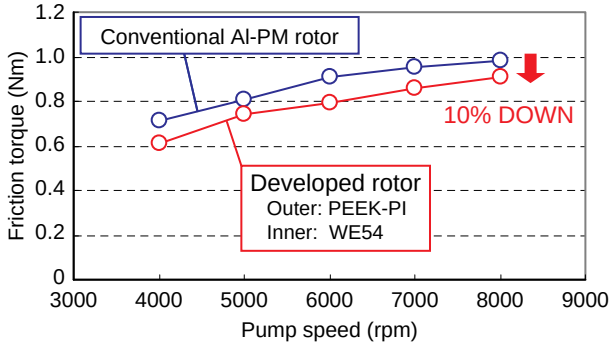

Fig. 3　Results of friction torque measurements

4．まとめ

樹脂製オイルポンプロータの部品開発を実施し，以下の成果を得た．

(1)Scav ポンプロータ

アウタロータに PEEK，PI 2 段射出成形材，インナロータにマグネシウム合金WE54 材を適用し，軽量化 420 g，フリクション低減 1.8 kW を達成し，2004 年第 1 戦よりレースに適用した．

(2)Feed ポンプロータ

アウタロータに PEEK 押し出し材，インナロータに既存の Al 焼結材を適用し，軽量化 45 g を達成し，2004 年第 16 戦よりレースに適用した．

謝　辞

本部品の開発にあたり，成形時の方案，製法にご協力いただいた(株)日栄様に紙面を借りて厚く御礼申し上げます．

■著　者■

村井　悠　　土屋雅之