



高効率焼結内接ギアポンプロータ (メガフロイド® ロータ)の開発

佐々木 陽 充*・乾 直 樹・島 田 良 幸
緒 方 大 介

Development of High-Efficiency P/M Internal Gear Pump Rotors — by Harumitsu Sasaki, Naoki Inui, Yoshiyuki Shimada and Daisuke Ogata — Powder metallurgy (P/M) internal gear pump rotors are widely used in automobiles, especially for oil pumps. In recent years, because the automotive market demands low fuel consumption and more use of hydraulic power, oil pumps are demanded to have higher volumetric efficiency and smaller sizes. To meet these demands, Sumitomo Electric has developed P/M internal gear pump rotors with a new tooth profile. The theoretical discharge volumes of pumps that use the new internal gear rotors are higher by 10% or more than those of pumps using conventional rotors of the same size and volumetric efficiency. This means that compared with conventional rotors, the newly developed rotors can be made smaller in size and can achieve lower torque and better fuel efficiency. The new rotors are being used for automotive engine oil pumps since April 2007.

1. 緒 言

焼結内接ギアポンプロータは自動車オイルポンプの基幹部品として広く使用されている。主な用途としては、エンジン潤滑用、AT・CVTの油圧発生用、ディーゼル燃料供給用などがある。オイルポンプのエネルギー損失は各ユニット中でも大きく、例えばエンジン潤滑用オイルポンプのエネルギー損失はエンジン全体の10%、またAT用では20%～30%を占める。よって近年、自動車の燃費向上の観点からオイルポンプの損失低減要求が強まっている。そして、オイルポンプのエネルギーの損失低減には、オイルポンプロータを小型化することによってフリクションを低減することが有効である。

しかし、オイルポンプを小型化することはそのまま吐出量の低減につながってしまうため、性能を維持したままフリクションを低減するには、小さなサイズでも従来と同等の吐出量をもつオイルポンプロータを開発する必要がある。

上記の課題を解決するため、当社が従来開発・製造していたパラコイド®ロータよりも吐出量を10%以上向上したメガフロイド®ロータを開発した。メガフロイド®歯形のオイルポンプロータは2007年4月から自動車用途で量産を開始している。

以下、メガフロイド®ロータの歯形の特徴、および各性能について従来のパラコイド®ロータと比較する形で報告する。

2. 高効率ポンプロータ開発へのアプローチ

2-1 オイルポンプの仕組み 内接ギアポンプロータを用いたオイルポンプの構造を図1に示す。インナー

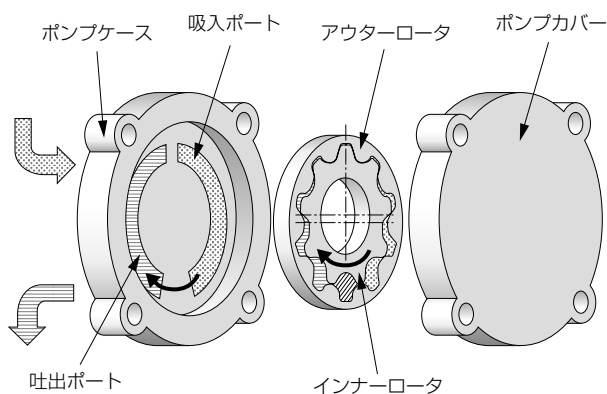


図1 内接ギアポンプを用いたオイルポンプの構造図

ロータとアウターロータは偏心して配置されている。またアウターロータの歯数はインナーロータの歯数より一枚多く、インナーロータとアウターロータの歯先によって密閉された空間が作られる。内径に挿入した軸を用いてインナーロータを回転駆動させると、外径をケース内に拘束されたアウターロータは歯部の接触で回転力を受け、インナーロータに従動する形で同じ方向に回転する。その一つの密閉空間に注目すると、回転に従って体積は段々と大きくなり、最大になったあと、また小さくなるという動きを繰り返している。このときの体積拡大領域でオイルを吸入し、最大体積部で一旦吸入・吐出ポートから切り離し、その後の体積縮小領域でオイルを圧縮しながら吐出することでオイルポンプとして作動する。

2-2 開発の方針 オイルポンプの摩擦による損失を理論計算によって、各要因別に分解した例を表1に示す。

表1 内接ギアポンプの摩擦損失の分解結果

インナー側面	アウター側面	歯先	アウター外周
35%	50%	1%	14%

・アウター外周φ94時、厚み10.8mmのロータの場合

これより損失低減には径や厚みのサイズダウンが有効であることがわかる。そのため、サイズダウンによって損失を低減しつつ、従来と同等の吐出性能をもった歯形、言い換えると、従来のオイルポンプと同一サイズ時、シャフトー回転あたりの理論吐出量（最大閉じこみ体積×インナーロータ歯数）を大きくすることができる歯形を開発することにした。

同一サイズ内で理論吐出量を大きくするためには、ロータの歯丈をより大きくして最大閉じこみ体積を大きくする必要があり。そのために、新開発のメガフロイド®ロータでは二つの基礎円を用い、その間をインボリュート曲線でつなぐという設計方法を用いることにした。パラコイド®歯形の概要を図2に、メガフロイド®歯形の概要を図3に示す。

この設計方法を用いることで従来のパラコイド®ロータでは歯数と、基礎円径（ロータサイズに依存）により決まっていた歯丈の長さを任意に変更することが可能とな

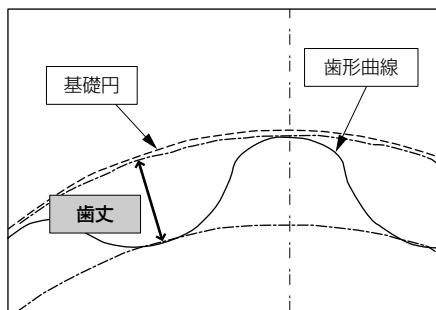


図2 パラコイド®歯形形状

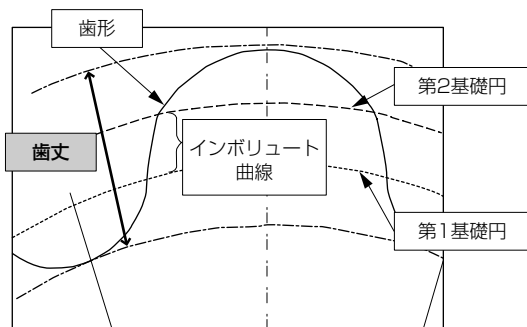


図3 メガフロイド®歯形形状

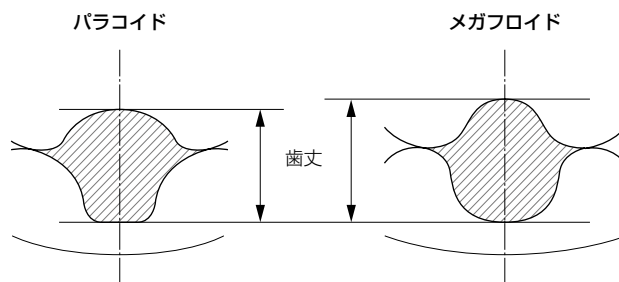


図4 メガフロイド®歯形形状

り、従来と同じサイズで歯丈を高くすることができ、理論吐出量を大きくすることができた。（図4参照。この場合は理論吐出量12.4%アップ）

3. メガフロイド®ロータの性能

3-1 メガフロイド®ロータの特徴 上記2-2ではメガフロイド®ロータの理論吐出量について述べた。それ以外のオイルポンプの性能に係わる項目に関して特徴を述べる。

(1) 高容積効率

閉じこみ部隙間の大きさを高容積効率（容積効率=実吐出量/理論吐出量）と評判の高かったパラコイドロータと同等の隙間に抑えることに成功している。アウターロータをパラコイドロータ同様にインナーロータの包絡線を用いて作成する【登録実用新案 実公平06-039109】ことで実現した。（図5参照）

パラコイド®ロータはトップの位置に対するとじ込み部

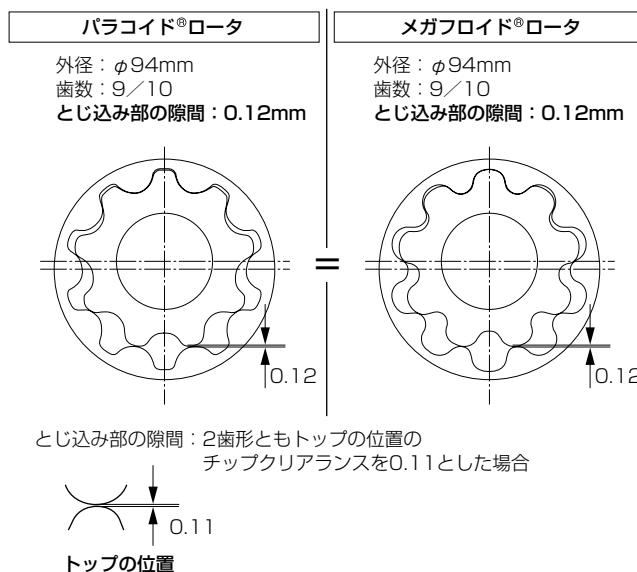
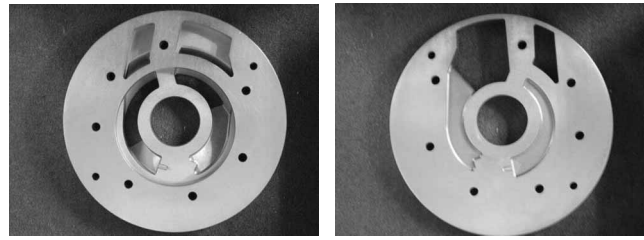


図5 とじ込み部の隙間大きさの比較

の隙間の拡大を抑えることで他社の歯形より高容積効率を誇っている。これは上記で述べた包絡線でアウターロータを創成していることの効果である。メガフロイド®ロータも同様の方法で創成させることで同様の高容積効率を実現した。

(2) 駆動力の伝達

かみ合い部分にインボリュート曲線を用いたため、パラコイド®ロータよりもかみ合い圧力角が小さくなる。よって、アウターロータに働く半径方向の無駄な応力を小さくでき、駆動トルクをスムーズに回転力に変化させることができる。(図6参照)つまり、駆動トルクを低減することができる。



ポンプボディー ポンプカバー

- ・AT用オイルポンプを再現した治具ポンプ。
- ・ボディ内部にロータを入れて、カバーでふたをする。

写真1 ポンプケース

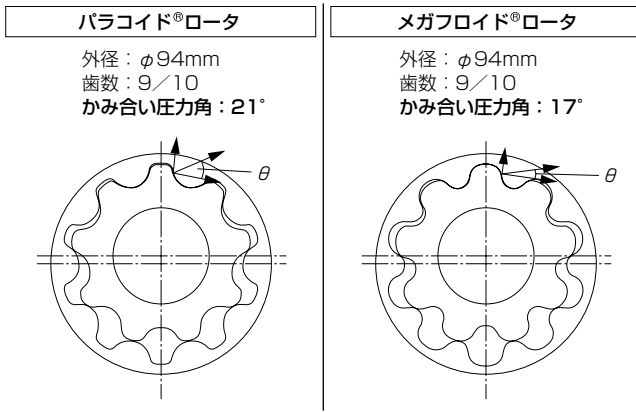


図6 かみ合い圧力角の大きさの比較



写真2 当社性能試験機

3-2 性能評価結果 その1 (同一ロータサイズの場合)

メガフロイド®ロータとパラコイド®ロータとの同一ロータサイズ時の性能を治具ポンプで比較評価した。評価の仕様・条件を表2、使用したポンプケースを写真1、試験設備を写真2に示す。また、そのときの容積効率のグラフを図7、実際の吐出量のグラフを図8に示す。

表2 同一ロータサイズでの性能評価条件

項目		パラコイド®ロータ	メガフロイド®ロータ
サイズ	厚み	10.80mm	10.80mm
	アウター外径	φ94mm	φ94mm
	理論吐出量	17.28cm ³ /rev	19.44cm ³ /rev
各部隙間	サイドクリアランス(インナー)	0.037 ~ 0.041mm	0.038 ~ 0.043mm
	サイドクリアランス(アウター)	0.037 ~ 0.043mm	0.040 ~ 0.045mm
	ボディクリアランス	0.118 ~ 0.128mm	0.113 ~ 0.122mm
	チップクリアランス(トップの位置)	0.11 ~ 0.14mm	0.10 ~ 0.12mm
試験条件	油種	通常 ATF	
	油温度	120℃	
	吐出圧力	0.5MPa	
	回転数	500rpm ~ 7,500rpm	

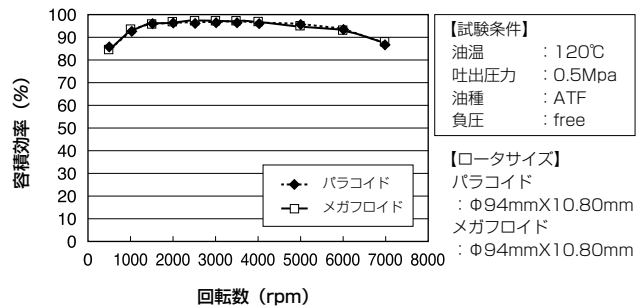


図7 容積効率グラフ (その1)

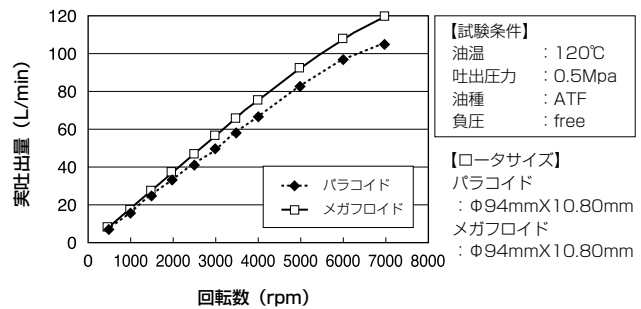


図8 実吐出量グラフ (その1)

評価結果より、パラコイド® ロータと同等の高容積効率を確保できているため、理論吐出量の増加分だけ実吐出量が増加していることが確認できた。

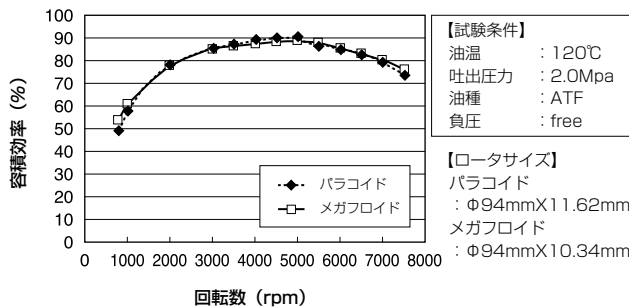
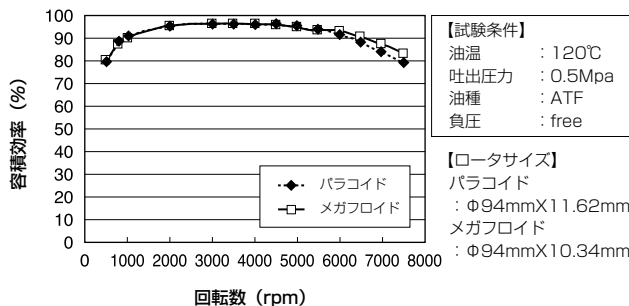
3-3 性能評価結果 その2 (同一理論吐出量の場合)

メガフロイド® ロータとパラコイド® ロータの同一理論吐出量時の性能を比較評価した。本来、全長よりも外径を小さくするほうが摺動抵抗低減としてはより効果的であるがロータ歯形のみを比較するには、その他の変化点をできるだけ少なくする必要があったため、ロータ外径を統一し、全長を調整することで理論吐出量を統一した。

このときの評価の仕様・条件を表3に示す。また、そのときの容積効率のグラフ (同一理論吐出量のため、そのま

表3 同一理論吐出量での性能評価条件

項目		パラコイド®ロータ	メガフロイド®ロータ
サイズ	厚み	11.62mm	10.34mm
	アウター外径	φ94mm	φ94mm
	理論吐出量	18.6cm ³ /rev	18.6cm ³ /rev
各部隙間	サイドクリアランス(インナー)	0.050 ~ 0.054mm	0.049 ~ 0.055mm
	サイドクリアランス(アウター)	0.049 ~ 0.053mm	0.047 ~ 0.053mm
	ボディクリアランス	0.155 ~ 0.162mm	0.145 ~ 0.151mm
	チップクリアランス(トップの位置)	0.11 ~ 0.12mm	0.10 ~ 0.13mm
試験条件	油種	通常ATF	
	油温度	40℃、80℃、120℃	
	吐出圧力	0.5MPa、1.0MPa、2.0MPa	
	回転数	500rpm ~ 7,500rpm	

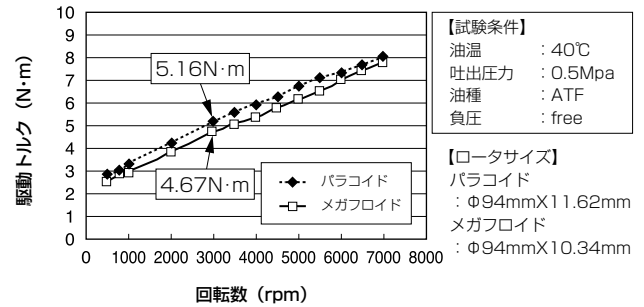


吐出圧力が低い (0.5MPa) 時も高い (2.0MPa) 時も、メガフロイド®ロータの容積効率はパラコイド®ロータと同等以上。

図9 容積効率グラフ (その2)

ま実吐出量の比較となる) を図9、駆動トルクのグラフを図10に示す。結果より、従来と同等の吐出性能を維持したまま、駆動トルクを約10%低減することに成功していることがわかる。

このときの全効率 (機械効率×容積効率) のグラフを図11に示す。結果より、メガフロイド®ロータの全効率は、パラコイド®ロータよりも5%以上向上していることがわかる。



3,000rpmにおけるメガフロイド®ロータの駆動トルクは、パラコイド®ロータに対して約10%低減。

図10 駆動トルクグラフ

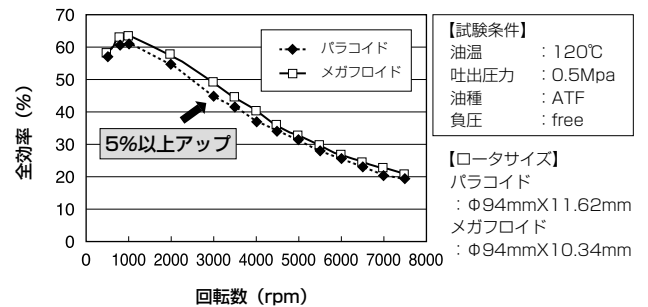


図11 全効率グラフ

4. 結 言

新開発のメガフロイド® ロータは同一サイズのパラコイド® ロータと比べて理論吐出量を10%以上大きくすることに成功した。そのため同一吐出性能で駆動トルクを10%低減したポンプを作成することが可能となる。

上記で述べた特性を誇っていることが客先にも認められ、様々な用途のメガフロイド® ロータの量産が始まっている。

今後メガフロイド® ロータを用いて、自動車部品の更なる燃費向上や性能向上が期待できると考える。

参 考 文 献-----

- (1) 市川常雄、「歯車ポンプ」日刊工業新聞（S37.08.20初版）
 - (2) 日本機械学会論文集 35巻274号（S44-6、P1369-）
 - (3) 日本機械学会論文集 35巻274号（S44-6、P1381-）
 - (4) JMブックシリーズ 歯車 ジャパンマニスト社（1969.09.15初版）
-

執 筆 者-----

佐々木陽充*：住友電工焼結合金(株) 開発部
乾 直樹：住友電工焼結合金(株) 伊丹工場 工場長
島田 良幸：住友電工焼結合金(株) 伊丹製造部 主任技師
緒方 大介：知的財産部

*主執筆者