研 究

金型潤滑技術の定量的評価と新潤滑剤の開発について

藤木 章^{☆1}, 前川 幸広^{☆2}, 安達 恭史^{☆3}^{☆1}日産自動車(株)パワートレイン技術開発試作部, 〒230-0053 横浜市鶴見区大黒町 6-1.^{☆2}日産自動車(株)成形技術部, 〒220-8023 横浜市神奈川区宝町 2.^{☆3}ADEKA ケミカルサプライ(株)開発研究所, 〒116-0012 荒川区東尾久 7-2-34.

Quantative Analysis of Die Wall Lubrication and New Lubricant Development

Akira Fujiki^{☆1}, Yukihiro Maekawa^{☆2} and Kyohshi Adachi^{☆3}^{☆1}Powertrain Technologies and Prototype Development Department Nissan Motor Co., Ltd.,
6-1 Daikoku-cho, Tsurumi-ku, Yokohama 230-0023, Japan.^{☆2}Material Process Engineering Department Nissan Motor Co., Ltd., 2 Takara-cho, Kanagawa-ku, Yokohama 220-8023, Japan.^{☆3}R&D Division of ADEKA CHEMICAL SUPPLY CORPORATION, 7-2-34 Higashiogu, Arakawa-ku, Tokyo 116-0012, Japan.

Received May 12, 2006

SYNOPSIS

Recently several new technologies are introduced to achieve high density of PM such as warm compaction, surface densification, high velocity compaction and so on. Die wall lubrication is one of these technologies. However, the study of quantitative analysis of die wall lubrication is very few, neither the suitable lubricant for die wall lubrication. The authors studied the die wall lubrication technologies itself comparing TRIBO type and CORONA spark type and also studied several lubricant electric charge value. Through these studies, the new lubricant for die wall lubrication is synthesized.

KEY WORDS

die wall lubrication, warm compaction, high density, high strength, quantative analysis

1 まえがき

現在鉄系焼結機械部品の大部分は自動車に使われている。近年自動車は特に環境への配慮等から、燃費向上が強く要請され、部品の小型軽量化が進んでいる。このため単位面積にかかる負荷が大きくなって来ることから、焼結部品のより高密度化が要求されてきており、これに対応するために、著者らはすでに温間成形¹⁾や温間成形と高温焼結との組み合わせ²⁾、温間成形と転造の組み合わせ³⁾などについてすでに報告して来ている。最近では高密度手法として、金型潤滑の検討も盛んになってきている^{4,5)}。この方法は構造部材だけでなく、最近脚光を浴びている圧粉軟磁性材等にも応用が効くため大きな可能性を秘めた技術といえる。しかしながら、定量的な研究は殆んどされていないのが実情である。今回我々は金型潤滑の定量的な検討を行い、新潤滑剤を開発した。今回はその経緯について記述する。

2 開発の背景と開発の目標

今回の開発状況を述べる金型潤滑の状況について、開発の前提を確認する。通常の内部潤滑(原料粉へ潤滑剤を添加)の

場合は原料混合粉に対して0.6~0.8 mass% (以下本論文で特に断りが無い場合は % = mass% とする) を添加する場合が多く、金型潤滑ではこの内部潤滑の添加量を0.1~0.2%にして、粉末の圧縮性を向上させて、潤滑の足りない部分を外部潤滑で補う工法である。粉末成形においては、粉末同士の摩擦低下の必要もあるので、金型潤滑といえども内部潤滑剤を0にすることは現実的ではなく、前述のように0.1~0.2%の内部潤滑を含むのが一般的である。また、金型潤滑の場合は金型の“かじり”(金型の異常摩耗、凝着)を防止する効果もあるので、必ずしも高密度部品狙いでなくて、複雑形状部品成形の場合の金型のかじり防止に用いても良いわけである。このため今回の開発の目標としては、密度は7.3 Mg/m³を超えること、潤滑剤の塗布量バラツキは、3 σ =0.1以下であり、従来の0.6%の内部添加潤滑剤の成形と同等以下の抜き出し圧力を狙うこととした。

3 試料および実験方法

3.1 金型潤滑システムの選定

まず各種の金型潤滑方法についてその得失を紙上で比較検

討した。検討した方法は刷毛による塗布、液体系のスプレー、静電塗装によるもののうち、静電気発生機構として、摩擦タイプ(TRIBO方式)のものとコロナ放電タイプのものである。

Table 1にこれらの方法の得失表を示した。この表からわかるようにコロナ放電による方法が全体的に優位といえる。しかしながらコロナ放電タイプは静電ガンが大きく、プレス of 粉末供給箱(フィーダーボックス)の近傍に取り付けることが難しく、自動化に大きな障害があるといえる、このため、粉末付着力の安定性はコロナ放電タイプよりやや落ちるが、装置の簡便なTRIBO方式を採用し、潤滑剤の改良で付着力を安定させることとした。

3.2 粉末供給装置の選定

次に潤滑剤の粉末の供給装置について検討した。これについてはFig.1に示す従来のタイプと新たに選定したタイプについて見当した。従来タイプでは潤滑剤は空気により浮遊タンク内で浮遊しており、これに空気圧をかけて、噴射ガンから潤滑剤金型に投射するわけである。新タイプはスクリーコンベヤーで粉末を定量的に切り出し、空気圧にて静電ガンに送るものである。これらの粉末について従来から使用されている潤滑剤として樹脂系のA社のA粉、およびワックス(アミド)系のB社のB粉末について、各装置を用いた場合のばらつきを表に示した。この表からわかるように新装置の方が

Table 1 Advantages and disadvantages of several die wall lubrication technologies.

Method		Lubricant	Cost	Automation	Complex shape forming	Stability	Lubrication ability	Cold Compaction
Brushing		Liquid or Powder	High	Difficult (Long cycle time)	◎	× (uneven)	NO Detail data	○
Spray		Liquid	Medium	Difficult a little bit (Evaporation)	△ (One Direction)	◎ (Only with warm compaction)	TOYOTA Reported	× (Water solvent)
Electric Charging method	TORIBO (FRICTION)	Powder	Medium	Easy	◎	△ (Low adhesion)	NO Detail data	◎
	CORONA SPARK	Powder	Medium	Difficult a little bit (Electrode space)	◎	○	NO Detail data	◎

	Weight scatter σ (g)	
	Lubricant A	Lubricant B
Conventional	0.053	0.043
New	0.026 (▲50%)	0.010 (▲77%)

Characteristics: Lubricants are floated by air and
Lubricants are sprayed by air-brush system
Lubrication condition is varied by flow ability and moisture

Characteristics: Constant weight of lubricants are curbed out by force with screw conveyor
Lubrication condition is not varied by atmosphere, etc

Fig.1 Diagram of conventional and new die wall lubrication apparatus.

従来の装置に比べてどちらの粉末を用いてもばらつきが小さいことがわかる。

以上の予備検討から静電方式(TORIBO)に粉末定量供給装置を付けた実験装置で潤滑剤の開発を行うこととした。

3.3 金型潤滑の定量評価と金型潤滑用新潤滑剤の開発

Table 2に今回の定量評価に用いた潤滑剤の一覧表を示す, この中で開発材はEBS, 脂肪酸アミド誘導体とステアリン酸リチウムの熔融混合系である. Fig.2に電位測定器の概要を示す. これは基本的にはファラデーゲージと呼ばれるタイプの電位測定器であり, 絶縁したカップに各潤滑剤を前記の塗布装置で塗布し, その潤滑剤の電位を測るものである. 次にFig.3に潤滑剤の付着力を測定する方法の概要を示す. これは比較的簡便な方法であり, 前記のファラデーゲージ中のカップに潤滑剤を塗布後, 一定の高さから落下させて, その前後で付着潤滑剤の重量を測定するものである. 次に実際のスプロケット形状を用いた成形後の抜き出し力測定の実験方法について説明する. これは26歯の外径50mm内径10mmのサイレントチェーンスプロケットを成形し, その抜き出し力を測定するものである. 原料鉄粉は神戸製鋼の300NHに2%Cu, 0.8%Cを添加し, 内部潤滑剤として0.1%の潤滑剤を加えたものである. 実験時の気温は290K(17°C), 湿度は31%成形圧

力は490MPa(5tonf/cm²)で狙い密度は7.35Mg/m³とした. プレスはヨシヅカの総トン数200トンのCNCプレスを用い, 金型は283K(120°C), 鉄粉は288K(125°C)とした.

3.4 量産性を考慮した試作実験

最後に量産性を確認するために, 外径30mm厚さ9.5mmの円盤上のブランク部品の連続成形の実験を行った. 原料鉄粉は金型潤滑用鉄粉としては神戸製鋼の300MHに2%Cu, 0.8%Cを添加し, 内部潤滑剤として0.1%の潤滑剤を加えたものである. 比較用としての内部潤滑粉末としては, 神戸製鋼の300MHに2%Cu, 0.8%Cを添加し, 内部潤滑剤として0.6%の潤滑剤を加えたものである. 実験時の気温は288K(15°C), 湿度は35%, 成形圧力は686MPa(7tonf/cm²)成形速度は9ヶ/60秒, 潤滑剤の投射量は0.04g, 狙い密度は7.35Mg/m³とした. プレスはヨシヅカの総トン数100トンのメカプレスを用い, 金型, 鉄粉共に293K(130°C)とした.

4 実験結果と考察

Fig.4に各潤滑剤の電位量を示す. 開発材の電位量が一番高く次が従来材中のA1粉である. ついで従来材のB1粉であり, その他はすべてこれらよりかなり低い値である. 開発材の電位量が一番高いのは, この材料が他と全く異なる結晶構造を

Table 2 List of examined lubricants.

Supplier	Name	Type	Particulate Size
A	A1	Artificial reign	0.05
B	B1	Wax(Amide)	0.5
ADENKA CHEMICAL SUPPLY CO	B2	Lithium stearate	0.01
	Y1	EBS	0.025
	Y2	EBS+ Zinc stearate	0.0189
	Y3	Zinc stearate	0.0131
	Developed	EBS+ Fatty amide derivative+ Lithium stearate	0.019

Fig.2 Lubricant spray gun and FARADAY gauge.

Fig.3 Measurement method of adhesive strength.

Fig.4 Electric charged value (V) of examined lubricants.

とるためと考えられるが、詳細については今後さらに検討したい。Fig.5に開発材と従来材のA1粉の投射量と付着量の関係について示した。この図から判るようにA1粉では投射量の8割程度しか付着していないのに対して、開発材は投射量の殆んどが付着したままである。

Fig.6に前項3.3で実験したスプロケット形状の成形の場合の各潤滑剤およびシステムと抜き出し力の関係について示した。金型潤滑を行うと、型潤滑無しに比べてかなり抜き出し力は下がる。但しA1粉の0.02g投射では殆んど効果がない。

Fig.5 Sprayed and adhesived lubricant in the examination.

開発材の場合は従来材に比べて抜き出し力が低下する。投射量が多い程抜き出し力は低下する。今回詳細な記述は割愛するが、従来の潤滑剤で0.2, 0.5gと2水準でさらに量を増やして実験したが0.5gでは潤滑剤が凝集し、潤滑特性も良くないこのため今回程度の大きさの部品であれば、投射量の上限は0.2g程度であり、0.1gでも十分といえる。

Fig.7に前項3.4で実験した連続100ヶ成形試作における各種潤滑の場合の抜き出し圧力について示す。この図から判る

Fig.7 Ejection force under the several conditions (hockey-pack shape, n = 100).

Fig.6 Ejection force under the several conditions (sprocket shape).

Fig. 8 Weight scatter under the several conditions (hockey-pack shape, n = 100).

ように、開発材による金型潤滑の場合が一番抜き出し圧力が低くそのバラツキも小さいことが認められる。Fig. 8に重量バラツキを示す従来法に比べて金型潤滑法はどれもバラツキが小さい。Fig. 9に密度のデータを示す。全ての方法で7.3 Mg/m³を超えているが特に開発潤滑剤によるバラツキは小さい。

5 ま と め

鉄系焼結材および圧粉軟磁性材の高密度化を目標として金型潤滑技術について、定量的な検討を行った結果以下の結論を得た。

- (1) 静電方式では摩擦帯電による方法が装置が小型で自動化に有利である。
- (2) スクリューコンベアによる潤滑剤の定量切り出し機能がついた金型潤滑装置が量産には適していることが判った。
- (3) ファラデーゲージにより各種材料の電位量を測定でき、この値が高い潤滑剤は金型への付着力も高い事が確認できた。
- (4) 樹脂系、ワックス系および金属石鹸等を含む各種の潤滑剤を比較検討した結果EBS、脂肪酸アミド誘導体とステアリン酸リチウムを溶融混合した新潤滑剤が金型潤滑にもっとも適していることがわかった。
- (5) 上記の開発した潤滑剤は量産でも十分利用可能であることが判った。

謝 辞

本開発において成形の試作および金型潤滑装置の導入に対

Fig. 9 Achieved density under the several conditions (hockey-pack shape, n = 100).

して多大な協力をいただいた(株)神戸製鋼の関係各位に感謝いたします。

文 献

- 1) A.Fujiki, T.Hirao, M.Yamaguchi, T.Murata, K.Ueda and Y.Sugaya: "Development of Warm Compacted Automotive Engine Sprocket", Proceeding of 2000 Powder Metallurgy World Congress, Published by Japan Society of Powder and Powder Metallurgy, (2001)137-140.
- 2) A.Fujiki: "Tough P/M Materials for Automotive Applications", ADVANCES in Powder Metallurgy & Particulate Materials 2 PM²TEC 2002 WORLD CONGRESS published by MPIF, USA, (2002)31-38.
- 3) A.Fujiki, Y.Maekawa, Y.Mabuchi, M.Satoh and J.Yamada: "Mechanical Properties of Warm Compacted/Sintered and Surface Densified Sprocket in Comparison Warm Compacted and High temperature Sintered Parts", End user meets PM, Proceeding of PM2004 Viena, Austria, (2004) (to be published).
- 4) W.G.Ball et.al.: "New Die Wall Lubrication System", INTERNATIONAL JOURNAL of Powder Metallurgy Jan/Feb., 33/1 (1997)23-30.
- 5) M.Kondoh and H.Okajima: "High Density Powder Compaction Using Die Wall Lubrication", Advances in Powder Metallurgy Particulate Materials 3, PM²TEC 2002 WORLD CONGRESS published by MPIF, USA, (2002)47-54.