

湿式摩擦材のトライボロジー最前線

Updated trend & tribology of wet friction material

NSKワーナー株式会社（非）*平野 忠重 （非）高林 秀明 （正）丸尾 賢司

Tadashige Hirano, Hideaki Takabayashi, Kenji Maruo

NSK Warner K.K.

1. はじめに

これまで湿式摩擦材は自動変速機（以下、AT）の中で、内燃エンジンからの駆動トルクをタイヤへ伝達／遮断する部品として使用されてきた。しかしながら近年における地球規模の環境問題・資源問題から自動車の脱炭素化や電動化への動きが加速し、自動車の動力源および動力伝達機構の多様化が進んでいる。自動車のハイブリッド化や電動化が進む中で、更なる燃費（電費）向上を目指すためには変速機の必要性も検討されており、我々もこれまで以上に厳しい環境下での使用に備え、湿式摩擦材の摩擦特性、性能の進化に取り組んでいる。

現行の自動変速機油（以下 ATF）潤滑環境下で作動する湿式摩擦材に要求される性能には、変速ショックに関係する摩擦-速度特性（ μ -V 性能）をはじめ、トルク容量に関係する静摩擦係数、クラッチの吸収エネルギーに関係する耐熱耐久性、締結開放を繰返すことによる疲労強度や耐摩耗性、クラッチ開放時の引き摺り損失（ドラグトルク）低減等 多岐にわたる。本報ではこれら要求特性を向上させるための湿式摩擦材開発における解析技術について報告する。

2. 湿式摩擦材開発の新技術

2.1 湿式摩擦材の構造

湿式摩擦材は、ペーパー摩擦材とも言われ抄紙技術を用いて製造される。その成分は基本骨格となる繊維、充填材と摩擦機能を調整するための摩擦調整材等を含んでいる。この基材に熱硬化性樹脂を含浸し成形を行うことで機械的な強度、耐久性を付与している。

Fig.1 に示す通り湿式摩擦材は、弾性に富み、無数の孔（気孔）が内部の微小孔とつながり合い、網状組織を形成している多孔質弾性体であることが特徴である。

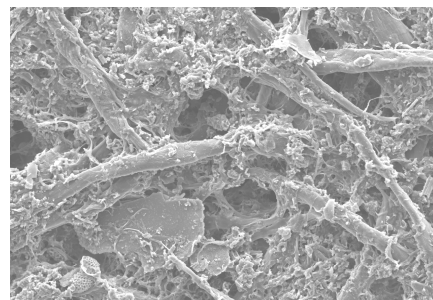
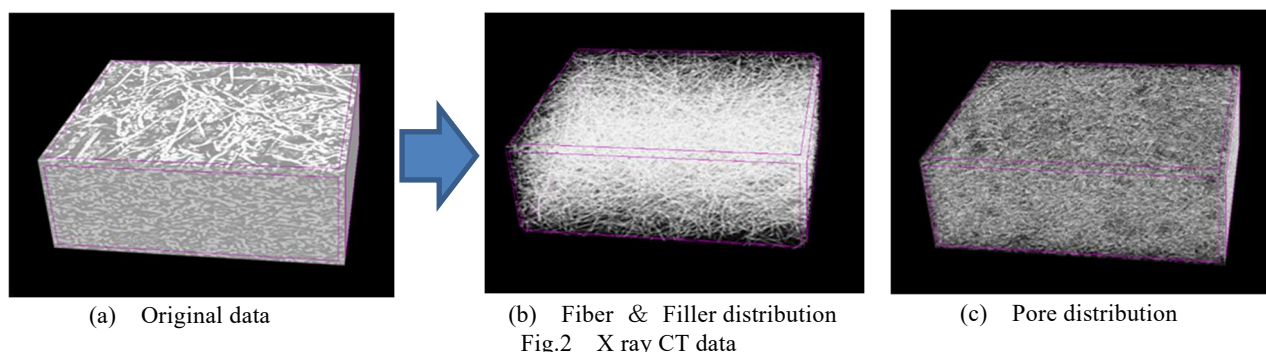


Fig.1 Surface of friction material

2.2 摩擦材の3次元気孔解析技術

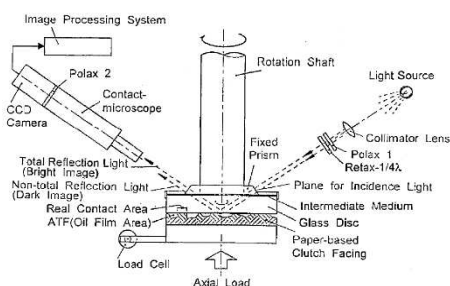
過去から摩擦材の気孔性はその摩擦特性を制御するうえで重要な因子であり多くの研究がされてきた。古典的には水銀ポロシメーターなど、圧入または空気やオイルの透過性によりその気孔構造を推定する手法が取られていたが、近年は、摩擦材中の気孔（径）分布を把握するにあたり X 線 CT 機を用いて測定する手法が確立されてきている¹⁾。水銀ポロシメーターによる圧入法は測定サンプル全体の気孔特性を把握するうえでは有益だが、摩擦材における気孔の詳細な分布までは把握することが出来ない。これに対して X 線 CT 機での気孔測定は、気孔構造そのものを撮像して解析することで摩擦材中の3次元での気孔分布、構造を把握できるため、新しい摩擦材の開発に反映させることが可能となる。



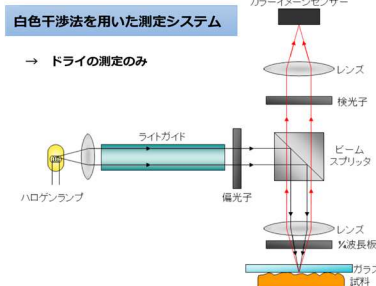
2.3 摩擦材の油中における真実接触面積測定技術

現行変速機のトルク容量をアップする手法の一つとして、過去より摩擦材に対して静摩擦係数の増大化（以下高 μ_s 化）要求がある。これまで摩擦材の高 μ_s 化には、「摩擦材と相手材との接触面積向上」、「接触トルク（引っ掻き力）の向上」、「ATF 添加剤（摩擦調整剤）の積極利用²⁾」などの対策が取られてきた。この中でも「摩擦材と相手材との接触面積」は、「ATF 添加剤の積極利用」にも影響を与えるため、高 μ_s 化の重要な因子となる。

湿式摩擦材の真実接触面積測定には、黄，相原らによる「全反射法による真実接触面積の測定法」(Fig.3(a))³⁾や、江口，山本らによる「白色干渉法による真実接触面積の測定法」(Fig.3(b))⁴⁾が報告されていた。我々は、これら測定手法のうち白色干渉法を利用し、油中における摩擦材の真実接触面積の測定・解析技術を確認した。(Fig.4,5)⁵⁾



(b) Total reflection method



(a) Optical interferometry method

Fig. 3 Measurement method of real contact area

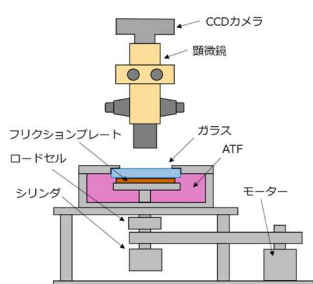
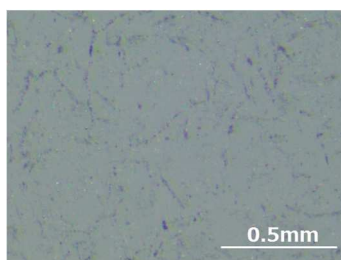
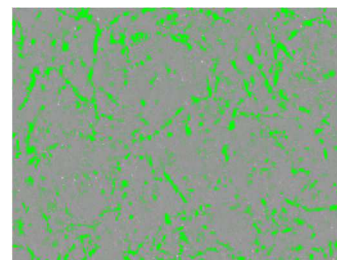


Fig. 4 Measuring apparatus in ATF



(a) Observation image



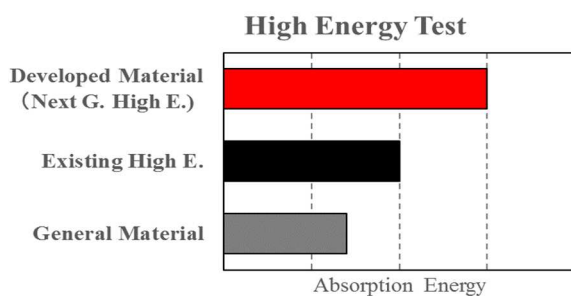
(b) Image after image processing

Fig. 5 Measurement example of real contact area

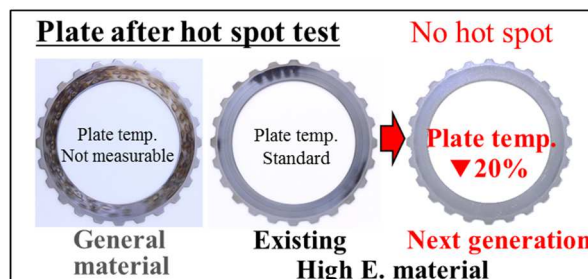
3. 新解析技術を利用した新規摩擦材の開発

多孔質弾性体である摩擦材は、圧縮（係合）時は気孔が保持する潤滑油を排出し、開放時は摩擦材の復元により潤滑油を内部に取り込む。このため係合の際に発生する摩擦熱を容易に外部に排出することが出来る。摩擦材中の気孔（径）及びその分布を測定・解析し最適化を図ることで、更なる高耐熱摩擦材を開発することが出来た。(Fig.6)

また、他の開発においては従来比 50%以上アップした高 μ s 摩擦材の開発に、油中での真実接触面積測定手法・解析方法が貢献している。



(a) High Energy Test Result



(b) Hot Spot Test Result

Fig.6 High energy material

3. まとめ

- (1) 摩擦材中の気孔を3次元解析する技術により気孔径および気孔の分布を最適化することで、潤滑油の冷却効果を最大限利用することが可能な高耐熱摩擦材を開発した。
- (2) 摩擦材の油中における真実接触面積測定結果の解析が、摩擦係数の改善、発進用摩擦材開発、高 μ s 摩擦材開発などに貢献している。

文 献

- 1) T.Hiramoto, K.Iso, K.Maruo : Study of correlation between porosity distribution and friction performance, International Tribology Conference 2015 予稿集
- 2) 酒井，渡邊，松本，丸尾，磯：湿式摩擦材の最新技術，トライボロジー会議 2014 春 東京 予稿集
- 3) 黄，相原，松本，梅澤：湿式ペーパー摩擦材のなじみ機構に関する研究－接触面の可視化による真実接触面積および表面形状の測定などに基づく検討－，トライボロジスト，42，3(1997)233～239
- 4) 江口，山本：無潤滑下の低反射率粗面を対象とした白色干渉法による真実接触面積の測定，トライボロジスト，50，6(2005)471.
- 5) 小林，磯：湿式ペーパー摩擦材の真実接触面積と摩擦特性との関係性，トライボロジー会議 2021 秋 松江 予稿集