

# エンジン部品用セラミックス膜の摩耗性能に及ぼす膜構造とその機械的特性の解明

加工技術課 岩坪 聡、 大同工業(株) 奥村 善雄、羽根田 誠

## 1. はじめに

近年の環境問題の高まりから、自動車のエンジン部品各部には軽量化とともに、耐久性や信頼性に優れた表面処理が求められている。その表面処理として硬く耐摩耗性に優れた靱性のあるセラミックス膜をコートすることが有効である。セラミックス膜を適用した製品の機能は、最終的には実機による試験で評価されるが、実機評価にいたる前に、各種の観点で試験解析しておくことが必要になる。摩擦摩耗の場合、適用するセラミックス膜が単に硬ければよいわけではなく、膜の靱性や基材との密着性のみならず、相手材料との相性などその要因は複雑にわたることが知られている。

表面処理層の機械的特性を評価する場合、その厚みは数ミクロン、あるいはそれ以下の場合が多く、基材の影響を受けずに微小領域の機械的特性を評価する必要がある。従来その値を精密に評価することは困難であったが、近年微小領域の計装化押し込み試験（ナノインデントーション試験）技術が発展し、微小領域の剛性率や弾性・塑性変形の状態を定量的に評価することが可能になってきた。そこで本研究では、作製したセラミックス膜や基材にナノインデントーション試験を行い、その試験法の有効性について検討した。

一方、近年油中のススが摩擦摩耗特性に大きな影響を与えることが問題になっている。その現象の解明を行うため、摩擦摩耗試験に伴うススの粒度分布の変化と磨耗特性を評価し、それらの関連性を調べた。

## 2. 実験方法及び結果

ナノインデントーション試験には、株式会社フィッシャー・インストルメンツのピコデインターHM500を用いた。試験用の圧子は先端半径が500 nm以下のビッカース圧子を用いた。まず、信頼性の高いデータを得るために必要な試験面の表面粗さについて、押し込み深さとの関係より考察し、測定条件を決定した。

マルテンス硬さHMは「試験荷重が負荷された状態で測定される硬さ」と定義され、この値には塑性変形と弾性変形の成分を含んでいる。この定義から分かるようにHMは通常のビッカース硬さでは、評価できない相手材との衝撃効果を含めて評価することができる。

図1は最大荷重を100 mNとした場合のセラミックス膜をコートした部材表面から試験した際の荷重変位曲線とHMの深さ依存性を示す。曲線(a)は荷重-変位線図であり、その曲線から、圧子先端の形状補正を行うことにより(b)のHMが計算される。押し込み深さが30 nm以下でHMが下がっているのは、膜の表面粗さの影響である。40 nm以上の押し込み深さでHMは15000 MPaの一定の硬さを示しており、この部分が、膜本来のHMの値を示している。この時のビッカース硬さHVは23500 MPa程度であり、弾性

成分の影響により、HMは小さな値になっていることが分かる。この値と摩耗の関連性を検討した。その結果、一般に多用されている塑性変形のみを評価するビッカース硬さ試験では識別が困難であった製造条件の違いに因る特性差を、再現性よく評価できることが分かった。

次に、エンジン油中のススの粒度分布を調査した。測定には、日機装社製の粒度分布測定装置ナノトラックUUPA-UZ152を用いた。最初に使用した油の粘度とススの粒度分布を測定した。25°Cにおける粘度は、新油、スス添加新油、80時間試験後使用油で、それぞれ48.5、51.4、47.3 mPasであった。この値を用いて、粒度分布を測定した。

図2に試験前と後のススの粒度分布を示す。スス添加新油では粒度の面積平均径HAが100 nmの凝集した状態が観察された。磨耗試験を行うと油の粘度が下がり、ススのHAは120 nmに大きくなること分かった。磨耗試験によって、磨耗部分での粉碎現象や膜や機材との化学反応による油の劣化により、ススの再凝集が進み、その径が大きくなること分かった。この再凝集したススが摩耗特性に大きな影響を及ぼすと考えられた。

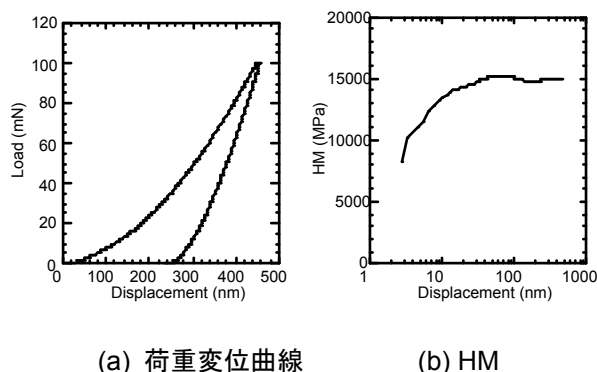


図1 作製したセラミックス膜の荷重変位曲線とマルテンス硬さHMの深さ依存性

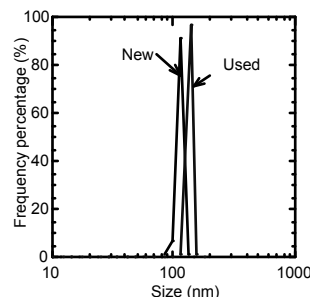


図2 エンジン油中のススの粒度分布