

マイクロ・スラージェット・エロージョン試験による 薄膜や表面処理の材料機械的特性評価

松原 亨^{*†}

^{*}(株)パルメソ 新潟県長岡市巻島1-20 (〒940-2005)

[†] Corresponding Author, E-mail: t-matsubara@palmeso.co.jp

(2018年10月4日受付, 2018年11月29日受理)

要 旨

ものづくりは軽薄短小化の方向性が顕著で薄膜技術や表面処理技術が多用されています。その進化が求められている。この進化を担う評価技術は材料分析系と機械的特性系の二つがあるが機械的特性の高分解能な試験法に遅れが生じている。筆者らが新たに開発したマイクロ・スラージェット・エロージョン（以下、MSE）試験法はナノサイズ分解能を実現し、表面から内部までの連続強さ分布と硬くて脆いなどの2面性特性を可視化できる特徴的な評価法になった。本稿では試験法と多層膜である塗装などを題材に評価の内容を解説する。

キーワード：機械的特性試験, MSE試験, エロージョン, MSEマップ

1. はじめに

薄膜の製造技術は高度にかつ多岐に進化し、その利用分野は建築、自動車、加工、電子部品、半導体やセンサーと多岐にわたる。まさに、ものづくりは薄膜技術がないと成り立たない時代に突入している。このサイクルはスパイラル状に薄膜製造技術の高度化へ繋がり、より精密により多岐な性能へなどと要求レベルが増している。このような進化を求められるものづくりに必要な技術の一つに成果物の評価・解析技術がある。SEMやXPSおよびラマンなどの分析技術、さらに硬さやスクラッチおよび摩擦摩耗などの機械的特性試験がこれら解析・評価技術にあたる。

分析技術は電子線やX線などを使う評価技術でその精度はナノメートルをすでに達成している。片や機械的特性試験は破壊して測定する原理であることから、これまで超精密な精度の達成は困難をきたしていた。薄膜でかつ高性能な開発や製造には評価技術としての分析と機械的特性試験が必須であるが、分析と同じ精度で並べて評価できる機械的特性試験が追いついていない。薄膜の評価やその高度化は後れをとっていた。必須に求められているのは高精度であることで、加えて強さを尺度とした平面の分布や断面の分布の可視化や数値化などもある。



〔氏名〕 まつばら とおる
〔現職〕 (株)パルメソ 代表取締役
〔経歴〕 1972年長岡工業高等専門学校機械工学科卒業。1983年(株)パルメソ設立（現マコー(株)）、代表取締役就任。2009年福井大学大学院にて工学博士。2010年(株)パルメソ設立。日本トライボロジー学会・日本機械学会・日本材料試験技術協会などに所属。

【図表について】 電子ジャーナルサイト「J-STAGE」ではカラーでご覧いただけます。https://www.jstage.jst.go.jp/browse/shikizai-char/ja/

筆者らは機械的特性を測るための破壊メカニズムである引張や押し込みまたはスクラッチに変えて粒子エロージョン技術を使ったMSE試験法¹⁻³⁾を研究開発した。この試験法は深さ分解能10ナノメートルを達成し、表面から内部まで連続した強さ分布の取得を可能にし、多層膜や熱処理のような連続した変化のある状態を浮き彫りにすることが可能になった。また面積約1 mm²の断面の強さ分布画像から水平方向の分布様相を観察することが可能になった。本稿ではこの試験法の原理の解説と実際の塗装膜などの試験事例を挙げ、評価の内容を解説する。

2. MSE 試験の概要

2.1 試験の誕生

今から20年前に、摩耗を研究していた福井大学岩井研究室⁴⁾と粒子加工の製造装置を得意としていたマコー(株)⁵⁾との出会いがあった。岩井教授が摩耗の加速試験法を探していたところに、ウェットブラスト法を使って焼結セラミックスの耐摩性試験機を自作運用していたものを見つけて連携のアプローチをしたことが始まりとなる。積み重ねた研究から粒子投射摩耗によるエロージョン速度は材料の強さに敏感でかつ繰り返し性が高いこと、とくに硬質薄膜の機械的特性をサブミクロン分解能で取得できることがわかり、さまざまな材料の機械的特性評価法として研究方向が明確化された。その後、多くの材料を対象としたデータ取得とメカニズム研究が進み、同時並行で装置の開発が進み手動式からフル自動の試験装置が開発され、MSE試験法⁶⁾としての完成を見ることになった。この概略経緯を図-1に示す。

2.2 試験の原理と計測内容

MSE試験は粒子エロージョンを使って精密な摩耗を発生させる部分とその摩耗痕を精密に形状計測する部分との構成で成り立っている。図-2に精密な摩耗を発生させるシステム概念