

技術論文

HVOF 溶射法を用いた高耐食シリンダロッド

Highly Anticorrosive Cylinder Rods by using the HVOF Thermal Spraying Method

井 関 利 幸
Toshiyuki Iseki
天 野 昌 春
Masaharu Amano
高 武 志
Takeshi Taka

コマツでは、特に塩害による過酷な腐食環境下で稼働している現場をターゲットとして、油圧シリンダにおけるシリンダロッドの腐食による油洩れを抑制することで、マシンのダウンタイム低減に取り組んでいる。本報では、その寿命を決定する重要部品の一つであるシリンダロッドに着目し、HVOF 溶射法を用いた高耐食シリンダロッドについて紹介する。

Komatsu has been making efforts to reduce machine downtime by controlling oil leakage from hydraulic cylinders due to corrosion of cylinder rods, which occurs frequently in severely corrosive environments causing salt damage. In this report, we like to introduce our activities made for the cylinder rod, which is one of the critical components for the service life of the machine, to develop a highly anticorrosive cylinder rod made by the HVOF thermal spraying method.

Key Words: シリンダロッド, 溶射, 耐久性向上

1. はじめに

コマツでは、特に塩害による過酷な腐食環境下で稼働している現場をターゲットとして、油圧シリンダにおけるシリンダロッドの腐食に起因する油洩れを抑制することで、マシンのダウンタイム低減に取り組んでいる。

前記油洩れの原因となり、かつ油圧シリンダの寿命を決定する重要部品の一つであるシリンダロッド摺動部の耐食性向上を目指し、HVOF溶射法を用いた高耐食シリンダロッドについて紹介する。

2. 塩害地域の稼働現場と本開発のねらい

過酷な腐食環境下で稼働している現場の一例として、オーストラリアがある（図1）。この現場は土砂中に多量の塩化物イオンを含み、湖水と混ざって金属を腐食させる。



図1 塩害地域での稼働車
(ダンプトラックHD465)

実際にオーストラリアで稼働したシリンダロッド摺動部の発錆が図2である。通常、10,000時間以上の稼働でも腐食しない摺動部が、僅か1,000時間で発錆し、油洩れに至るケースがある。これにより、ユーザのマシンを休ませざるを得ず、生産性が悪化してしまう。そこで、シリンダロッド摺動部の発錆による油洩れを抑制することを目的として、HVOF溶射法を用いた高耐食シリンダロッドを開発した。



図2 シリンダロッドの発錆



図3 HVOF溶射シリンダロッド

塩害地域でHVOF溶射シリンダロッドをHD465, およびHD785のステアリングシリンダロッドに搭載し、その耐久性を評価した。稼働状況を図3, 油洩れに至るまでの稼働時間を図4にそれぞれ示した。3台分の車両(1台につき各2本)に搭載した結果、その耐久性は平均で5,000H超で非常に優れた耐食性を有することがわかった。

現在、HVOF溶射シリンダロッドはオーストラリアユーザ向けとして出荷されている。

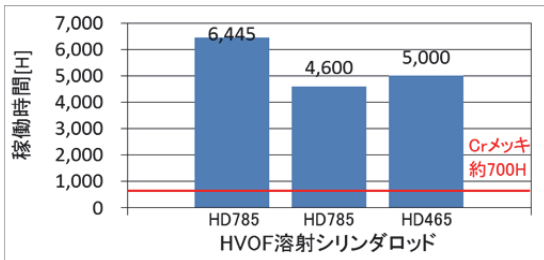


図4 HVOF 溶射シリンダロッド耐久性

3. HVOF溶射法と特長

HVOF溶射(図5)とはジェットエンジンの理論を用いた高速フレーム(High Velocity Oxygen-Fuel)溶射であり、金属またはセラミックを含む混合粉末をフレーム中に投入、飛行させ、基材に衝突して積層することで皮膜となる。HVOF溶射の一般的な特長は、他の溶射法と比較して、①低温のため材料を変質させない②超音速のため、高密度な皮膜が形成可能などが挙げられる(図6)。また、溶射粉末は炭化物と金属(バインダー)から成り、適正な成分、配合比、粒径、粒度分布を有する材料とした(図7)。併せて、最適な溶射条件(酸素/燃料量、溶射距離、粉末供給量など)を制御し、高密度な皮膜が形成できた(図8)。

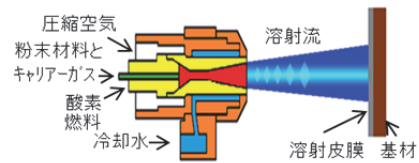


図5 HVOF溶射原理図

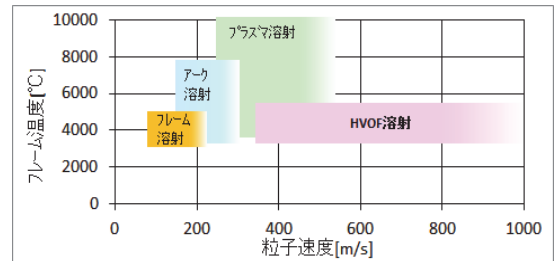


図6 溶射法の比較

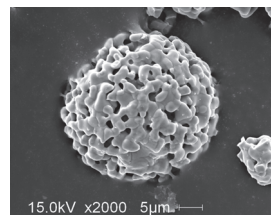


図7 溶射粉末の外観

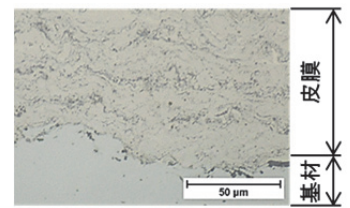


図8 HVOF溶射皮膜の断面組織

4. 溶射皮膜の特性

シリンダロッド摺動部の皮膜に要求される特性および、評価方法を表1にまとめた。

以下に、一般的な硬質Crメッキと比較しながら、HVOF溶射コーティングの優位性について述べる。

表1 要求特性と評価方法

要求特性	評価方法
耐摩耗性	異物混入摩耗試験
耐衝撃性	落重試験
耐食性	CASS試験
シールへのアタック性	シリンダ Assy 洩れ試験

4-1 耐摩耗性

シリンダロッドとシールの接触部に土砂が混入することを模した往復摺動試験を実施した。試験条件は表 2、図 9、図 10 の通りであるが、先端 R35 曲面にコーティングした試験片に NBR プレートを押付けた試験である。

表2 試験条件

荷重	10kgf
速度	0.5m/s
ストローク	60mm
油温	室温
ケイ砂粒径	10 μ m
試験時間	12H

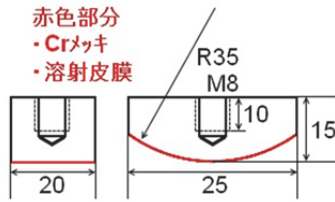


図9 試験片形状

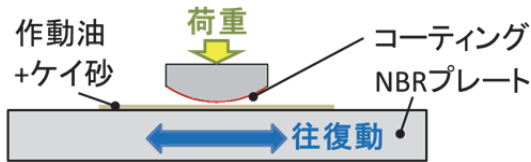


図10 試験方法

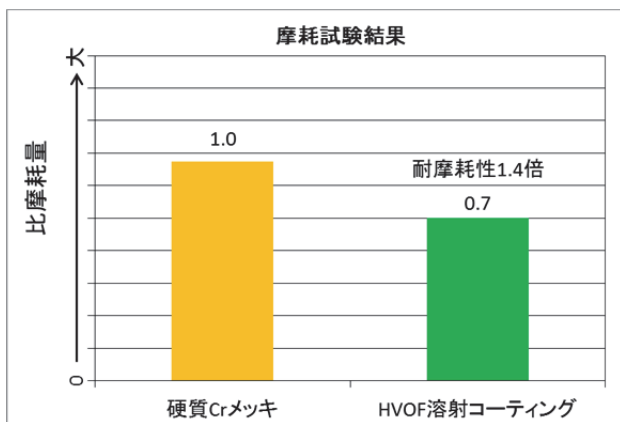


図11 異物混入摩耗試験結果

図11に試験結果を示す。HVOF溶射コーティング材は硬質Crメッキ材の1.4倍と優れた耐摩耗性を有していることがわかる。

4-2 耐衝撃性

油圧シリンダは車両の稼働中に石が飛来して、シリンダロッド摺動部にしばしば当たるため、コーティング材の耐衝撃性も要求される。そこで、溶射皮膜の耐衝撃性を落重試験で検証した。試験方法を図12に示す。φ20の鋼球を45度傾けた試験片に落下させて、コーティングの亀裂または凹みを評価した。図13に試験結果を示す。限界高さはコーティング表面が亀裂、または凹みが発生した点と定義した。HVOF溶射コーティング材の限界高さは、硬質Crメッキ材の9倍以上であり、良好な耐衝撃性を示した。

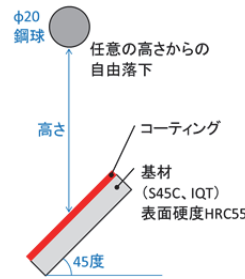


図12 落重試験方法

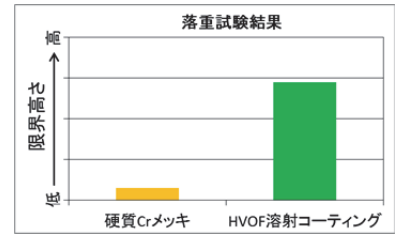


図13 落重試験結果

4-3 耐食性

塩害地域であることを想定し、JIS規格の中で特にpHの厳しいCASS試験を採用した。試験後の評価はJIS規格に準じ、腐食面積率を表現したレイティングナンバーから発錆までの時間で相対評価した。

図14に試験結果を示したが、硬質Crメッキ材は48H、HVOF溶射コーティング材は96Hでいずれも赤錆による発錆が認められた。上記からHVOF溶射コーティング材の耐食性は約2倍であると言え、塩害地域向けには期待できる結果となった。

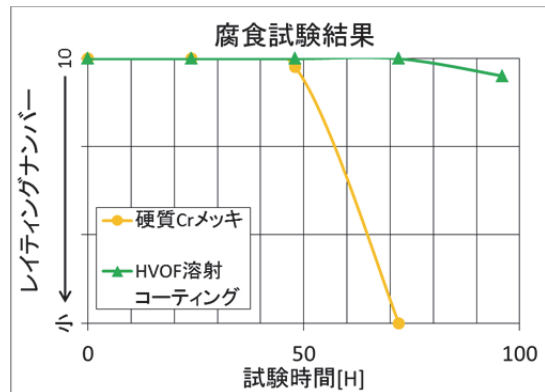


図14 腐食試験結果

4-4 シールへのアタック性

油圧シリンダロッドがシール材を過剰にアタックしないことが必要である。試験方法の模式図を図15に示した。油圧シリンダのストローク軸を床面に平行に固定し、フルストロークで所定の時間摺動した。

図16に試験結果を示す。シールの締め代は0以上を維持でき、摺動中の不具合や異常な寸法変化・変色等も見受けられず良好な結果であった。

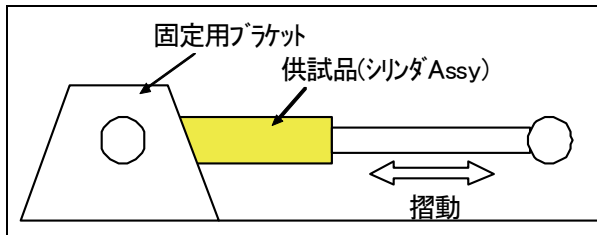


図15 試験方法

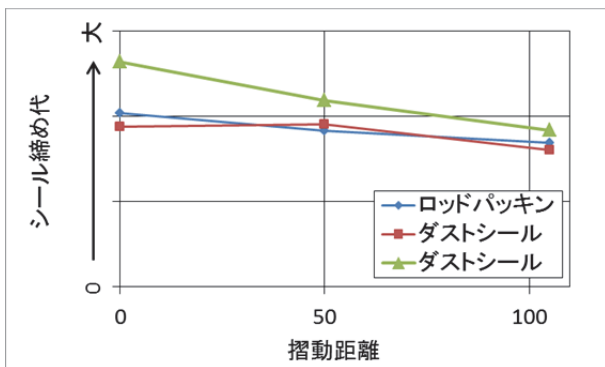


図16 シール締め代推移

5. まとめ

塩害発生現場での油圧シリンダロッドの耐食性向上を目的に、HVOF溶射法を適用したシリンダロッドを開発し、実用に供している。

HVOF溶射皮膜の特性評価結果は以下の通りである。

- ①硬質Crメッキ材に対し、耐摩耗性1.4倍、耐衝撃性9倍、耐食性2倍以上を有する。
- ②シールへのアタックはない。
- ③実車での評価において、耐久性は6.5倍以上であった。

上記結果を受けて、塩害によるシリンダロッドの腐食が問題となっているオーストラリアで稼動するダンプトラックのシリンダにHVOF溶射を施したロッドをオプションで実用している。

筆者紹介



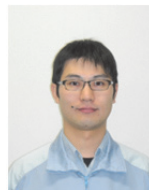
Toshiyuki Iseki

井 関 利 幸 2003年、コマツ入社。
生産本部 生産技術開発センター
油機エンジングループ エンジンチーム



Masaharu Amano

あまの まさはる
天 野 昌 春 1989年、コマツ入社。
生産本部 生産技術開発センター
油機エンジングループ



Takeshi Taka

たか たけし
高 武 志 2008年、コマツ入社。
生産本部 郡山工場 管理部
企画・サイマルグループ

【筆者からひと言】

本報では、特に塩害地域の過酷な環境下で稼動する油圧シリンダの耐久性を如何に向上させるかという観点で紹介した。また、今回の事例のみに留まらず、グローバルで展開・稼動する車両をよく注視し、お客様のLCCをミニマム化するための新技術の開発を引き続き取り組んでいきたいと思っております。