

ノート

ほうろうの強制爪とび試験方法の改良

吉野 徹*¹⁾ 大久保 一宏*²⁾ 佐々木 正史*²⁾ 渡辺 茂幸*³⁾ 清水 綾*⁴⁾
 佐藤 健二*⁵⁾

Improvement of forced fish scale test method for vitreous enamel

Toru Yoshino*¹⁾, Kazuhiro Ookubo*²⁾, Masashi Sasaki*²⁾, Shigeyuki Watanabe*³⁾, Aya Shimizu*⁴⁾
 Kenji Sato*⁵⁾

キーワード: ほうろう, 爪とび

Keywords: Vitreous enamel, Fish scale

1. はじめに

ほうろうの不具合に爪(つま)とびと呼ばれる現象が知られている(図1)。これは、釉薬焼き付け時に発生して鋼板に溶解した水素が冷却後に放出され、鋼板と釉薬との界面に集積して生じた圧力で釉薬層がはじけ飛ぶことで生じるものと考えられている。現在のほうろう製品には、脱炭や添加物により耐爪とび性能を向上させたほうろう用鋼板が使用されている。

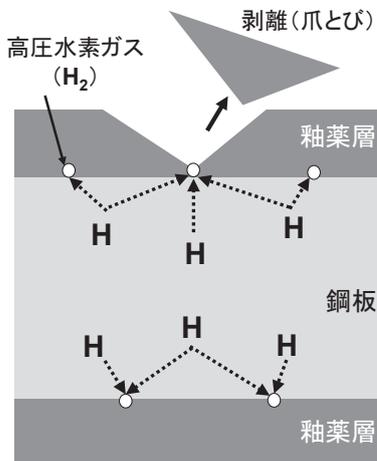


図1. 爪とび発生メカニズムの模式図

しかし、ほうろう用鋼板の供給量は少なく、将来的には供給の不安定化や価格高騰が懸念されている。そのため、ほうろう業界では、より一般的な鋼板への代替を可能とする耐爪とび性能の高い釉薬の開発が求められている。一方、

爪とびは生じるまでにほうろう製造後数日から数か月程度の時間を要し、釉薬を開発する上で耐爪とび性の評価方法が課題といえる。

欧州のほうろう用鋼板の規格に、鋼板の水素透過能の評価方法がある⁽¹⁾。鋼板を電極に用いて、水の電気分解により鋼板表面に高濃度の水素を発生させ、鋼板の反対側まで水素が透過するまでの時間を計測することで鋼板の水素透過能を評価する方法である。これを応用したもので、片面を釉薬で覆った試験片を用い、金属側で水素を発生させることで反対側の釉薬層で爪とびを強制的に生じさせ、爪とびが生じるまでの時間を基に耐爪とび性能の指標(TFS: Time for first Fish Scale, 式(1))を求める耐爪とび性能の評価方法が提案されている⁽²⁾。

$$TFS = \frac{15t}{d^2} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 t は1個目の爪とびが発生するまでの時間、 d は試験片の鋼板部分の厚みである。

爪とびが発生するまでの時間は釉薬層がはじけ飛ぶ瞬間までとするのがその現象からも妥当だといえる。現状、爪とびの発生は、はじけ飛ぶ破片や釉薬表面の見た目の変化から判断している。しかし、はじけ飛ぶのは一瞬の現象であるため、肉眼で破片を観察することは困難である。ビデオカメラなどで動画を撮影して、スロー再生したとしても、はじけ飛ぶ方向によっては視認が困難な場合がある。また、表面の見た目の変化は、釉薬層の一部にき裂が生じた場合などに釉薬層がはじけ飛ぶ前段階から見た目の変化が確認されることがある。このように、爪とびが発生するまでの時間を客観的に判断することは難しい。

本研究では強制爪とび試験における課題である爪とび発生を検出方法の改善および装置全体の簡便化を図ることで、同試験方法の普及、ひいては耐爪とび性能を有する釉薬開発の活発化へつなげることを目的とした。

事業名 平成26年度 基盤研究
 *¹⁾ 環境技術グループ
 *²⁾ 実証試験セクター
 *³⁾ 光音技術グループ
 *⁴⁾ 経営企画室
 *⁵⁾ 機械技術グループ

2. 実験

2.1 装置 強制爪とび試験用のセルとして、市販の電極評価用セルに試験片の釉薬面を観察するための窓を付け加えたものを用いた(図2)。セルの容積は約20 mlで、セル全体の大きさとしては手のひらにのる程度である。観察用窓に45度のテーパ加工を施し、観察の妨げになる試験片表面での影の発生を回避した(図2の矢印部)。また、アクリル等の透明のパイプでビデオカメラと接続することで装置全体をコンパクト化すると同時に、カメラ長の再現性向上と採光性の向上を図り、屋内照明のみの明るさで試験片表面の観察を可能とした。

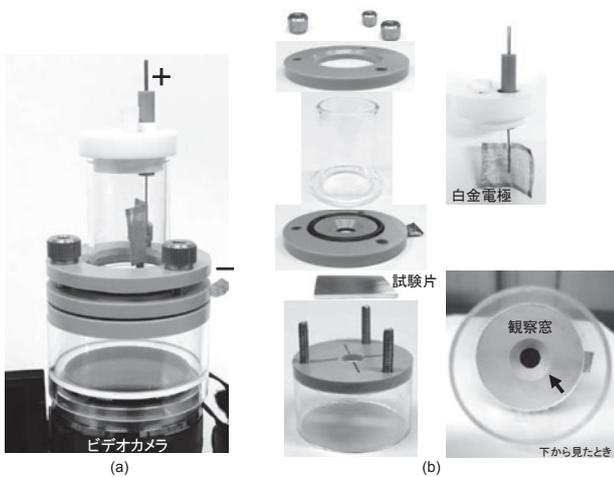


図2. 強制爪とび試験の装置外観
(a) 全体図 (b) 電解セルの分解図

2.2 試験片および電解液 250 mm角の鋼板にほうろう掛け(1回掛け)したものを用意した。このほうろうサンプルから大きさ20×30 mm程度の大きさに切り出し、片面を研磨紙で研磨することで釉薬層を除去した。最終的にはP1200で表面を研磨し、その後、純水およびエタノールでよく洗浄したものを試験片とした。TFS値を算出する場合は、試験片の断面を顕微鏡で観察することで厚みを計測した。

電解液はEN10209やDuchampと Lipsが用いた方法と同様、硫酸(6vol%)、 HgCl_2 (0.25 g/l)、 As_2O_3 (0.5 g/l)の組成のものを用意した⁽¹⁾⁽²⁾。測定時は室温下に放置したストック溶液から20 mlを分注し用いた。

2.3 爪とびの検出方法 爪とびの検出にはビデオカメラを用いた。また、爪とび発生時の音に着目し、マイクによる検出を試みた。

3. 結果および考察

図3に爪とび発生前後の試験片表面の写真と爪とび発生時間を示す。写真中の黒丸で示した部分が爪とび発生部である。図3の爪とび発生の前後の写真を見比べるとわかるように、爪とび発生による見た目の変化は小さく、その変化を確認するためには録画した動画を何度か見返す必要が

あった。また、前述のように、釉薬層のき裂と爪とび発生との判別に窮するケースが見受けられた。

ビデオカメラでは動画だけでなく音も収録されているが、収録された音を注意深く聞いてみると、爪とび発生時に耳で十分に聞き取れるほどの破裂音が生じていることがわかった。見た目に加え、音を判断の助けとすることで、爪とびが発生するまでの時間を容易に決定できた。

図3の画像と同時に取得した音圧レベルの経時変化を図4に示す。データは、ブリュエルケアー社製のType 4955を用いて、ビデオカメラに付属のマイクとは別に収録したものである。図4からパルス状の信号が複数記録されていることがわかる。ビデオカメラでの動画データと突き合わせた結果、パルス状の信号の発生時間は図3で示した爪とび発生経過時間と一致していた(図中の数字がそれぞれ対応)ことから、爪とび発生時の破裂音に起因することがわかった。これらの結果は、マイクで記録した音圧レベルにある一定の閾値を設けることで、マイクだけでも爪とびの検出ができることを示しており、適切に電子回路を組むことで、測定を自動化できる可能性を示している。

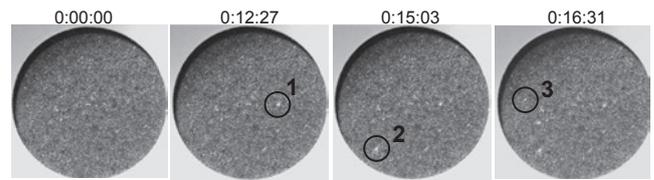


図3. 爪とび発生前後の試験片表面
図上の数値は爪とび試験開始からの経過時間

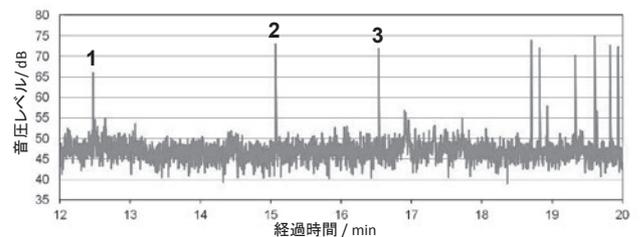


図4. 録音結果

4. まとめ

ほうろうの強制爪とび試験において、評価装置を簡便化するとともに、見た目だけでは検出が困難な爪とびも、音を用いることで容易に検出できることを明らかにした。これにより、容易にほうろうの耐爪とび性能を評価することが可能となり、今後の業界全体での活発な釉薬開発へとつながるものと期待される。

(平成27年7月15日受付, 平成27年8月12日再受付)

文 献

- (1) EN 10209:2013
- (2) V. Duchamp, K. Lips: "XXI International Enamellers Congress", pp.207-221 (2008)