

耐酸性 5 倍のガラスライニング機器 の補修技術 (G-Fine RP)

5-fold Acid Durable Glass "G-Fine RP" for Repairing Glasslined Equipment



(環)技術部 計画第4課
金 澤 浩 二
Koji Kanazawa
原 龍 雄
Tatsuo Hara

For repairing a damaged portion of glasslined equipment, the photo-assisted sol-gel process "G-Fine RP" has newly been developed. It has a good performance in avoiding excessive thermal stress in the glass layer during repairing process and provides five-fold acid durability than that obtained by a conventional sol-gel repairing process.

ま え が き

ゾル・ゲル法によるガラスライニング機器のガラス層の現地局部補修技術 G-Fine RS の耐食性能向上を目的として、研究開発を進めてきたが、このたび光励起法により耐酸性を従来より約 5 倍に改良した『G-Fine RP』を開発したので紹介する。

1. 『G-Fine RP』とは？

『G-Fine RP』は、ガラスの破損箇所に露出した鉄生地へ特殊な光励起型触媒を含有したゾル・ゲル補修剤を充填し、紫外線を照射してゲル化ガラスにする方法で、新しい光エネルギーで生まれたガラスといえる。この技術により補修ガラス層の耐酸性を従来の G-Fine RS より 5 倍向上させることが出来た。また同時に、ゾル・ゲルプロセスにおける反応条件の最適化により補修ガラスの施工も今までより容易になった。

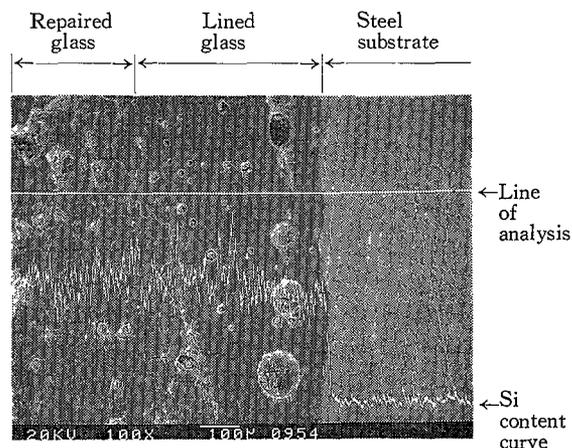
写真 1 はその補修部断面の SEM 像で、鉄生地と接合した複合ガラス層の様子がわかる。

写真 2 は G-Fine RP の外観写真である。

第 1 図は断面を EDS により線分析した図で、左から補修層、ライニングガラス層、鉄生地で、白線部を Si 元素で分析して濃度変化を波形で表している。補修部の Si の量はライニングガラス層とあまり変わらないガラスになっていて、耐酸性に強いことがわかる。



写真 1 『G-Fine RP』の電子顕微鏡 (SEM) の観察結果
Photo. 1 SEM image of the cross section of "G-Fine RP"



第 1 図 補修部の Si 元素による線分析結果
Fig. 1 Si line analysis of Si-element on repaired area by energy dispersive X-ray spectrometry

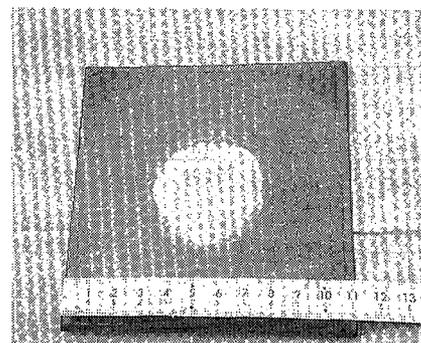


写真 2 G-Fine RP の外観
Photo. 2 Appearance of the specimens of G-Fine RP

第 1 表 「G-Fine RP」の各種性能試験結果
Table 1 Test Results of "G-Fine RP"

Items	Specimens	Procedure and condition	Results	Notes
Corrosion resistance test	Substrate : SS400 φ8×60 Lmm Thickness of glass layer : ~0.5 ^t	Water vapor (b. p.) 20 % -HCl solution (b. p.) 1N-NaOH solution (353K) Toluene (b. p.) Ethyl alcohol (b. p.) Mixed solution (b. p.) (C ₂ H ₅ OH/H ₂ O=3/7, wt)	Average corrosion rate : = 0.7 = 0.8 = 6.3 =<0.02 =<0.02 =<0.02 (mm/y)	G-Fine RS : = 0.1 = 4.2 = 8.5 =<0.02 =<0.02 =<0.02 (mm/y)
Thermal cycle test	Substrate : SS400 3 ^t ×100 ^t mm Thickness of glass layer : ~1.5 ^t	Interval corrosion test of toluene vapor (383K) at intervals of 8 hrs.	No exfoliation was observed for half year.	The apparatus was used by JIS R 4201. There were some exfoliations on organic resin for 1 week.
Abrasion resistance test	Substrate : SS400 3 ^t ×φ110 mm Thickness of glass layer : ~1.2 ^t	Abrasive medium ; Acryl bease Operation time ; 3hr (ASTM C 448)	Weight loss ratio ; "G-Fine RP" = 5 Lining glass layer = 1	Using by PEI Abrasion Tester.
Penetration test	Substrate : SS400 3 ^t ×100 ^t mm Thickness of glass layer : ~1.5 ^t	Detecting of Fe-ion from SS400 soaked in HCl solution. (353K, pH=2)	Fe-ion was not detected for half year.	The apparatus was used by JIS R 4201.
Adhesion test	Substrate : SS400 6 ^t ×80 ^t mm Thickness of glass layer : ~1.5 ^t	Dropping a steel-ball vertically. Ball weight ; ~200 gr Ball size ; φ36.51 mm (JIS R 4201)	H ; Height of dropping (m) H=0.45 ; no exfoliation (pass of JIS R 4201) H=1.0 ; no exfoliation (upper limit)	Fe-ion was not detected by the Ferro-oxyl method (JIS H 8617) before and after test.
Thermal shock test	Substrate : SS400 6 ^t ×80 ^t mm Thickness of glass layer : ~1.5 ^t	Quenching of specimens from high temperature oven into cold water. (JIS R 4201)	ΔT=373K → no exfoliation (pass of JIS R 4201) ΔT=573K → no exfoliation (upper limit)	Fe-ion was not detected by the Ferro-oxyl method (JIS H 8617) before and after test.

1. 特長

主な特長を次に示す。

- (1) 現地で補修出来るため、機器の解体や輸送が不要で、工場のシャットダウン期間が短縮される。
- (2) 従来のタンタル製のキャップで損傷箇所を覆う方法と異なり、ノズルネック部分やフランジのアール部など曲がった複雑箇所の補修が可能となり、また補修部の突起がないため内容物の付着が少ない。
- (3) 光励起型補修剤により、従来の G-Fine RS より耐酸性が5倍向上した。
- (4) 紫外線ランプを使用するため施工しやすく G-Fine RS より工程が3割短縮した。
- (5) ガラス質であるため、補修部周辺の正常なライニングガラス層と同程度の耐熱性がある。
- (6) 従来のエポキシ樹脂製の補修剤の様に有機溶剤によって劣化しない。

なお、ゾル・ゲル法とは有機薬品の原料からガラスを作る方法で、室温はもとより各合成温度でガラスが出来ると、新しい製法である。しかし前回報告した通り¹⁾、ライニングガラス層は、再度加熱した際、350°C 付近を越える温度になると鉄生地から引張り応力を受ける。補修する際に局部的な加熱を行うと、クラックが生じる可能性があるため、補修施工温度は低い程安全である。従って、低温で合成したガラスの耐薬品性をより向上させるためには熱以外のエネルギーを探索してきた。

1. G-Fine RP の性能試験結果

第1表に各種性能試験の条件と結果をまとめた。耐酸性試験では、従来より10倍高濃度の塩酸を使用し、平均腐食速度は、G-Fine RS と比較して、約5倍向上している。

耐アルカリ性では、従来より約1.5倍の改良であるが、ガラスライニング機器の規格 JIS R 4201 と同じ 1N の水酸化ナトリウム溶液 (80°C) の試験を行うレベルに達している。熱サイクル試験は実働体の運転・休止を模擬したもので、実際の応急的補修作業に使われる有機系の樹脂との比較を行うことをポイントとして沸騰トルエン (110°C) を用いている。その結果樹脂は1週間程度で剥離するサンプルが見られるが、G-Fine RP は半年間剥離はなかった。また JIS R4201 の熱衝撃試験では、300°C という結果が得られ、これは従来の G-Fine RS と同等である。

一方、ASTM C 448 に準じた摩耗テストは、固体粉と水などをガラス面に接触した状態で機械的に振動させる試験である。実際のガラスライニング機器の使用環境に近いプラスチックを固体粉として使用した。

むすび

ゾル・ゲル法によるガラスライニング機器の補修方法である G-Fine RS は、現在まで相当数の顧客のニーズに対応することが出来たが、この度、作業性と耐食性を一段と改善した G-Fine RP の開発に成功することが出来た。ガラスライニング層と比べ、性能的には未だ改善の余地が多いので、今後も改良すべく研究開発に努めていきたい。

今後、過去当社が納入してきたガラスライニング製機器の現地サービス強化の一環として、従来のタンタル製キャップの使えない局面箇所や付着の激しい箇所の補修、樹脂では耐えない高温環境及び弱酸性環境等の用途での適用を図っていきたい。

〔参考文献〕

- 1) 原ら, 神鋼パンテック技報, Vol. 35, No. 2 (1991) p. 8.