

密着力 5 倍のグラスライニング機器の補修技術 G-Fine RS



技術開発本部
原 龍 雄
Tatsuo Hara

The 5-fold Adhesive Repair Glass "G-Fine RS" for Glass Lined Equipment

The new metal fiber reinforce glass coating: "G-Fine RS" has been developed for the purpose of increasing the performance of the local repairing technique "G-Fine R" for glass-lined equipment, by impregnating metal-alkoxide solution into the metal web already welded to the damaged part. "G-Fine RS" makes the adhesion of repair glass layer to steel substrate five-fold stronger than that of conventional technology.

ま え が き

ゾル・ゲル法によるグラスライニング機器のガラス層の見地局部補修技術 G-Fine R の性能向上を目的として、研究開発を進めてきたが、このたび繊維強化複合法により鉄生地との密着力を従来より約5倍に改良した『G-Fine RS』を開発したので紹介する。

1. 『G-Fine RS』とは？

『G-Fine RS』は、ガラスの破損箇所に露出した鉄生地へ綿状の金属繊維を溶接接合した後、ゾル・ゲル法で調製した補修剤を充填する方法で、新しい繊維強化複合ガラスといえる。この技術により、補修ガラス層の鉄生地との密着力を従来より5倍にすることに成功した。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層自体の耐薬品性も従来の G-Fine R の約5倍改良された。

第1図はその補修部断面の模式図で、鉄生地と接合した金属繊維素材の一種の絡み合いにより補修ガラス層が強化される様子がわかる。

2. 特長

主な特長を次に示す。

- (1) 現地で補修できるため、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、また複修部の突起がないため内容物の付着が少ない。

- (3) 繊維強化複合の技術により、従来より鉄生地との密着力が5倍になった。
- (4) 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。
- (5) 従来のエポキシ樹脂製の補修剤のよう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、室温または500℃など各合成温度でガラスができるという新しい製法で、温度が高いほど強いガラスができるとされている。しかし前回報告したとおり、ライニングガラス層は、再度加熱した際、第2図に示したように350℃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300℃としている。従って、300℃という制約された条件下で合成したガラスの耐薬品性をより向上させることが今後の課題である。

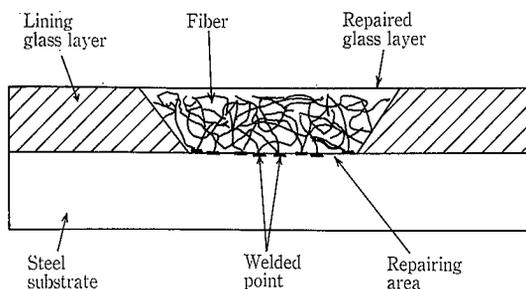
3. G-Fine RS の性能試験結果

第1表に各種性能試験の条件と結果をまとめた。

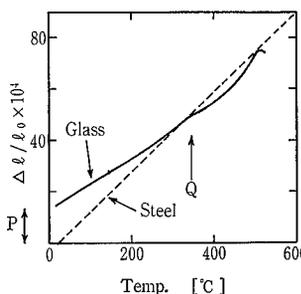
3.1 耐機械的衝撃性

J I S R4201 に鉄生地との密着性を評価する試験として、落球試験が規定されている。G-Fine RS の密着力は従来の繊維なしの場合と比較して、約5倍向上している。

最近では、工場におけるメンテナンスの重要性が再確認されている中で特に、高分子化学工業のプラントにおいては、高圧水洗浄作業が多く使われる。これは、高圧にした水をノズルなどから勢いよく噴出してグラスライニング製反応器の内壁に付着した残留物を洗浄除去する作業であ



第1図 『G-Fine RS』の断面モデル
Fig. 1 The cross section model of the "G-Fine RS".



第2図
ガラスと鉄(SS400)の熱膨張曲線
P; 残留圧縮歪, Q; 無歪温度
Fig. 2
The thermal expansion curves of lining glass and steel (SS400).
P; Residual compressive strain, Q; Lower no strain temperature.

第 1 表 『G-Fine RS』の各種性能試験結果

Table 1 Results of various performance test of "G-Fine RS".

Items	Specimens	Procedure and condition	Results	Notes
Adhesion test	Substrate : SS400 6 ¹ × 80 □mm Thickness of glass layer : ~ 1.5 ¹	Dropping a steel-ball vertically. Ball weight ; ~ 200 gr Ball size ; φ 36.51 mm (JIS R 4201)	Height of dropping = 0.45 m ; no exfoliation (pass of JIS R 4201) Height of dropping = 1.0 m ; no exfoliation (upper limit of conventional 'G-Fine R') Height of dropping = 5.0 m ; no exfoliation → Small chipping of glass layer was observed at dropping spot. (upper limit of "G-Fine RS")	Fe-ion was not detected by the Ferro-oxyl method (JIS H 8617) before and after ball impact test under condition up to 5 m.
Waterjet resistance test	Substrate : SS400 3 ¹ × φ 110 mm Thickness of glass layer : ~ 1.2 ¹	Nozzle size ; φ 2.0 mm Nozzle distance ; 1 m Operation time ; 1 min	Water pressure ; 13 MPa → "G-Fine RS" ; no exfoliation, small chipping of glass layer was observed. → Conventional 'G-Fine R' ; Exfoliation (upper limit) Water pressure ; 30 MPa → Lining glass layer ; No exfoliation	Using by Jet cleaning apparatus made by Kansai Clean Co.
Abrasion resistance test	Substrate : SS400 3 ¹ × φ 110 mm Thickness of glass layer : ~ 1.2 ¹	Abrasive medium ; St. plate glass Operation time ; 1 hr (ASTM C 448)	Weight loss ratio ; "G-Fine RS" = 5 Lining glass layer = 1	Using by PEI Abrasion Tester.
Thermal shock test	Substrate : SS400 6 ¹ × 80 □mm Thickness of glass layer : ~ 1.5 ¹	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) ΔT = 623K → "G-Fine RS" ; No exfoliation → Some crack of glass layer was observed. → Conventional 'G-Fine R' ; glass loss.	Fe-ion was not detected by the Ferro-oxyl method (JIS H 8617) before and after test under condition up to 573K.
Thermal cycle test	Substrate : SS400 3 ¹ × 100 □mm Thickness of glass layer : ~ 1.5 ¹	Interval corrosion test of water vapor (373K) at intervals of 5 hrs.	No exfoliation was observed for half year.	The apparatus was used by JIS R 4201.
Penetration test	Substrate : SS400 3 ¹ × 100 □mm Thickness of glass layer : ~ 1.5 ¹	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.
Corrosion resistance test	Substrate : SS400 φ 8 × 60 Lmm Thickness of glass layer : ~ 0.5 ¹	Water vapor (373K) HCl solution (373K, pH= 1) NaOH solution (353K, pH= 12) Toluene (353K) Ethyl alcohol (b.p.) Mixed solution (353K) (C ₂ H ₅ OH/H ₂ O=3/7, wt)	Average corrosion rate by mm/year : = 0.1 = 0.25 = 0.4 = < 0.02 = < 0.02 = < 0.02	The apparatus was used by JIS R 4201.

る。この場合、補修した後に運転される化学反応器などで補修箇所がその水の衝撃力に耐えることが要求される。G-Fine RS の破壊前の限界水圧は、ライニングガラス層の3~4割程度であるが、ダメージの箇所が繊維なしの場合と比べ狭く、全面剥離がない。写真1に、その結果を示したが、G-Fine RS は、照射した箇所のみ(約φ1 mm) 損傷していることがわかる。

一方、ASTM C448に規定された摩耗テストは、研磨粉と鋼球をガラス面に接触した状態で機械的に振動させる苛酷な試験であるが、補修部はライニングガラスと比べ1/2とかなり低い。本結果から高圧水によるダメージは、その衝撃性以外に摩耗性の因子も含まれている。

3. 2 耐熱衝撃性

JIS R4201の熱衝撃試験では、300℃という結果が得られ、これは従来のG-Fine Rと同等である。

3. 3 その他の試験結果

耐食性、浸透性および熱サイクル性については、前回同様JIS R4201規格に準じた、試験片と装置で行っている。使用環境によって異なるが、沸騰水による標準テストでは前回報告の補修ガラスの約5倍である。

む す び

G-Fine RS は以上のような性能面での改良を達成したが、実際の施工期間が準備も含めて約3日間と長いことな

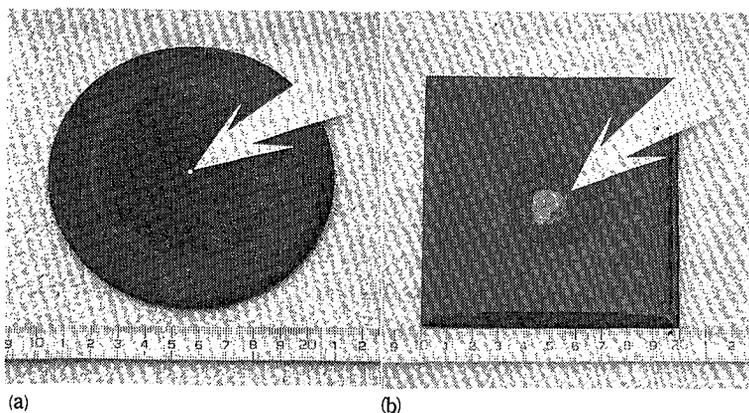


写真 1 高圧水洗浄による衝撃試験結果
(a) G-Fine RS,
(b) G-Fine R

Photo. 1 Appearance of the specimens after the water-jet resistance test.

どの課題もある。

しかし現地で補修できるため、機器の解体や輸送が不要であるため、シャットダウンの期間をできる限り短縮されるよう、継続的な研究開発に努めていくことが必要である。

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、および従来の樹脂では耐えない高温環境などの用途での適用を図っていきたい。

【参考文献】

- 1) 原ら, 神鋼フアウダー技報, Vol. 33, No. 2 (1989) p. 6.