

## インコネル 600 部位予防保全技術 Technique of Preventive Maintenance for part using Inconel 600

三菱重工業株式会社	谷口 優	Masaru TANIGUCHI	Non-Member
三菱重工業株式会社	山上 真広	Mahiro YAMAGAMI	Non-Member
三菱重工業株式会社	山本 和秀	Kazuhide YAMAMOTO	Non-Member
三菱重工業株式会社	杉本 憲昭	Noriaki SUGIMOTO	Non-Member

**Abstract :** For stress corrosion crack(SCC) of Inconel 600 , on the opportunity of the leak issue of the reactor vessel head nozzle at Bujey-3 in 1991, MHI has been engaged in research and development about the field of evaluation, maintenance and inspection for the part using Inconel 600 on RCS pressurized boundary. In this report, it introduces about the technique of preventive maintenance for the part using Inconel 600, which have been developed or under development by MHI.

**Keywords :** SCC, replace, stress-mitigation, environment-interception

連絡先：三菱重工業 神戸造船所 〒652-8585 兵庫県神戸市兵庫区和田崎町 1丁目 1番 1号  
Tel : 078-672-3541 Fax : 078-672-3515, E-mail : mahiro\_yamagami@mhi.co.jp

### 1. 緒言

インコネル 600 合金の応力腐食割れ (SCC) については、1991 年の Bujey-3 (フランス) の原子炉容器蓋用管台 (母材) からの漏えいを契機に、RCS 耐圧バウンダリにおける使用部位に対して評価・補修・検査の各分野において、研究・開発に取り組んできている。本報では、これまでに当社で開発した、又は開発途中にある予防保全技術について紹介する。

### 2. 予防保全技術

RCS 耐圧バウンダリにおいてインコネル 600 合金が使用されている部位としては、原子炉容器の蓋用管台、出入口及び安全注入管台、炉内計装筒、加圧器の各管台 (サージ、スプレイ、安全弁用、逃がし弁用)、蒸気発生器の伝熱管、出入口管台がある。

#### 2.1 原子炉容器に対する予防保全

国内プラントの原子炉容器蓋用管台の対策としては、初期型プラントについては上部蓋の取替を順次実施するとともに、比較的新しいプラントについては頂部温度低減 (T-cold 化) を実施している。

また、2000 年の V.C Summer (米国) の RV 出口管台セーフエンド継手部からの漏えいが

発生したことを受け、国内においても出入口管台セーフエンド部を新しい短管 (スプールピース) と取り替えるスプールピース取替技術の開発を行っている。また、温度条件の厳しい出口管台に対しては環境遮断を目的として管台内面溶接部に耐 SCC 性に優れたインコネル 690 合金で肉盛を行うクラディング技術を開発中である。(Fig.1 参照)

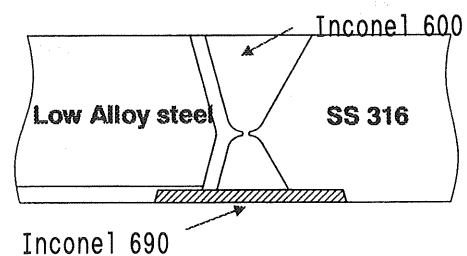


Fig.1 Concept of Cladding method

炉内計装筒については、管台内面の引張残留応力状態を圧縮応力状態に改善するため、水中環境下であることを利用したウォータジェットピーニング (WJP) 技術を適用することにより SCC に対する劣化緩和対策を実施している。ウォータジェットピーニング技術とは、水中にて高圧水を噴射することにより、高圧水と

周囲の静止水との境界に渦流を生成し、この渦流中心部で水が蒸発する際に発生するキャビテーション気泡群が瞬時に崩壊する時の衝撃圧を利用して金属表面を塑性変形させ、圧縮応力を付与する技術である。(Fig.2 参照)

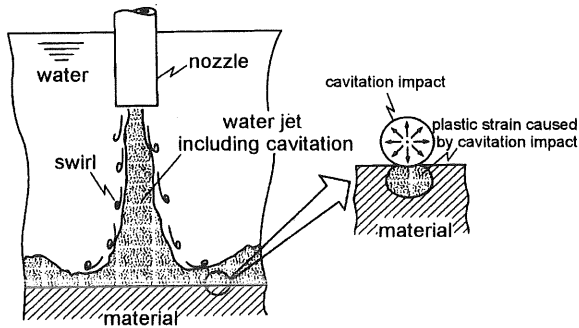


Fig.2 Principle of water jet peening

また、本技術を利用して出入口管台、安全注入管台及び炉内計装筒J溶接部についてもWJPの適用を計画中である。

## 2.2 加圧器に対する予防保全

先の V.C Summer で の事象を契機として、加圧器管台の中では最も取替の困難なサージ管台を対象とした劣化緩和技術の開発に着手し、管台内面の引張残留応力状態を圧縮応力状態に改善する外面急速加熱法を確立している。外面急速加熱法とは、管台外面に高周波加熱用コイルを取り付け、誘導加熱により極短時間で内外面に一定の温度差を付けることで内面に圧縮応力を付与する技術である。(Fig.3 参照)

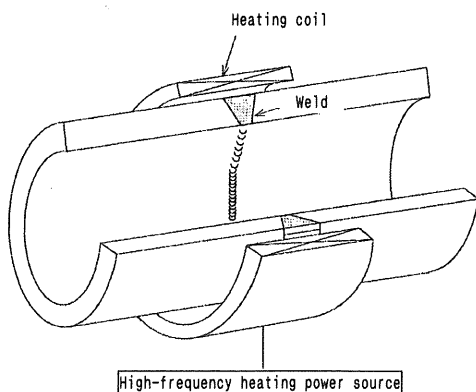


Fig.3 Concept of induction heating

## 2.3 蒸気発生器に対する予防保全

初期型プラントにおける蒸気発生器の伝熱管においては、製造時の管板拡管作業に起因すると考えられる SCC 損傷が確認されており、この損傷に対しては伝熱管に施栓を実施することで安全上、機能上も問題ないが、施栓本数の増大に伴い、作業員の被ばく増大、工期延長による稼働率低下を引き起こすことになるため、更なる信頼性向上の観点から蒸気発生器取替を実施している。

また、SCCの懸念が考えられる伝熱管拡管部に対しては、ショットピーニング技術の適用により拡管部に生じている引張残留応力状態から圧縮応力状態に改善することで SCC に対する劣化緩和対策を行っている。ショットピーニング技術とは、微小なビーズ（インコネル材）を高速度で金属表面に衝突させることにより、金属表面を塑性変形させ、圧縮応力を付与する技術である。

出入口管台の劣化緩和対策としては、気中環境で施工が可能であることから、超音波振動を利用したショットピーニング又はワイヤーピーニングの適用を検討中である。さらに、原子炉容器出口管台と同様に環境遮断を目的とした管台内面へのクラディング技術適用の検討も行なっている。

## 3. 結言

RCS 耐圧バウンダリにおけるインコネル 600 合金使用部位に対して、これまで当社が取り組んできた予防保全技術について紹介した。今後もプラントの安全性・信頼性の維持向上というニーズに応えていくために、これらの技術の実機適用とより一層の高度化に取り組んでいきたい。