# 原子炉圧力容器クラッド部境界の局所力学特性に関する研究

Study on the local mechanical properties at the interface of RPV cladding

野呂 崇史[1]，*笠田 竜太[1]，余 浩[1]，Geng Diancheng[1]，近藤 創介[1]，熊野 秀樹[2]、遠藤 美奈子[2]
[1]東北大学，[2]中部電力

原子炉圧力容器のクラッド部と母材の境界部の局所力学特性を詳細に調べたところ、境界に沿って硬化層が存在していることが確認された。硬化層を含めた熱影響部の硬さは熱時効処理では変化しないことが明らかとなった。硬化の要因を明らかにするために、微細組織観察を行った。

**キーワード：**原子炉圧力容器、クラッド、強度特性、硬さ、微細組織

## 1. 緒言

商用軽水炉の原子炉圧力容器鋼母材部には低合金鋼が用いられているが、耐食性を付与するために、内張には二相ステンレス鋼が肉盛溶接されている。この時、クラッド溶接の熱影響を受ける低合金鋼部が硬化することがこれまでの研究によって示されており、特にクラッド部境界近傍において、ビッカース硬さ HV300 を超える領域が存在することが報告されているが、その硬化の要因は明らかとなっていない。そこで本研究では、原子炉圧力容器鋼クラッド部境界の局所力学特性に及ぼす溶接後熱処理の影響や硬化層形成の微細組織学的要因を明らかにすることを目的とする。

## 2. 実験方法

供試材は、浜岡 1 号機 UT 検査用内面クラッド付き原子炉圧力容器ブロック材（母材部：A533B cl.1、クラッド部：SUS 309L）である。クラッド溶接境界部より切り出した断面試料について、真空中（～$10^{-4}$ Pa）595℃での熱時効試験を 1、3、10、30 h にてそれぞれ行った。マイクロビッカース硬さ試験は、HMV-G21（島津製作所）を用いて、荷重：0.1 kgf において行った。電子プローブマイクロアナライザー（JXA-8500F、日本電子）や集束イオンビーム加工分析装置（FIB）等によるクラッド境界部の元素マップや微細組織観察を行った。

## 3. 結果

A533B 母材部が HV210 程度であるのに対して、A533B のクラッド溶接境界から 6 ㎜程度の深さに至る熱影響部においては HV260 程度まで硬化している領域が存在することが確認され、既報の通りであった。一方、クラッド溶接境界上に存在する著しい硬化を示す層は 10μm 程度までの不均一な厚さを有しており、圧痕が層内に収まる度合いによって変化するものの、HV400 を超える硬さを有することが示された。また、これらの硬化層は 595℃熱時効処理では 30 h まで軟化が見られなかった。溶接線上では、SUS309L からの Cr や Ni、A533B から C が拡散した相が形成しており、高密度の炭化物と思われる析出相が見られた。

### 参考文献

[1] H. Yuya, R. Kobayashi, K. Otomo, K. Yabuuchi, A. Kimura, JNM 545 (2021) 152756.

Takashi Noro[1], *Ryuta Kasada[1], Hao Yu[1], Diancheng Geng[1], Sosuke Kondo[1], Hideki Yuya[2] and Minako Endo[2]
[1]Tohoku Univ., [2]Chubu Electric Power