

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	鉄インサート材を用いたステンレス鋼の低温低圧接合
Title(English)	
著者(和文)	北村祐貴, 青野祐子, 平田敦
Authors(English)	Yuki Kitamura, Yuko Aono, ATSUSHI HIRATA
出典(和文)	2014年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, , , pp. 323-324
Citation(English)	, , , pp. 323-324
発行日 / Pub. date	2014, 3

鉄インサート材を用いたステンレス鋼の低温低圧接合

東京工業大学 大学院理工学研究科 ○北村 祐貴, 青野 祐子, 平田 敦

Bonding of stainless steel at low temperatures and pressures with iron insert piece.

Tokyo Institute of Technology Yuki Kitamura, Yuko Aono, Atsushi Hirata

Stainless steel is bonded using an iron insert piece at 900°C. Insert pieces are varied in terms of purity (2N, 4N) and thickness (100, 200μm). As a result of uniaxial tensile test, strength of bonding piece reaches 90% of raw stainless steel. Besides, at any bonding pressure, strength of bonding piece with 2N insert piece is higher. Elemental analysis and metallographic observation show that grain size of 2N insert piece is smaller than that of 4N insert piece, therefore it results on high diffusion rate on bonding interface between 2N insert piece and stainless steel. Finally, using the proposed bonding method, bonding of surface with 1mm square groove is performed. Observation of bonding area indicates that high purity iron insert piece enables stainless steel to bond with high accuracy at low temperatures and pressures.

Keywords: stainless steel, diffusion bonding, insert piece, iron.

1. 緒 言

切削等の精度向上に伴い、これら加工部品を接合することで多様な形状を作製することが可能であり、接合にもより高い精度が求められている。従来、高精度が求められる箇所には拡散接合が用いられることが多く、ステンレス鋼の場合、母材と同等の接合強度を達成するために 1100°C の加熱及び 20MPa の加圧が必要であった¹⁾。しかし、小型・精密製品へ適用する場合、接合材全体の変形が問題になると考えられる。一方、拡散接合ではインサート材と呼ばれる介在物を挿入し接合する手法があり、接合性向上の効果があることが知られている²⁾。

本研究は、ステンレス鋼の面接合を高精度に行うため、接合条件の低温低圧化を目的としたものである。前報では、ステンレス鋼の接合に鉄インサート材を挿入することで接合部のボイドが減少し、従来法より低温の 900°C で高強度に接合が可能であることを明らかにし、インサート材の純度および厚さが接合性に影響を与えることを示唆した³⁾。そこで本報では、引張試験および元素分析、組織観察によって、インサート材の純度と厚さが接合強度に及ぼす影響について検討を行った。さらに、接合圧力を変化させ低圧での接合性についても検討した。最後に溝形状を持つ接合面へ本接合法を適用し、従来法との比較を行った。

2. 実験方法

2.1 供試材

供試材として接合母材にオーステナイト系ステンレス鋼 SUS304、インサート材に純鉄を用いた。SUS304 はφ10×30mm の円柱状に、インサート材は純鉄の薄板をφ10mm に加工した。また、インサート材は純度、厚さによる接合性の差異を調べるため、純度 2N(99.5%)と 4N(99.99%)、厚さ 100μm と 200μm のものを用意した。母材の接合面は研削盤により表面粗さ 5μm R_y 程度に仕上げ、実験に供した。

2.2 接合条件

用意した供試材はアセトンにより脱脂を行った後、図 1 のようにインサート材を介し上下からプレスにより加圧した。その後、100Pa の減圧雰囲気下で通電を行い、発生したジュール熱により 900°C まで加熱して 30 分間保持し接合した。また、比較のためインサート材を用いず同条件でも接合を行った。これらの接合条件を表 1 に示す。

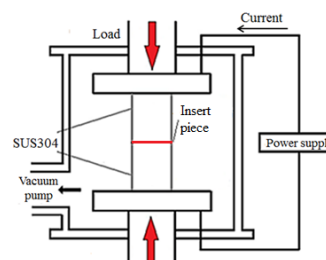


Fig.1 Schematic of bonding apparatus

Table 1 Bonding conditions

Bonding temperature (°C)	900
Bonding time (min)	30
Bonding pressure (MPa)	10, 20, 40MPa
Atmosphere	Air, 100Pa

3. 実験結果と考察

3.1 引張試験

接合材の引張強さとインサート材の純度および厚さの関係を図 2 に示す。インサート材を用いることにより引張強さの値が上昇し、最高で母材の 90% 近くに達している。インサート材の純度別にみると、いずれのインサート材厚さにおいても 2N での引張強さが 4N の値を上回っている。また、インサート材厚さについては、今回使用した 100μm と 200μm に大きな差異は確認されなかった。

次に、接合材の引張強さと接合圧力の関係を図 3 に示す。接合圧力 10MPa の低い接合圧力においてもインサート材の挿

入により 50~100MPa 程度の引張強さの上昇が見られる。これは接合圧力 10, 20MPa では接合圧力が母材の耐力とインサート材の降伏応力の間の値であるため⁴⁵⁾、インサート材のみが塑性変形を起こすことにより、接合面の接触性が向上し引張強さが上昇したためだと考えられる。また、接合圧力 40MPa ではインサート材の有無による差異は認められない。接合圧力 40MPa では母材自体が塑性変形を起こすため、インサート材の有無によらず接合面が十分に接触し、母材程度の引張強さに達したと考えられる。以上より、インサート材の挿入には接合圧力の増加に相当する効果があるといえる。

3.2 接合部元素分析

電子線マイクロアナライザ(EPMA)により、インサート材と母材界面の元素分析を行った結果を図 4 に示す。Cr のインサート材中への拡散量は 2N の方が多く、接合界面の O も母材、インサート材中へ拡散している様子が見られる。また、接合後のインサート材部の組織観察を行った結果、結晶の平均粒径は 2N では 40 μ m, 4N では 100 μ m 程度となっており、EPMA の分析結果と比較すると粒界に沿って拡散している様子が確認された。これより 2N のインサート材を挿入した場合には粒界拡散の影響で拡散量が増加し、接合界面に存在する酸化被膜等の不純物層が母材およびインサート材中に拡散したことによって接合界面のボイドなどが減少し、引張強さが 4N の場合を上回ったと考えられる。

4. 溝形状を持つ接合面への応用

接合面に 1mm 四方の溝形状を加工し、接合後の断面形状観察によって本接合法と従来法を比較した。接合条件は図 3 の結果より、同程度の接合強度を得られる 2 条件(①接合圧力 40MPa, インサート材なし②接合圧力 20MPa, インサート材あり(2N100 μ m))とし、どちらも接合温度は 900℃とした。図 5 は接合後の断面写真である。①では大きく変形を起こしているにもかかわらず、②では 1mm の矩形形状を維持しており、インサート材を用いることで、変形の少ない高強度接合が可能であることがわかる。

5. 結 言

ステンレス鋼 SUS304 の接合において、鉄をインサート材として挿入することにより、従来法に比べ低温の 900℃で高強度に接合可能で、低い接合圧力でも接合強度向上の効果が確認された。また、インサート材の純度によって接合強度が変化し、2N>4N となった、これは 2N では結晶粒界の影響で拡散が進展したことによるものである。なお、インサート材の厚さ 100 μ m と 200 μ m では接合強度に差異はみられなかった。また、本手法を溝形状を持つ接合面に適用し、接合後の断面観

察によって変形を抑えて高強度に接合可能であることを示した。

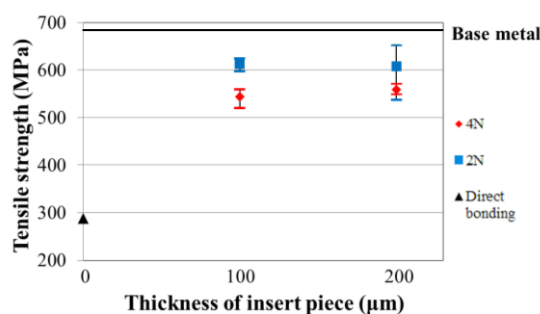


Fig.2 Relation between tensile strength and thickness, purity of insert piece.

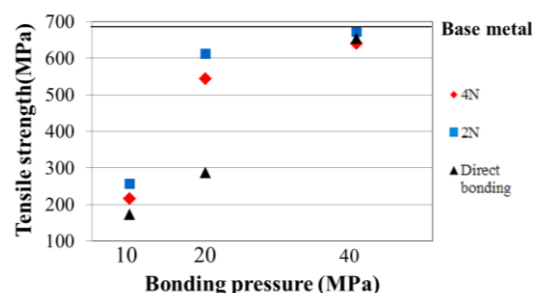


Fig.3 Relation between tensile strength and bonding pressure.

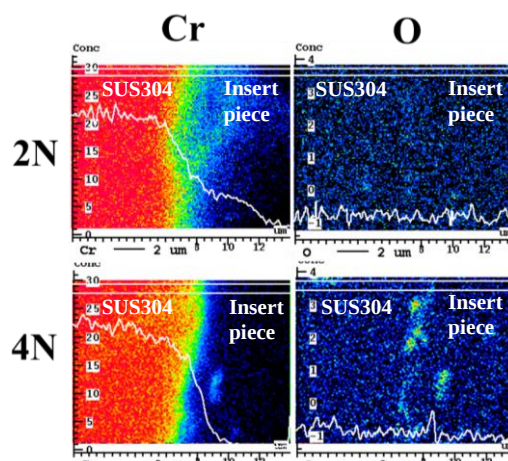


Fig.4 Elemental mapping of bonding area

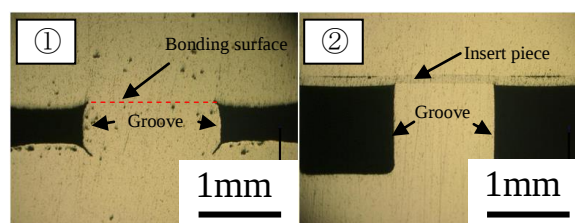


Fig.5 Photomicrograph of bonding area (Fe-SUS304)

参考文献

- 1) 大橋 修ら: SUS304 ステンレス鋼拡散接合部の HIP 処理, 溶接学会論文集, 6-4, (1988) 493
- 2) 恩沢 忠男ら: 拡散接合性におよぼすインサートメタルの効果, 溶接学会, 45, (1976) 651-664
- 3) 北村 祐貴ら: 高純度鉄インサート材を用いたステンレス鋼の接合, 精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, (2013) 189-190
- 4) 建設省総合技術開発プロジェクト, 新ステンレス鋼利用技術指針, (1994)
- 5) 作井 誠太ら: 純鉄多結晶体の高温塑性変形に対する結晶粒径の影響, 日本金属学会誌, 40, (1975) 263-269