



研究ノート

超耐熱材料の液相拡散接合

中尾嘉邦*

昨今のエネルギー事情の悪化に対処するため、通産省の肝いりで、ムーンライト計画が昭和53年度よりスタートしている。この計画には種々のプロジェクトがあるが、その一つに高効率ガスタービンの開発があげられており、このガスタービンと蒸気タービンを組合せて、現在頭打ちとなっている、火力発電所の発電効率を40%から55%以上へ向上させることが目論まれている。そしてこの目標を達成するため、ガスタービンの作動温度の最終目標値を1500°Cに設定している。

このような高効率ガスタービンの開発の成否を決するものは、苛酷な条件に耐え得る超耐熱材料の開発とその接合技術の確立である。従来の耐熱材料の開発動向の延長上に位置する材料では、このような要求を実現することはかなり困難と思われ、新たな発想に基づいて超耐熱材料の開発がなされるものと予測される。現在、金属系材料では複合材料がその最右翼と目されている。最近では一方向凝固材料や単結晶材料が実用化されており、新鋭のジェットエンジンに用いられつつある。しかし、このような超耐熱材料は一たび熔融すると、その機械的性質が大幅に劣化するため、その接合に当っては、溶解接法を採用することは出来ない。そのため、この種の超耐熱材料の接合法として脚光をあびつつあるのが液相拡散接合法である。

この方法は、図1に示すように、被接合物間に被接合物の熔融温度よりも低い熔融温度を有するインサートメタル（厚さ数十ミクロン）を挿入し、インサートメタルが溶け、かつ被接合物が溶けない温度に保持して接合する方法である。このような方法では接合部に一時的にごく

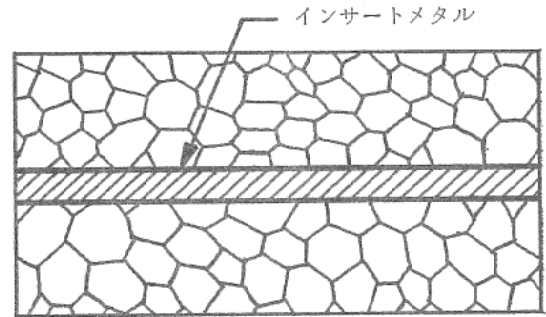


図1 液相拡散接合前の接合部の模式図

薄い液膜が形成されるが、接合温度で保持中に液膜は消滅し、原理的には母材と同一の機械的性質を有する接合継手の得られることが期待される。

写真1は、ニッケル基超耐熱合金の Inconel 713Cを液相拡散接合する過程を示した顕微鏡組織（以下組織と略す）写真である。写真1(a)は1100°Cに加熱直後冷却した接合継手の写真で、接合部にはまだ液相が存在しており、その液相が冷却中に凝固した組織が認められる。1100°Cで9時間保持すると、写真1(b)に示すように、液相が凝固した組織は観察されない。これは1100°Cで保持中に液相が消滅したためである。このように接合温度で保持中に液相が消滅するのは、インサートメタルの熔融温度を下げる役割を果していたボロンが母材側へ拡散し、接合部のボロン濃度が低下したためである。しかし接合部では、母材側からの合金元素の拡散がじゅう分に進んでいないため、母材部と組織が異なっている。写真1(c)は1100°Cで225時間保持した場合の接合部の組織で、拡散がじゅう分に行われた結果、母材とはほぼ同じ組織となっている。このように接合部の化学組成が母材部のそれとほぼ等しくなるまで均一化処理を行い使用に供される。なお、均一化処理の時間はインサートメタルの厚みを薄くしたり、均一化処

*中尾嘉邦 (Yoshikuni NAKAO), 大阪大学, 工学部, 溶接工学科, 第2講座, 助教授, 工博, 溶接工学

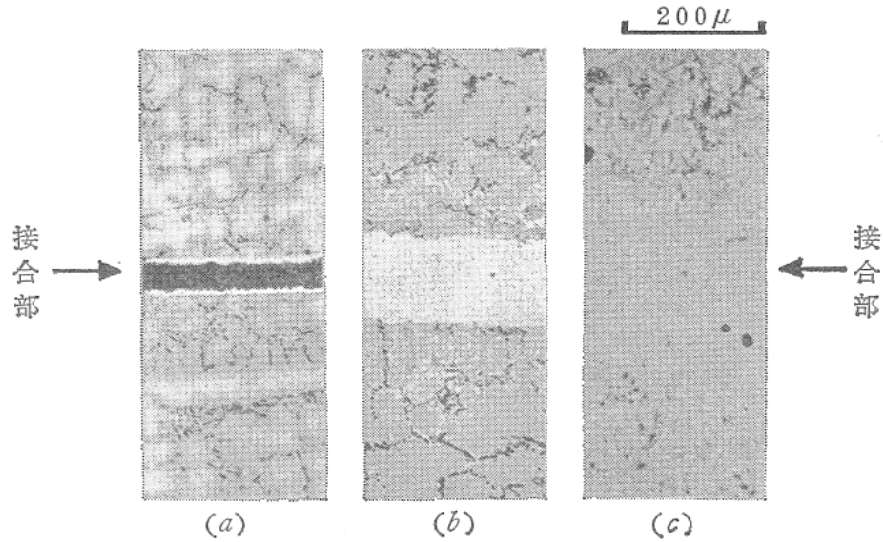


写真1 Inconel 713Cの液相拡散接合部の顕微鏡組織

(a) 1100°Cに急熱後直ちに冷却, (b) 1100°Cで9時間保持, (c) 1100°Cで225時間保持
 インサートメタル: Ni-15Cr-3.5B合金

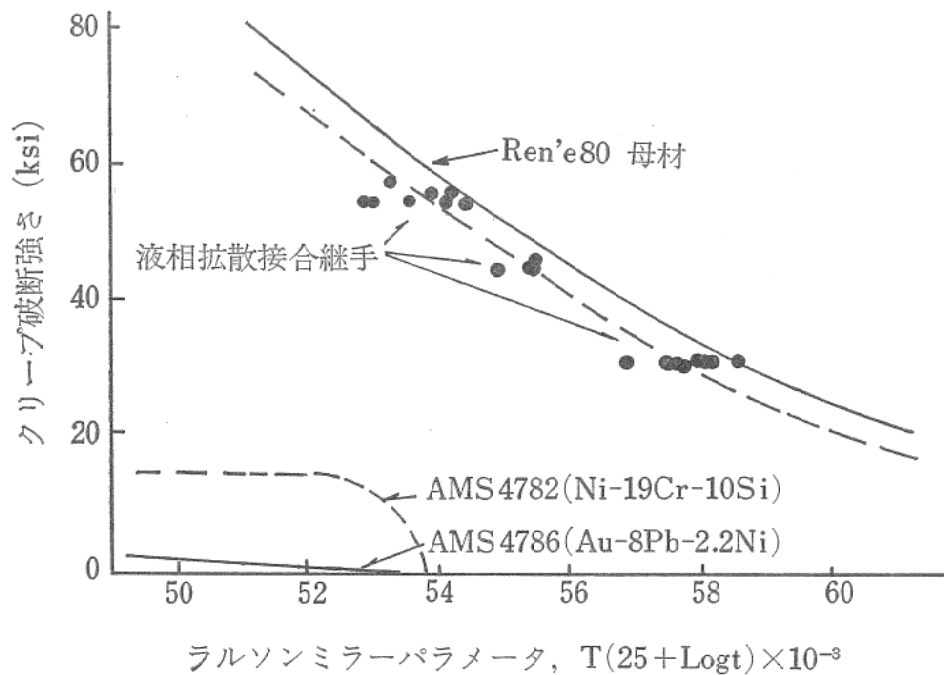


図2 René 80の母材, 液相拡散接合継手, ろう付継手のクリープ破断性質

理温度を高めることにより短縮できる。

図2¹⁾はニッケル基超耐熱合金である René 80の母材, 液相拡散接合継手並びにろう付継手のクリープ破断性質を示したものである。図中の実線は René 80母材の特性を示したものである。René 80などのように, 熔融溶接により溶接割れが発生しやすい合金では, 従来よりろう付によって接合される場合が多い。図中左下

隅の実線 (AMS 4786) 及び破線 (AMS 4782) はろう付継手のクリープ破断性質で, 母材にくらべ著るしく劣っていることがわかる。図中矢印で示した破線のデータが液相拡散接合継手のクリープ破断性質を示すものである。従来のろう付継手にくらべ格段にすぐれたクリープ破断特性が得られており, ほぼ母材の特性に匹敵する性能を有している。

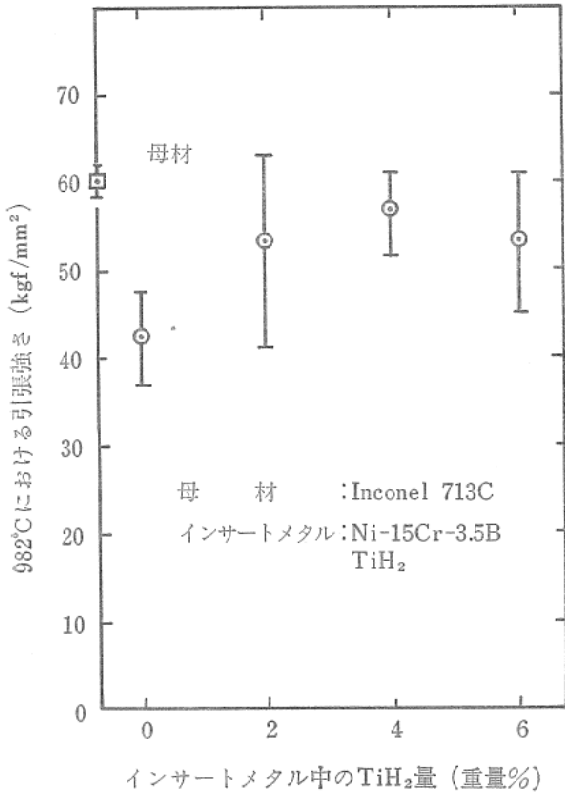


図3 Inconel 713Cの液相拡散接合継手の982°Cにおける引張強さ

また、図3は、Inconel 713Cの液相拡散接合継手の982°Cにおける引張強さを示したものである。インサートメタルとしてはNi-15Cr-3.5B合金の粉末にTiH₂粉末を混合し、シート状にセメントで固めたものを用いている。図にみるように、バラッキはあるが、母材の引張強さとほぼ同等の性質を持つ継手も得られている。

写真2は引張試験破断部の走査形電子顕微鏡写真で、一部母材部で破断が生じていることを示している。

このように液相拡散接合法は超耐熱材料の接合法としてきわめてすぐれた特性を持っており、次代のガスタービン等超高温で稼動する機器の製作上必要不可欠な接合技術になるものと予想される。したがって今後は、インサートメタル、接合条件、均一化処理条件等について検討を加え、液相拡散接合法の確立を旨として努力を積み重ねたい。

引用文献

- 1) G. S. Hoppin et al. : Welding J., Vol. 49 (1970). No. 11, 505 S.

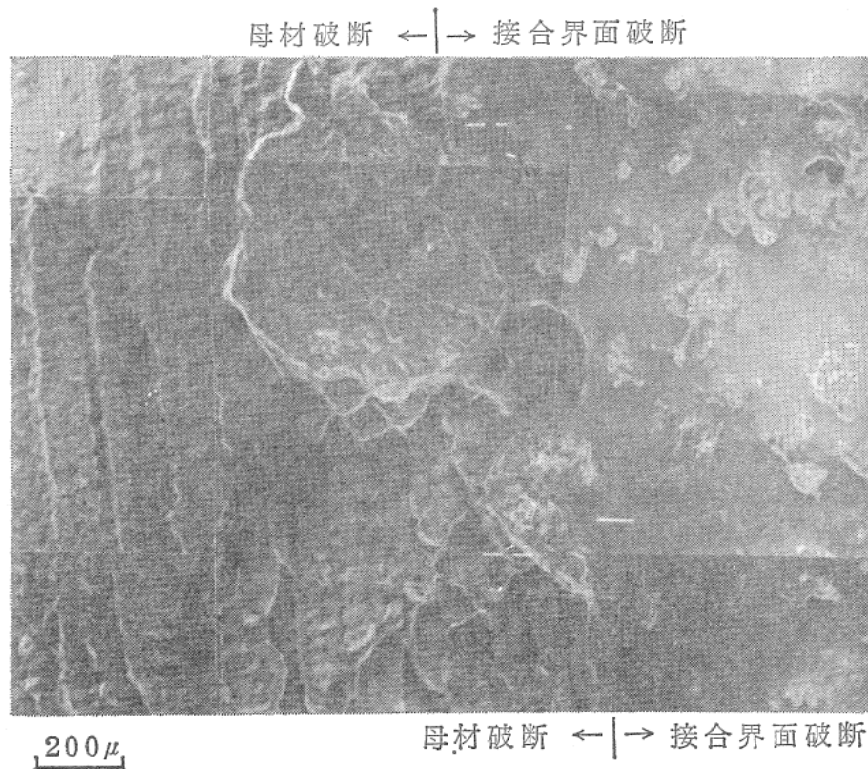


写真2 Inconel 713Cの液相拡散接合継手の引張破断部の走査形電子顕微鏡組織
引張試験温度：982°C