技術資料

テーマ特集「各種複合管の製造技術」

液相拡散接合法による複合鋼管製造技術*

上野 泰弘**, 小嶋 敏文**, 樺沢 真事**

Composite Tube Production by Liquid Phase Diffusion Bonding*

by Yasuhiro Ueno**, Toshihumi Kojima** and Makoto Kabasawa**

キーワード: 液相拡散接合, 複合鋼管, インサートメタル, Ni-P 合金, せん断強度

1. はじめに

耐環境性, たとえば耐食性に優れたステンレス鋼, あるいは非鉄合金を合わせ材として, 炭素鋼管の内面または外面に組み合わせた複合鋼管は, 汎用的な高耐環境性高強度管を得られるとして今後大いに期待されている。しかし, これまでに種々の製造プロセスが提案されているが, 製造可能サイズ, 製造コスト等の制約のため, その適用範囲が限定されている現状にある。

複合鋼管製造法のうち拡散接合技術を利用したプロセスは, 最終製品サイズにほぼ近いサイズの炭素鋼管に別途製造した合わせ材の薄肉管を全面的に冶金的に接合する方法である。原理的にはあらゆるサイズの管が製造可能であり, また合わせ材素管として低コストである溶接管を使用できるなど種々のメリットが期待できる。しかしながら, 一般に拡散接合法においては接合表面の性状(清浄度, 平滑度)および接合雰囲気等の要求に厳しいものがあり, 接合面積が著しく大きくなる複合鋼管製造への適用はこれまで困難とされてきた。

ここで紹介する製造プロセスでは, これらの問題点解決の手段として液相拡散接合法に着目した。また同法に不可欠な低融点合金層を, 接合面に均一にかつ容易に供給する方法についても検討を行った。

2. インサートメタルの開発

液相拡散接合法では, 加熱によって溶融したインサートメタルが界面の空隙を充たして接合部の密着性を高め

る結果, 直接拡散接合法に比べると接合表面の平滑さ, 清浄度に厳しい制約を受けないとともに接合に要する時間を短縮できる。この特徴に注目して, 複合鋼管の内外管の大断面接合への本接合法の適用を検討した。

ここでは, インサートメタルの開発がキーポイントとなった。従来, この目的に供されるインサートメタル材はいずれも脆弱なため, 次のような方法によって使用されている。

- ①アモルファス箔を巻きつける方法
- ②粉末状のインサートメタルを塗布または溶射する方法
- ③接合面に直後めっきする方法

①では長尺管に組み込む際, 箔の破断になお不安が残る。

②, ③では管全体に均一に供給することが困難である。

そこで, 図1に示すような三層構造のインサートメタルを考案した。中心部はNiなどの圧延金属箔であり, 全体の強度を担う。外層部は, めっき法により形成した低融点合金層である。加熱時には外層部が溶融して接合に

図1 インサートメタルの構造: インサートメタルは中心箔の両面に低融点合金をめっきして製造する。

*原稿受付 平成元年1月12日

**正 員 NKK 鉄鋼研究所 Member, NKK Steel Research Center

図2 Ni-Pをめっきした長尺インサートメタル

寄与するとともに、外層部の低融点化添加元素は内管および中心箔に拡散、希釈する。中心箔は必ずしも完全に溶融しないが、箔が高強度であるなら継手強度には問題を生じない。

このような三層構造のインサートメタルでは外層部の細小限必要な厚さは、界面の凹凸を埋めるだけの量であるが、上記①法に比べ作業性を維持したままこの低融点合金の厚さを減らすことが容易である。したがって、接合時間の短縮、コストの低減が可能となる。また、プロセス上、広巾長尺材の製造も可能である。

図2に一例としてNi箔にNi-11%P(融点約880°C)を連続めっきとして製造した長尺インサートメタルを示す。

3. 本複合鋼管製造法の概要とその特性

本法では内管素管の外面に上記のインサートメタルを

図3 試作二重管の外観：外管はAPI-X 42、内管は高Ni基合金(Incoloy 825)である。

図4 接合部組織：上がAPI-X 42(外管)、下部がIncoloy 825(内管)である。

巻きつけた後これを外管素管に嵌合させる。次に両管を機械的に密着させ、インサートメタルが一部溶融する温度にて拡散熱処理を行って接合界面の金属的結合を得る。

一例として高Ni基合金(Incoloy 825)と炭素鋼(API-X 42 Grade)の組み合わせによる複合鋼管を紹介する。図3に試作管の外観を示す。サイズは外径73.4mm、肉厚8.9mm、であり内面2.2mmが高Ni基合金となっている。図4に示す断面ミクロ組織から明らかのように内外管はインサートメタルを介して接合されており、超音波探傷試験(JISG 06019)において未接合部は認められなかった。図5に接合部の元素分布をEPMAにより測定した結果を示す。また、せん断試験により評価した接合強度は、259.7~358.7 MP (26.5~36.6kgf/mm²)であった。図6に曲げ試験結果を示す。

4. おわりに

拡散接合法の特徴の一つとして、異種金属間の接合が容易である点を挙げることができる。複合鋼管においても種々の材料の組み合わせが可能と考えられる。また、本技術は量産性にも優れていることから、今後、広範な用途の拡大が期待されている。

API-X42 ——— インサート金属 ——— Incoloy 825

図5 接合部の元素分布：Ni, Fe, Cr, Pの挙動について定性的に示したものでPが母材へ50μm拡散していることがわかる。

図6 曲げ試験結果