

NEXAGE[®]HR24の溶接技術の確立

1. はじめに

2020年10月に日本政府は、2050年カーボンニュートラルを目指すことを宣言した。これを受けて「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」が策定され、今後の成長が期待される14の重要分野が選定された¹⁾。

カーボンリサイクル・マテリアル産業のうちマテリアル分野において、日本製鉄株式会社殿は「ゼロカーボン・スチール」の実現を最重要項目とし、2021年3月に発表した中期経営計画で「日本製鉄カーボンニュートラルビジョン2050」を掲げた。その取組みとして、鉄鋼の製造プロセスの脱炭素化を図るため、水素還元鉄の技術開発・実証による技術革新を進めている。さらに、高機能製品やソリューション技術の提供を通じて、社会におけるCO₂排出量の削減に貢献している²⁾。

このような社会情勢の中、エネルギー関連および製造関連産業のプラントでは、エネルギーや原料などの転換が推進されている。それに伴い、既設の材質から新規開発された材質や特殊材質への材質変更が想定される。そこで、当社は様々な材質の溶接に対して、安全かつ高品質な溶接を実現できるように溶接技術の開発の取組みをしている。

この度は、日本製鉄株式会社殿よりステンレス鋼・Ni基合金管であるNEXAGE[®]HR24の溶接のご依頼をいただき、検証試験を実施して溶接技術を確立した。

2. NEXAGE[®]HR24の特徴

NEXAGE[®]HR24は、日本製鉄株式会社殿で開発されたエチレンプラント用オーステナイト系ステンレス（高Ni系）合金管で、優れた高温強度、耐浸炭性および延性を有し、溶接性に優れた材料である。主にエチレンプラントおよび水素精製プラントの加熱炉管で使用されている³⁾。

一般的なオーステナイト系ステンレス鋼と比較して、溶接時の高温割れのリスクが高いため、そのリスクを低減するような溶接施工の管理が必要である。さらに、高温水素の環境下で安全かつ信頼性の高い溶接継手が要求される。これらの点を踏まえて、溶接施工の条件の検証試験を実施した。

3. 検証試験

3.1 供試材

供試材はNEXAGE[®]HR24を使用し、配管のサイズは外径48.6mm(40A)、肉厚は6.0mmとした。溶加棒はWEL TIG HM-40を使用した。

表1に供試材および溶加棒の化学成分を、表2に供試材の引張特性を示す。

表1 供試材および溶加棒の化学成分

[mass%]

材料	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Ti	B	Zr
供試材 (NEXAGE [®] HR24)	0.10～ 0.20	1.40～ 2.00	≤1.50	≤0.020	≤0.030	37.00～ 40.00	23.00～ 26.00	1.00～ 3.00	0.20～ 0.60	≤0.010	≤0.050
溶加棒 (WEL TIG HM-40)	0.41	0.87	1.19	0.003	0.001	34.79	25.37	0.94	—	—	—

※供試材の化学成分は規格値

表2 供試材の引張特性（規格値）

降伏応力 [MPa]	引張応力 [MPa]	伸び [%]
520	206	25

3.2 溶接施工の条件

表3の溶接条件に従い、検証試験を行った。

高温割れのリスク低減のため、溶接施工の特徴が二つあり、一つ目は溶接ひずみを抑えることである。溶接ひずみを抑える方法として、ジグによる配管の固定および仮付け溶接がある。配管の固定用ジグとして一般的に図1に示すようなものを使用する。溶接前の準備では、配管の固定用ジグの使用や仮付け溶接が一定となるような施工管理が必要である。これらの方法以外に、溶接入熱の管理を行うことで拘束度を抑える方法もある。

二つ目は、母材の希釈率を減少させることである。この管理項目として、以下の二つが挙げられる。

① 開先精度の再現性

開先精度を保つため、開先加工を行う際に図2に示すような均一なルートフェース（以下、RFと示す）およびルートギャップ（以下、RGと示す）とする必要がある。

② 溶加棒の挿入量

母材の希釈が最も大きくなる初層溶接時に溶加棒を多く挿入する必要がある。

表3 溶接条件

溶接方法	ティグ溶接
開先形状	V形開先
極性	棒マイナス
溶接電流	RF, RGの寸法により決定
溶接姿勢	水平固定
トーチシールドガス	Ar (100%)
バックシールドガス	Ar (100%)
パス管温度	≤150℃
溶接入熱	≤25,000J/cm



図1 配管の固定用ジグ

3.3 溶接継手の評価

溶接継手の評価方法は外観目視検査、引張試験、曲げ試験および放射線透過試験とした。日本製鉄株式会社殿でこれらの検査および試験を実施し、継手の評価を行った。

(1) 外観目視検査

図3に溶接部の外観を示す。クレータ割れなどの表面の溶接不完全部がないことを確認した。

(2) 引張試験

図4に引張試験片の破断部を示す。破断位置は母材部であり、降伏応力、引張応力および伸びのいずれも規格値を十分に満足した。

(3) 曲げ試験

図5に曲げ試験の結果を示す。曲げ試験を実施後に浸透探傷試験を行い、いずれの試験片においても欠陥がないことを確認した。

(4) 放射線透過試験

図6に放射線透過試験の結果を示す。内在欠陥の有無の確認を行い、その結果1種1類であった。



図2 開先面

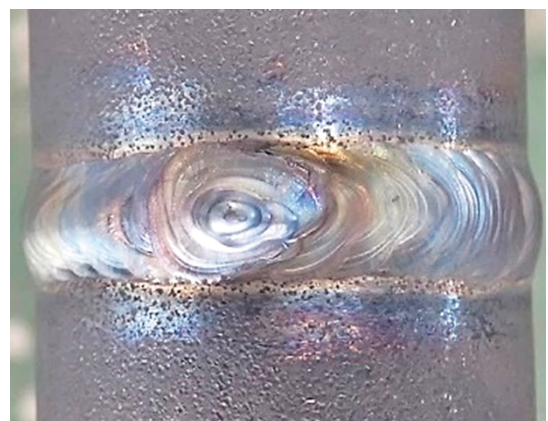
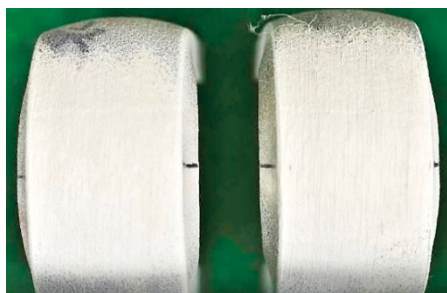


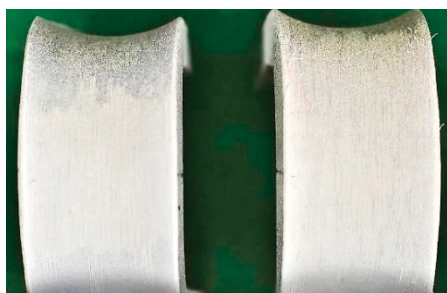
図3 溶接部の外観



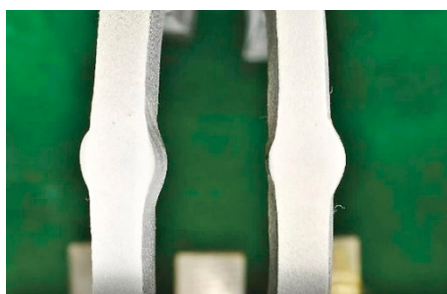
図4 引張試験片の破断部



(a) 表曲げ



(b) 裏曲げ



(c) 側曲げ

図5 曲げ試験の結果（浸透探傷試験後）

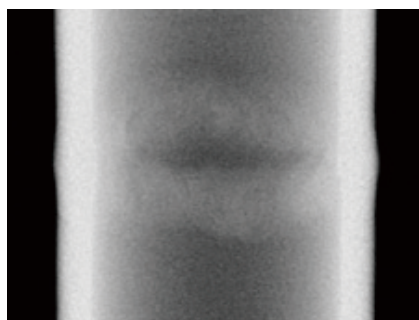


図6 放射線透過試験の結果

4. おわりに

NEXAGE[®]HR24のティグ溶接による溶接施工法の検証試験を行い、溶接技術を確立した。これにより顧客である日本製鉄株式会社殿から、溶接技術に対して高い評価をいただいた。

今後、プラントを持つ多くの企業がカーボンニュートラルを推進していくにあたり、当社はプラント設備の設計、建設、メンテナンスおよび溶接技術の開発の面で積極的に貢献していきたい。

5. 謝辞

本記事投稿にあたり、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の創成したグリーンイノベーション基金事業および日本製鉄株式会社殿に対して厚く御礼申し上げます。

篠原 誠（技術統括部）

山口 ちひろ（技術統括部）

参考文献

- 1) 経済産業省「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」,
https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/ggs/index.html（閲覧日：2024年6月17日）
- 2) 日本製鉄株式会社ホームページ,
<https://www.nipponsteel.com/>（閲覧日：2024年6月17日）

※NEXAGE[®]HR24は、日本製鉄株式会社の登録商標です。