

開発裏話～構造用素材として優れたコストパフォーマンスを持つ 省合金型二相ステンレス鋼(NSSC®2120)の開発

及川雄介¹⁾ 柘植信二²⁾ 江目文則³⁾
本村 洋⁴⁾ 井上裕滋^{**}

1. 開発の背景

製造業における中国の台頭は各業界で見られる現象であるが、ステンレス鋼に関しても2009年からのわずか6年間で粗鋼生産量を2倍以上増やし世界の約半分を占めるまでになってきており⁽²⁾、過剰な生産能力が、日本の業界にとって相当な脅威となっている。ステンレス鋼の鋼種構成は、汎用鋼種のSUS304系が全ステンレスの4割以上を占めている⁽³⁾が、当該鋼は製造が容易であるため、中国に対し、コストを含めた競争力を維持するのは相当難しい。従って、日本のメーカーが生き残るには、付加価値を持ちかつコスト競争力も有するステンレス鋼の開発が重要になってくる。

二相ステンレス鋼は従来より、汎用ステンレス鋼より高強度高耐食(かつ高価)な材料としてケミカルタンカー等に使われてきた。特に脚光を浴びるようになったのは、2004年頃からの合金の高騰のもとで、ニッケルの使用量が少ないために、オーステナイト系ステンレス鋼より相対的に割安になったことがきっかけである。同じ頃当社も二相ステンレス鋼ラインナップの拡充に着手した。

その中で二相ステンレス鋼の持つ高強度(高耐力)でニッケルの含有量が少ない特長を活かすことで、前述の命題が実現できるのではと考え、コスト競争力のある省合金型に焦点を当て開発に取り組んだ。

2. 鋼種開発に関する裏話

二相ステンレス鋼に関して、Blomの文献⁽⁴⁾に“Nitrogen Paradox”という記述がある。これは、溶接部の特性を低下させるクロム窒化物の析出を抑制するには、オーステナイト相再析出を促進するために、敢えて窒素含有量を高める対策が有効なことを説明している用語である。この、一見常識の逆に見える考えが、現在二相ステンレス鋼においては常識と

なっている。当然、この考えが最初から常識だったわけではなく、初期材の大きな問題であった溶接部の耐食性劣化を解決する方策として1960～70年代に開発がなされた成果である⁽⁵⁾。しかしながら、以降は、「窒素は固溶しうる最大限まで添加した方が良い」「オーステナイト相の再析出量を増加させれば良い」という考えが固定され、これを前提に開発が進められてきたように思う。実際、省合金型(リーン)二相ステンレス鋼についても、0.2%を超える高窒素系が多数開発されてきた。それに対し本開発では、溶接熱影響部の詳細観察により、省合金型に関してはフェライト単相にならない二相加熱領域の窒化物析出を抑制する必要があることを見出し、それより、「二相ステンレス鋼における常識」から一歩進んだステージとして、①フェライト単相加熱領域のオーステナイト再析出は確保しつつ、②クロム窒化物の析出駆動力も抑制するという二元での成分設計を提案するに至ったものである(図1参照)。

更に、窒化物析出駆動力抑制については、単に窒素のみの最適値を見つけるのではなく、Thermo-Calc®による状態図計算により、各成分の寄与を統合して窒化物平衡析出温度を

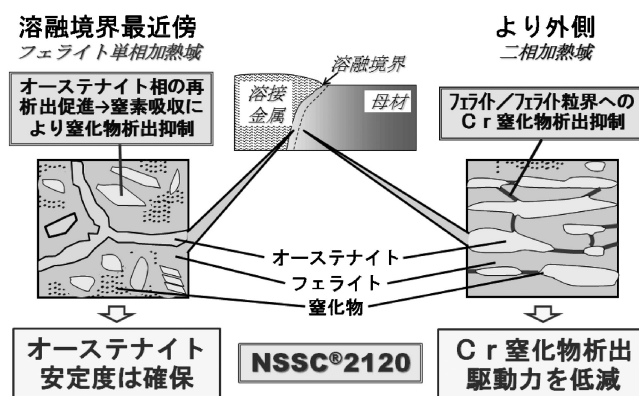


図1 NSSC®2120成分設計のポイント。

* 新日鐵住金ステンレス株式会社；1)研究センター 主任研究員 2)リサーチフェロー 3)商品開発部 部長 4)光製造所 部長代理

** 新日鐵住金株式会社 鉄鋼研究所 接合研究部；上席主幹研究員(現 大阪大学接合科学研究所；教授)

Development of Lean Duplex Stainless Steel that is Cost-effective as a Material for Structure; Yusuke Oikawa*, Shinji Tsuge*, Fuminori Gohnome*, Hiroshi Motomura*, Yuji Inoue** (*Nippon Steel and Sumikin Stainless Steel Corporation, Hikari. **Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation, Futtsu)

Keywords: lean duplex stainless, material for structure, welding, heat affected zone, nitride precipitation, solution proposed, flood gate

(まてりあ第55巻 2号70-72頁「新技術・新製品」掲載)

2017年7月31日受理[doi:10.2320/materia.56.608]

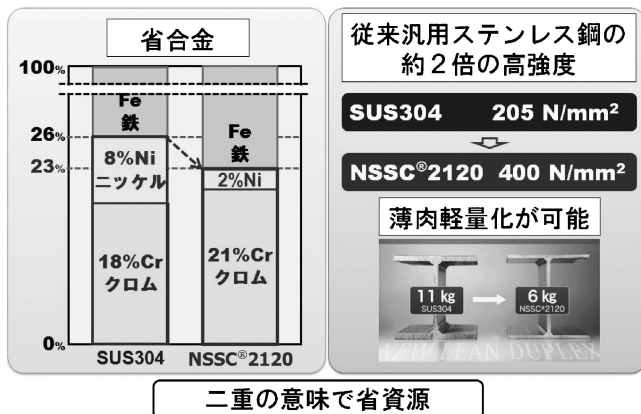


図2 NSSC®2120の特長.

算出する方法を考えた. これにより, 窒化物析出駆動力, オーステナイト再析出特性だけでなく, 製造性や合金コスト等も考え合わせた多次元で成分を最適化することが可能となった.

3. 製造技術と拡販ソリューションの大きな貢献

本鋼が多くのお客様にお使い頂ける存在となったのは研究開発のみによる成果ではなく, 製造技術と拡販ソリューションが非常に大きな貢献を果たしていることを強調したい. 以下に概要を記す.

(1) 安定的生産体制の確立

製造性に関しては, 高コスト製造が許されない省合金型の方が却って铸片気泡や表面疵を生じやすいというジレンマがあり, 開発当初は「付加価値を持ちコスト競争力を有する」というコンセプトが成立しない可能性もあった. これに対し, ほとんど全ての工程で生じていた種々の課題を, ポイント部分では的確な設備投資を行い(高性能レバラー, 高効率酸洗設備等), それ以外では一つ一つの工程でソフト的な工夫を施すことにより, 汎用ステンレス鋼レベルの高い生産性を持つ製造工程を実現した. この生産性の高さは, 当社が二相ステンレス鋼を提供する上で大きな強みになっている.

(2) ソリューション提案による新たな市場開拓

生産性の高い製造工程を確立したことで, ①高強度で軽量化が可能で, ②良好な溶接性を有し, 更に③汎用鋼レベルの生産性も達成した二相ステンレス鋼を実現した. その優位性は図2に示すように明瞭である.

しかしながら当初より当該鋼の優位性を最も発揮しようと考えられたインフラ用途は, 公共性を有することから, 新しい素材を採用して頂くことは困難な分野と見なされていた. また, 当初は二相ステンレス鋼自体が認知されておらず, 「二層」のクラッド鋼と勘違いされたこともあると聞いている. これらの壁に営業部門が果敢に挑んで今日の成果を得た. 国土交通省の新技术情報提供システム NETIS への登録や, お客様が気付かれていない画期性を具体的に提案する発明的なソリューション等の様々な工夫により, 現在では土木

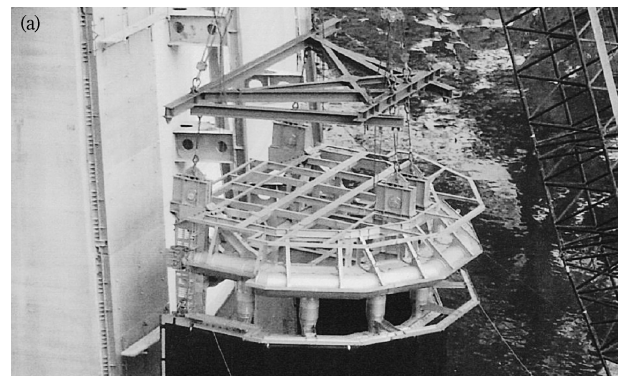


図3 NSSC®2120の適用例. (a) 二瀬ダム取水設備(埼玉県). (b) 小袖漁港水門(岩手県).

分野で炭素鋼や Al 合金と比べても競争力のある素材と認知されつつある. 特に, 東日本大震災以降, 水門の設計基準がより大型化していることから軽量化への需要がより増大しており, これに対しの確な解決策を提示できたことは, 社会に対しても貢献し得たと考える.

NSSC®2120の適用は, 淡水領域のインフラシステムを主に広がっている. 新たな適用例を図3に示す.

4. 開発を振り返って

以上のように, この開発は研究開発, 製造技術, 営業部門がそれぞれの力を発揮しつつ協力し一体となって作り上げた, まさに日本的な製品開発手法による成果だと考える. 中国メーカーは資本力経済力に勝っており, また技術力についても個人は優秀である. 我々の現在のポジションを維持するのは容易ではないが, 今回のような開発手法を発展させ, 付加価値商品をこれからも世に出していくことで対抗していきたい.

文 献

- (1) 及川雄介, 柘植信二, 江目文則, 本村 洋, 井上裕滋: までりあ, **55**(2016), 70-72.
- (2) ステンレス協会ホームページ「生産量」.
- (3) 秦野正治, 松山宏之, 石丸詠一郎, 高橋明彦: までりあ, **52**(2013), 180-183.
- (4) KJ. Blom: Proc. Int. Conf. Stainless Steels '87, York (1987).
- (5) 銚日本材料学会腐食防食部門委員会編: 二相ステンレス鋼の上手な使い方, (1999), 4.