

溶接管理技術者の体験紹介

二相ステンレス鋼の商品化に対して苦労したこと

株式会社 アロイ
中村 浩紀

1. 背景

弊社はステンレス鋼流通業界で厚板鋼板を切断販売しながら、メーカーとして溶接形鋼の製造販売をしている。さらには日本鋼構造協会からステンレス建築構造物製作工場の認定を受け、ステンレス構造物を製造するファブリケーターとしても活動している。会社において私は山口県光市の製造拠点（光加工センター：図1）で長年工場管理の業務に就いてきた。管理業務を行いながら溶接管理技術者として「ステンレス鋼厚板の普及」を私のミッションとして掲げ、素材の利点を活かした加工を意識して商品化業務に取り組んできた。

近年ステンレス鋼業界では、新興国の台頭により、国内鉄鋼メーカーは「量から質」へとシフトしており、高機能なステンレス鋼の開発が進められている。厚板では高強度と高耐食の両立が図れる二相ステンレス鋼の新鋼種が発売され、2015年に改正されたJIS G 4304では新たに3鋼種（リーニ二相2種/SUS821L1とSUS323L、スーパー二相1種/SUS327L1）が登録された。弊社はステンレス鋼厚板の指定シャーであり溶接形鋼メーカーでもあるという立場から、鉄鋼メーカーより二相ステンレス鋼拡販の要請を受けて図2に示すような溶接形鋼の商品化を進めてきた。

溶接形鋼の品揃えのうち、山形鋼や溝形鋼はH形鋼よりも開先加工など工程数が多く、製造リードタイムが長くなり、市場が期待する納期に合わないことが課題になっていた。そこで生産性を大幅に向上させ、溶接品質を低下させない施工方法として、弊社が所有しているプラズマ溶接に着目し山形鋼（溝形鋼）の商品化を進めてきた。試験した結果と苦労したことについて整理する。



図1 弊社 光加工センター全景と工場棟外観

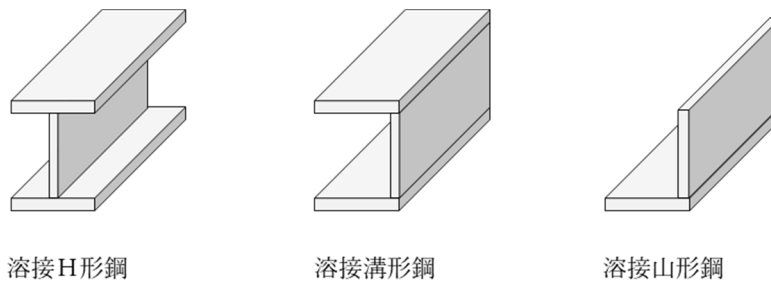


図2 溶接形鋼の品揃え

2. 課題と解決のための取り組み

(1) 二相ステンレス鋼の特徴

二相ステンレス鋼はフェライト相とオーステナイト相がほぼ1：1になるように相バランスを保つことで、高強度・高耐食を実現している。鋼板の耐食性能はPRE(耐孔食指数:Cr+3.3Mo+16N)で推定できるが、溶接形鋼や溶接構造物の場合は溶接による熱影響により性能が変化してしまうのでPRE値だけでは評価できない。二相ステンレス鋼は、リーン二相、汎用二相、スーパー二相と3つに区分されていて、汎用二相ステンレス鋼(SUS329J3LやSUS329J4L)の情報については「ステンレス鋼便覧」で収集できるが、リーン二相とスーパー二相に関してはまだ情報が少なく、収集するのに苦労した。腐食防食協会の文献や鉄鋼メーカー、溶接材料メーカーに直接確認することで情報を集めていき、溶接後の製品に関する性能評価は以下の点に注目して試験することにした。

- ・溶接金属及び熱影響部の相バランスとじん性確保
- ・溶接部の内部欠陥検出の要領
- ・溶接による変形の矯正要領

(2) 溶接部の性能評価

① 溶接施工性と性能評価

全ての二相ステンレス鋼の鋼種について溶接部の性能評価を一度に行うことは費用面で困難であるため、主要鋼種の性能評価は鉄鋼メーカーや溶接材料メーカーに協力を求めて、溶接施工法確認試験の記録を見て確認した。こうして二相ステンレス鋼の勉強を進めていくと、スーパー二相ステンレス鋼の溶接が難しいということが分かってきた。そこで問題点を抽出するために、弊社での溶接部の性能評価はスーパー二相ステンレス鋼で実施することにした。

溶接施工性のテストは板厚8mmの鋼板を使用し、ミグ溶接、マグ溶接、ホットティグ溶接、プラズマ溶接による突合せ溶接で施工した。使用した溶加材、シールドガス、溶接条件等は鉄鋼メーカーや溶接材料メーカーの推奨に従って行った。評価項目は外観観察、マクロ観察、ミクロ観察、ビッカース硬さ測定、引張試験、曲げ試験、シャルピー衝撃試験を行った。

溶接施工の時に気になったのはマグ溶接で、フラックス入りワイヤを使ったところ、スラグのはく離性が悪かったこと。図3に示すようにスラグのはく離性が悪く、溶接ビードにはスラグが強固に付着していた。ステンレス構造物を製作するときには使用する溶接方法なので改善が必要になる。



(a) 溶接箇所の全体写真

(b) スラグ除去中の写真

図3 スラグのはく離状況

試験の結果、どの溶接方法でも割れなど目立った欠陥は生じなかったので溶接施工性は概ね問題ないと評価した。性能評価に関しては、溶接方法と溶接条件によりシャルピー衝撃試験の結果に違いが生じた。溶接形鋼はステンレス構造物に使用されるので、じん性については注目している。シャルピー衝撃試験の結果、低い値が出た溶接方法に関しては、溶接条件を変えて再試験することにした。採用しようと考えているプラズマ溶接は良好な結果が得られた。

② 溶接金属の内部欠陥検出

溶接溝形鋼などの角継手の溶接に採用を考えているプラズマ溶接は、キーホール溶接なので溶接金属の内部欠陥を検出するための対比試験片を作製することにした。溶接構造物は RT (放射線透過試験) と UT (超音波探傷試験) で内部欠陥を検出するが、商品化を進めていた溶接形鋼を量産時に RT で非破壊検査することは、現実的ではないため、UT による非破壊検査の対比試験片を作製した。新しい鋼種であり、規格はまだ作られていないため所属している日本鋼構造協会のオーステナイト系ステンレス鋼の UT 規格を引用し、非破壊検査会社と共に検出の精度を試験し、内部欠陥検出方法として適用可能であることを確認した。

③ 溶接部の耐食性評価

溶接部の耐食性評価は CPT (臨界孔食温度) 試験を行うことを考え、鉄鋼メーカーに分析を依頼した。施工別の耐食性を比較するため、ミグ溶接、プラズマ溶接、ホットティグ溶接でサンプルを作製した。プラズマ溶接に関しては、溶接形鋼への採用を考えていたので、溶接品質の確保とリーズナブルな溶接施工方法を確立するために、シールドガスをアルゴン 100 %、アルゴン+窒素、溶加材有無など溶接条件を変えた。

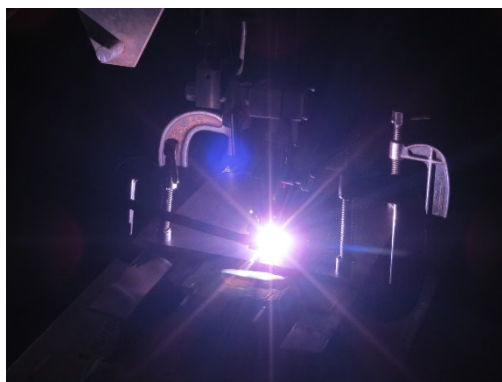


図4 プラズマ溶接

CPTの試験温度は40℃、45℃、50℃、55℃で実施した。フェライトスコープで計測したフェライト値は、溶接方法によりばらつきが生じたが、1つの溶接条件を除いて55℃の試験まで良好な結果が得られた。溶接条件を変化させたプラズマ溶接の1条件で裏波溶接部に孔食が発生した。このことから適正な溶接条件が必要であることを認識した。今回のCPT分析の結果をもとに、溶接条件については相バランスをフェライトスコープで計測しながら絞りこんでいく。

(3) 変形矯正の要領

溶接形鋼を量産する時や溶接構造物を製作する時は、溶接による変形を矯正するために加熱矯正を行うことがある。二相ステンレス鋼は加熱温度により窒化物、シグマ相などの金属間化合物が析出するが、加熱矯正の温度域はその範囲に入る可能性があった。このため、弊社が実際に加熱矯正するときの板厚別の温度と加熱時間を計測し、有害な金属間化合物の析出による性能劣化を生じない作業限界の温度と時間を整理して施工手順を決めた。

(4) ファイバーレーザ溶接への挑戦

溶接形鋼は一般的に隅肉溶接で施工する。断面形状によっては、工程が増えることで製造リードタイムが長くなっていた。そこで、工程省略が可能なプラズマ溶接以外にファイバーレーザ溶接による新しい溶接施工にも挑戦してみた。ファイバーレーザ溶接による施工は、溶接条件を合わせやすく、溶接熱によるひずみも少ないことから、施工時のコストを削減できそうだが、設備投資のインシヤルコストが大きく、また二相ステンレス鋼に対する適用では、溶加材を使用しない場合フェライト相の相比が高くなることをシンポジウムの時に学び、耐食性とじん性に不安が生じた。

このため、ファイバーレーザ溶接の採用は見送ることにした。プラズマ溶接に関しては、相バランス、耐食性、じん性にも問題がなかったことから、この溶接施工法を採用し商品化を進めることを考えているが、量産試作において安定した品質が確保できることを確認したい。



図5 プラズマ溶接で製作した溶接山形鋼

(5) 性能要求の確保

国内では材質を指定して注文が入るが、時々来る海外からの引き合いでは購買仕様書で性能を求められるケースがある。そこで性能要求について、調査してみると、学会や団体から様々な要求が出ており、各国共通で定められたものがないことを知った。

特定の団体からの注文の場合は、その顧客または団体の規定に沿うことになるが、弊社のつく

り方でどの程度の性能が安定して出せるのか、弊社の指標を定め、量産する中で安定する値が出せるのか今後検討を進めていくことが必要と考えている。

4. まとめ

弊社が商品化する溶接形鋼はステンレス構造物に使用されることが多いため、二相ステンレス鋼の溶接には、相バランス、じん性の確保が重要であると考えている。各種課題に関して分析、調査を行った結果、溶接施工方法別に最適な条件を見出さなければならないことが分かった。今後も弊社で製作する溶接形鋼の性能を示し、顧客の性能要求に合った作り方を提案し、契約を進めていきたい。最後に今回の取り組みにおいて感じた点を列記し、本稿のまとめとしたい。

- (1) 二相ステンレス鋼を普及させるためには、市場規模が未成熟であることから、鋼板以外の品揃え（鋼管、鋼帯、形鋼、フィッティング類）が課題となっている。弊社は溶接形鋼で市場への安定供給を実現しなければならないが、生産方法の確立だけでなく溶接部の性能評価や溶接欠陥の評価方法なども確立しなければならない。その点で苦勞もあるが製品実現した時の達成感は大きい。
- (2) 二相ステンレス鋼は鉄鋼メーカーから次々と新しい鋼種が発売されている。今後も新規の鋼種が開発されるかもしれないが、溶接管理技術者として、常に新しい情報を勉強し習得に努めたい。
- (3) グローバル化に伴い、海外との取引が出てきた。海外規格の理解についても進めていきたい。海外のIWE取得者と意見交換する場面も出てきそうなので、英単語の解釈も積極的に取り組んでいきたい。

中 村 浩 紀 （なかむら ひろき） 溶接管理技術者特別級

<略歴>

1994年 近畿大学工学部 機械工学科 卒業
1994年 住友特殊金属株式会社 入社 保全設備室配属
1997年 住友特殊金属株式会社 退社
1997年 株式会社アロイ 入社 光加工センター配属
2021年 同 テクニカルセンター配属 センター長
現在に至る