

## 減肉した炭素鋼チューブへのインコネル 625 による肉盛補修溶接

### 1. はじめに

当社のお客様より排ガスタクトのチューブへの肉盛補修溶接の施工依頼があった。お客様の調査の結果、縦型ダクトのチューブ (STPT370S 外径 76mm×厚さ 9.0mm) の内側全面で肉厚が 4~5mm 程度に減肉していた。そこで今後の減肉対策として耐食・耐摩耗性に優れたインコネル 625 による肉盛補修溶接を実施することになった。以下に、インコネル 625 による肉盛補修溶接の検討および実機施工について紹介する。

### 2. 肉盛補修溶接施工法の検討

今回の施工では、実機チューブの肉厚が薄肉であり、且つチューブ内は水で満たされていることから溶接入熱管理が求められた。そのため施工に先立ち、図1に示す通り STPT370S sch40 (外径 76.3mm×厚さ 5.2mm) を外面から機械加工し、肉厚を 3.5mm としたものを供試材として、肉盛補修溶接施工法の検討を行った。

#### 2.1 デジタル半自動溶接での検討

デジタル半自動溶接機は、制御技術の向上によりアークが安定し溶接条件の再現が可能である。また、当社ではデジタル半自動溶接を用いた、減肉した炭素鋼チューブへの

低入熱による肉盛補修溶接の実績がある。これらの実績を踏まえて、今回はデジタル半自動溶接 (以後、MIG溶接と称す) を用いて施工法の検討を行った。なお、対象物が薄肉であることから、入熱を少なくするために溶接姿勢を立向下進溶接とした。検討に使用した溶接機、溶接ワイヤおよびシールドガスを以下に示す。

- (1) 溶接機 : ㈱ダイヘン DM350
- (2) 溶接ワイヤ : 日本ウェルディングロッド㈱ WEL MIG625 φ1.0mm
- (3) シールドガス : Ar 100%

なお、実機に合わせた施工として供試材内部を水で満たし、さらに熱による影響がないように1パス溶接ごとに水を交換した。

MIG溶接立向下進溶接による肉盛溶接部の断面を図2に示す。MIG溶接によるインコネル625の溶接では溶込みが浅く、また溶接止端部のフランク角が小さいため、パス間に溶込不足が発生した。

溶接止端部の溶込不足の改善として、TIG溶接による溶接止端部の成形を行った。その結果、図3に示すように溶接止端部を滑らかに成形することでフランク角を大きくすることができ、また溶込みを深くすることができた。このMIG溶接+TIG溶接のコンビネーションによる肉盛溶接部の断面を図4に示す。この肉盛厚さは3~5mm程度であった。



図1 供試材

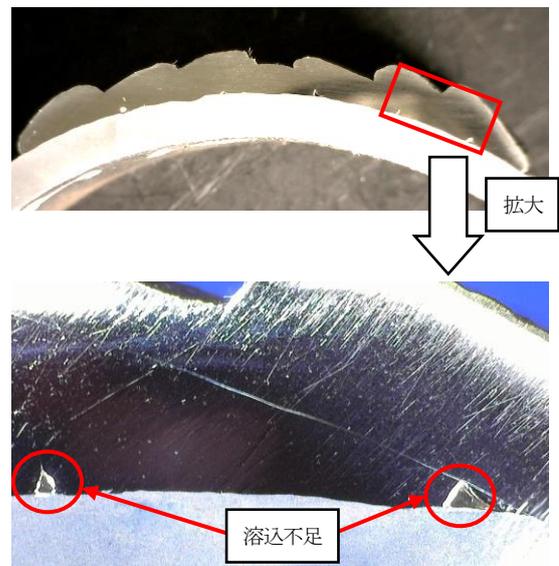


図2 MIG溶接による立向下進溶接の肉盛溶接部の断面

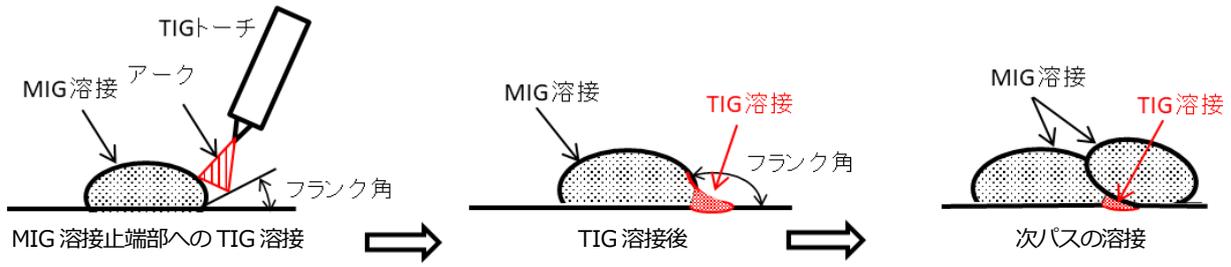


図3 TIG溶接による溶接止端部の成形

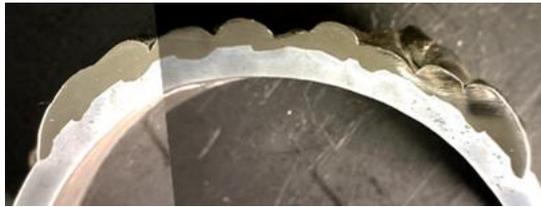


図4 MIG溶接+TIG溶接のコンビネーションによる肉盛溶接部の断面

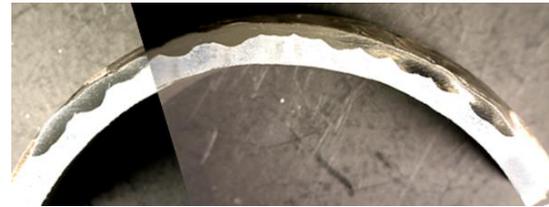


図5 TIG溶接による肉盛溶接部の断面

## 2.2 TIG溶接での検討

MIG溶接によるインコネル625の肉盛補修溶接は可能であるが、1パス溶接ごとにTIG溶接による成形が必要となるため作業手順が複雑となる。そこで、溶接施工におけるさらなる作業性および品質の向上を求めて、ALL TIG溶接による肉盛補修溶接についても検討した。検討に使用した溶接機、溶接材料およびシールドガスを以下に示す。なお、TIG溶接による立向下進溶接は難易度が高いため、溶接姿勢は立向上進とした。

- (1) 溶接機 : (株)ダイヘン VRTP-300
- (2) 溶接材料 : 日本ウェルディングロッド(株)  
WEL TIG625 φ2.0mm
- (3) シールドガス : Ar 100%

MIG溶接と同様に、供試材内部を水で満たし、さらに熱による影響がないように1パス溶接ごとに水を交換した。

TIG溶接による立向上進溶接の肉盛溶接部の断面を図5に示す。TIG溶接によるインコネル625の溶接では溶込みが十分に確保でき、また肉盛したビード形状が滑らかであった。さらに、この肉盛厚さを均等に1~1.5mm程度に調整することが可能である。

## 3. MIG溶接とTIG溶接による溶接方法の比較

MIG溶接およびTIG溶接による肉盛補修溶接の比較を表1に示す。MIG溶接はTIG溶接に比べ肉盛厚さを厚くできるが、前述の通り作業手順が複雑であり高度な溶接士のスキルが要求されるため、事前に十分なトレーニングが必要となる。一方TIG溶接は、短期間のトレーニングで十分である。

表1 溶接方法による比較

溶接方法	MIG溶接	TIG溶接
溶接姿勢	立向下進	立向上進
肉盛厚さ	3~5mm	1~1.5mm
ビード外観	やや凹凸あり	滑らか
溶込み深さの確保	MIG溶接止端部のTIG溶接による成形が必要	—

## 4. 実機への施工

### 4.1 チューブの表面処理

今回の施工は、炭素鋼とインコネル625の異材肉盛溶接であるため溶接する表面の清浄度が重要となる。しかし実機のチューブ外表面は錆や汚れなどが付着しているため、一般には肉盛溶接施工前にカップワイヤブラシやサンドブラストによる表面処理を行うが、今回は高い作業性と表面不純物除去が期待できるスポンジブラストによる表面処理を採用した。スポンジブラストは、従来のサンドブラスト工法で研掃材として使用される砂の代わりに、アルミナなどの研掃材を内包した発泡ウレタン(図6)を使い下地処理を行なうものであり、サンドブラスト工法と比較して粉塵の発生を大幅に抑えることが可能であるため、作業時間を短縮できる。またカップワイヤやサンドブラストでは除去できない金属表面の塩化物等の除去も可能である。

### 4.2 実機チューブへの肉盛補修溶接

前述の検討により、炭素鋼チューブへのインコネル625肉盛補修溶接はMIG溶接+TIG溶接のコンビネーションおよびTIG溶接どちらも対応可能であるが、お客様のご要望



図6 スポンジブラストで使用される研掃材

は肉盛厚さが1.5mm, 且つできる限り滑らかなビード形状であることからTIG溶接を採用した。図7に溶接後の実機チューブの外観を示す。溶接士は、事前にトレーニングを行った上で溶接技量評価試験を行い、合格した溶接士のみが肉盛補修溶接に従事した。

## 5. おわりに

今回、炭素鋼チューブへのインコネル625の肉盛補修溶



図7 肉盛補修溶接後の実機チューブ

接を検討し、MIG溶接+TIG溶接のコンビネーション、TIG溶接それぞれの溶接方法における施工方法を確立した。今後は溶接作業のさらなる効率化を目的として、ワイヤ送給装置を採用したTIG溶接機（株ダイヘン TIGFILLER）による肉盛補修溶接の検討を行う予定である。

岩崎 良二（技術本部 企画開発部）

※インコネル（Inconel®）はスペシャルメタルズ社の登録商標です。