

パイプの溶接 (その3)

JFE エンジニアリング株式会社
勝木 誠

7. 配管・導管溶接特有の周辺技術

配管・導管溶接の現場では、パイプ特有の周辺技術が多々使用されている。その中のいくつかの技術を以下に紹介する。

7-1. 開先加工

パイプは通常メーカーからベベル角度 30° 程度に加工されて出荷されており、そのままの開先で使用する場合には開先面のさびなどを除去する目的で、またルート面を均一に加工する目的で、グラインダ成形することが多い。しかし定尺以外の短い寸法 (切り管と称する) を使用する場合には、切断・開先加工が必要となる。

一般に開先加工は、手動ガス切断もしくはパイプ専用の半自動ガス切断機で切断し、グラインダで開先面を取り直すことが多い。

一方、切り管を大量に使用する場合や、特殊な開先で溶接する場合および精度の良い開先を確保したい場合などでは、専用の機械式開先加工機で加工するケースも多く見られる。パイプ端面を開先加工する開先加工機の一例を **図 1**¹⁾ に、切断と開先加工を同時に実施可能な開先加工機の一例を **図 2**¹⁾ に示す。



図 1 開先加工機 (小径管の端面加工)



図 2 開先加工機 (切断、開先加工同時施工)

また比較的大径管ではパイプは必ずしも円形ではないので、均一なルート面確保を目的として内面削りの開先加工機も実用化されている (**図 3**)。

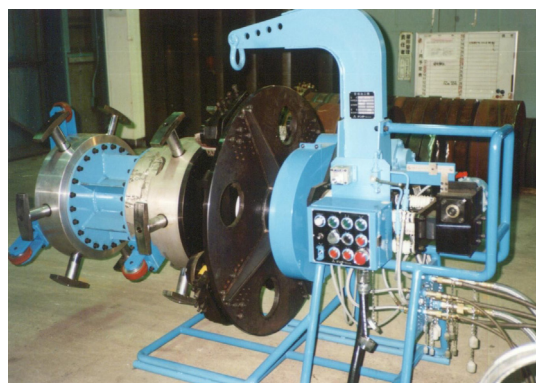


図3 開先加工機（大径管の内面倣い加工）

7-2. 開先合わせ（芯出し）方法

パイプの開先合わせ（芯出し）は、対象が丸いパイプであり、同時にエルボ、T、レギュレーサ等の配管部品も多々使用されることから、適当なジグが必要となる。またスペーサなどを用いて、ルートギャップを適切にセットすること以外に、パイプではパイプの周長差がそのまま開先部の目違いにつながるため、パイプの周長管理も開先合わせの重要な項目となる。このパイプの周長差が過度に大きい場合には、パイプの組合せを替えるなどの処置が必要となり、またパイプの周長差が比較的少ない場合には、目違いを均等に振り分けることが必要になる。

これらの目違いを防止し、開先合わせを円滑に行うために、様々なクランプジグが開発されている。

もっとも簡便な開先合わせ方法は、馬と呼ばれるストロングバックによる開先合わせである。しかしこのストロングバック方式は、パイプの板厚が比較的薄いこともあり、ストロングバックの溶接跡の処理方法問題から、使用を制限しているケースも多い。

クランプジグは管への装置位置により、外面（エキスターナル）方式と内面（インターナル）方式に大別される。さらにその作動源により、ボルト、ハンドレバー、ジャッキなどを用いた人力式と、空気圧や油圧で作動する機械式に分類される。

パイプの開先合わせでの力の伝達や、外面からの溶接作業を考慮すると内面クランプの方が優れているが、小径管では管の出し入れに問題があり、管径や施工環境によっての使い分けが必要となる。比較的小径管の外面クランプ（ボルト式）の一例を図4に、大径の外面クランプ（ボルト式）の一例を図5に、またクランプ部分に裏当て銅板を装着した自動溶接用の内面クランプ（空気圧式）の一例を図6に示す。



図4 小径管ボルト式外面クランプ

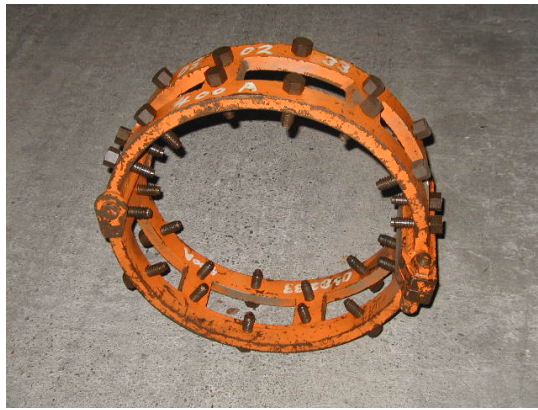


図5 大径管ボルト式外面クランプ

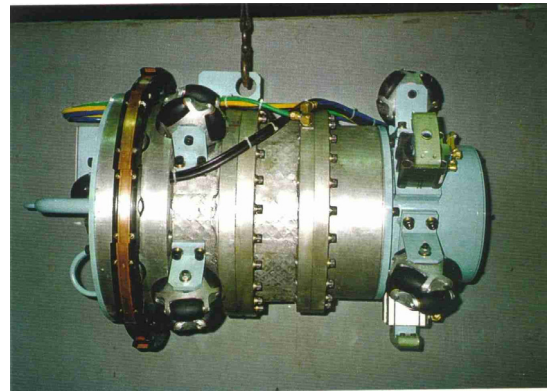


図6 裏当て銅板を装着した
空気圧式内面クランプ

7-3. バックシールド

ステンレス鋼配管を初めとして、アルミニウム合金配管、Cr量の多いCr-Mo鋼配管、チタン合金配管などで初層ティグ溶接を行う場合には、内面酸化を防ぐ目的でバックシールドを行う必要がある。バックシールドには、通常不活性ガスであるアルゴンが一般的に使用されている。

小径管のバックシールドでは、管の両端をふさぎ管内面を全体置換する方法があり、バックシールドを簡便に実施するジグも市販されている（図7¹⁾）。

しかしながら、管径がある程度大きい場合や、全体置換をする配管長さが長い場合には、バックシールドに必要なアルゴンガス量が多大となり、局部バックシールド方法が必要となる。バックシールド方法は施工会社が色々なジグを考案し現場で使用しており、また色々なタイプのジグ類も市販されている。例えば図8¹⁾に示すように、溶接部を局部的に仕切りその中にガスを流すタイプや、同様なタイプで仕切り部がガスバックになっているものや、仕切り部を水溶性のペーパーで構築し後で洗い流すものなどがある。

バックシールドのポイントは下記の点が挙げられる。

- ① 溶接する箇所以外の開先部はテープなどでふさいで、ガスの流出をできるだけ防ぐ。
- ② バックシールドガスが排出されるようなジグを使用している場合は問題ないが、排出機能のないジグを使用する場合には、初層終了近傍でバックシールドの流量をほぼ0まで落とし、背面側の圧力が上がり過ぎないようにし、終了部近傍でのガスの噴出しを防止する。
- ③ 溶接の積層方法や材質によっても変わるが、通常は2層目終了までバックシールドガスを流す。但し、2層目溶接中のバックシールドガス流量は初層の流量よりも少なくても良い。
- ④ 材質、求められる性能によってバックシールド精度は異なるが、酸素濃度計を用いるなどして、内部の酸素量がある値以下になることを確認してから溶接を開始する。

また同じティグ溶接でも、フラックス入りのティグ溶加棒で溶接する方法がある。この方法では被覆アーク溶接と同じように、内面ビードもフラックスで覆われるため、バックシールドは不用である。しかしながら内面のスラグ除去の問題、作業性がやや難しいことなどから、適用対象は限定されている。



図7 ワンタッチ管閉塞治具
(バックシールド用)

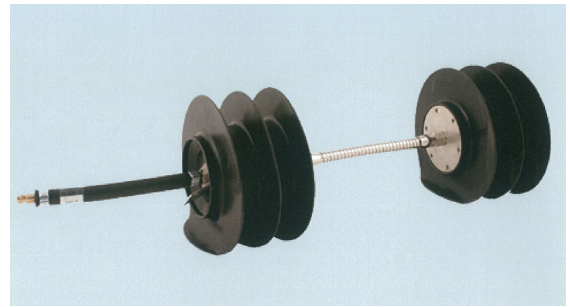


図8 局部バックシールド治具

7-4. 非破壊検査

パイプの溶接は板厚が比較的薄いものが多いこともあり、非破壊検査は外観検査と放射線透過試験が一般的に使用されている。検査率は適用される法規・基準によって決まるが、施主の仕様により高い検査率で実施していることが多い。

放射線透過試験では、小径管では図9²⁾に示すような二重壁片面撮影方法が、比較的大径管では図10²⁾に示すような内部線源撮影方法が用いられている。内部線源撮影方法は360°照射形なので、撮影が1回で済み、作業効率が非常に高く、管径150mmΦまでの自走式内部線源撮影X線装置も実用化されている。

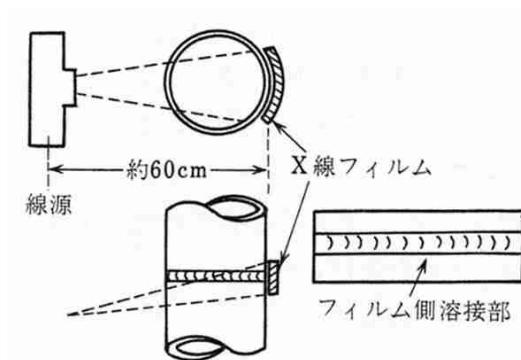


図9 二重壁片面撮影方法

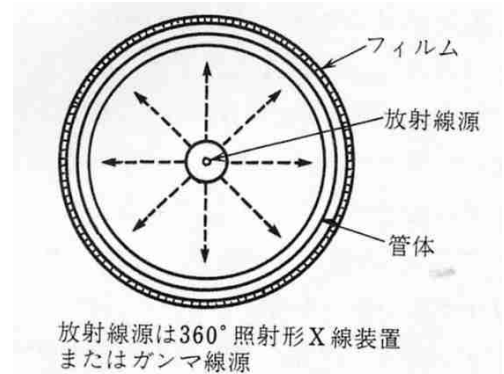


図10 内部線源撮影方法

8. 配管・導管溶接の自動化・機械化

8-1. 自動化・機械化の現状

配管・導管溶接は第1報³⁾、第2報⁴⁾で報告したように、プレファブ溶接では下向き姿勢で溶接が行えることもあり、自動化・機械化が進んでいる。しかし現場溶接では固定管全姿勢溶接のため溶接制御そのものが難しく、さらに配管の径・管厚もまちまちであり、段取り作業が大変なために、配管の分野での自動化・機械化率は低い。また、現状では、現場の自動化・機械化溶接の施工方法はガ

スシールド溶接方法になるが、ガスシールドアーク溶接はとくに風に弱く、風養生の大変さも適用率向上を阻害している大きな要因になっている。

一方、導管分野では、1つのラインではほぼ同径、同厚のパイプ溶接となることもあり、管径・管厚の大きい導管では現場溶接でも自動化・機械化が進んでいる。この導管分野では1960年代から機械化の取り組みが進められて来ており、その歴史に裏付けられた自動化・機械化の文化が、高い適用率の一因であると考えられる。

8-2. 自動溶接の適用例

配管分野では、小径管のノンフィラーティグ自動溶接機やステンレス鋼およびCr-Mo鋼配管向けの全姿勢ティグ自動溶接機が開発され、現場工事でも適用されている。ノンフィラー溶接は開先をI形開先で実施することがほとんどであり、全姿勢ティグ自動溶接では初層の裏波を凸ビードにするために、U形開先で溶接することが多い。

一方、導管溶接ではマグ溶接による自動化が実用化されている。開先角度は被覆アークで通常用いられる60°V形開先より狭開先が使用されることが多く、現状では40°V形開先が主流であり、最近では30°V形開先で施工する例も出てきている。溶接は初層から全てマグ自動溶接で実施する場合と、初層、2層目を手動のティグ溶接で実施し、残層をマグ自動溶接で実施する場合がある。初層から全てマグ自動溶接で実施する場合には、**図6**に示す銅裏当て金付きのインターナルクランプなどを用いて、銅板上に裏波溶接を実施する。現場での溶接状況を**図11**に示す。溶接は各層ごとに20~30分割で溶接条件を制御しており、トーチの上下・左右倣い機能を具備している装置も多い。またほとんどの装置がモニタカメラで溶接部を監視する機能が付いており、溶接士は遠隔で溶接を実施することができる。これらの自動溶接の課題は更なる高能率化であり、1つのガイドレールに2つの溶接ヘッドを搭載するタイプや、1つの溶接ヘッドに2つのトーチを搭載するタイプも実用化されている。



図11 導管での自動溶接

8-3. 自動溶接の今後

配管溶接はプレファブ化が更に推進されても現場溶接は必ず存在し、その溶接は固定管の全姿勢裏波溶接になる。また導管溶接はほとんどが現場溶接である。このような現場溶接では自動化・機械化はあまり進展していないが、近年プラントそのものが大型化してきており、それに伴い配管も大径・厚肉化してきている。そのため能率向上の面からも自動化のニーズは高まってきている。一方、第1報³⁾で述べたように固定管パイプの溶接には高い技量が要求されるため、近年問題化されている高技量者の減少の面からも自動溶接のニーズは高まっている。現場施工を考慮した今後のパイプ自動溶接は、高機能性よりも現場での使い勝手を考慮し、コンパクトで汎用性の高い機能が求められていくものと考えられる。

9. おわりに

パイプ溶接の特徴、溶接方法の概要、パイプ溶接特有の技術、自動化などについて概説したが、信頼性の確保と生産性の一層の向上のための課題は多い。

パイプ溶接は今後もアーク溶接主体で進むものと思われるが、新しい溶接電源など溶接そのものの技術向上の面はもちろんのこと、パイプ溶接独特の周辺技術にも目を向けて、パイプ溶接施工全体の信頼性や生産性の向上を図る必要があると思われる。

参考文献

- 1) 愛知産業株カタログより
- 2) 溶接学会編：溶接・接合便覧 第2版、丸善、2003
- 3) WE-COM マガジン Vol. 5 (2012年7月号)
- 4) WE-COM マガジン Vol. 6 (2012年10月号)