

第4章 溶接施工

《溶接準備》

21 ミグ溶接時のワイヤ径を決める要因は？

Q-21 アルミ合金のミグ溶接において、溶接ワイヤ径の選定は何によって決めるのが良いのですか。板厚によって決まるのですか。被溶接物の材質によって影響されるのですか。溶接ワイヤ径によっては、アークが不安定になる場合もあります。

A-21 アルミ合金のミグ溶接において、溶接ワイヤの径は、採用する溶接電流によって選択されるのが一般的です。但し、溶接ワイヤの種類は、被溶接物の材質によって決まりますので、最適な種類の溶接ワイヤで、適当な溶接ワイヤ径のものが入手できるとは限りません。また、採用する溶接方法によっては、溶接ワイヤ径の適応範囲が少し変わります。

Table 13 には、溶接ワイヤ径と溶接電流範囲の目安を示します。

溶接電流は、被溶接物の板厚や寸法、開先形状、溶接パス数などによって異なりますが、文献2)に示されている標準溶接条件表を参考にするのが良いでしょう。

アルミ合金の溶接では、溶接欠陥の発生と溶接入熱による熱影響に特に注意が必要です。溶込み不良やアンダーカット等の溶接欠陥は、溶接継手部の強度に大きな影

Table 13 溶接ワイヤ径と溶接電流範囲の目安

| アルミ合金のミグ溶接 | |
|--------------------|-----------------------------|
| 溶接ワイヤ径(mm) | 溶接電流範囲(A) |
| 0.6 | 20~50 |
| 0.8 | 40~100 |
| 1.0 | 70~180 |
| 1.2 | (50)110~250 ⁽¹⁾ |
| 1.6 | (70)150~350 ⁽¹⁾ |
| 2.4 | (100)250~500 ⁽¹⁾ |
| 3.2 ⁽²⁾ | 350~650 |
| 4.0 ⁽²⁾ | 400~750 |
| 4.8 ⁽²⁾ | 450~850 |
| 5.6 ⁽²⁾ | 500~950 |
| 6.4 ⁽²⁾ | 600以上 |

注：1. ()内は、パルスミグ溶接における最低電流を示す。
2. 大電流ミグ溶接に用いる。

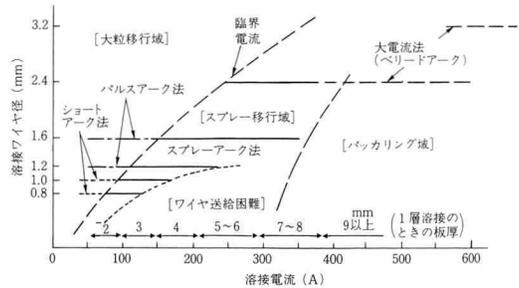


Fig. 38 種々のミグ溶接法の溶接電流と溶接ワイヤ径の適応範囲

響を及ぼします。また、熱処理合金や加工硬化材では、溶接熱影響部の幅ができるだけ少ないことが望まれます。これ等の観点から、被溶接物に応じた適正な溶接電流を採用することが重要です。

Fig. 38 は、種々のミグ溶接法に対応する溶接電流と溶接ワイヤ径の適応範囲を示します。最小電流はスプレー移行が得られる下限（臨界電流、 $\phi 0.8$ mm 溶接ワイヤで約80 A）であり、最大電流はパッカリングが起きない上限電流（約350 A）となります。

更に、溶接ワイヤ径の選定に当たっては、溶接姿勢や溶接速度なども影響しますので、注意が必要です。

参考文献

- 『アルミニウム合金のイナートガスアーク溶接入門講座』(社)軽金属溶接構造協会 p. 15 (平成10年)。
- 『アルミニウムのイナートガスアーク溶接標準溶接条件』(社)軽金属溶接構造協会 p. 4 (平成8年)。

22 アルミニウム合金の酸化被膜が溶接欠陥に及ぼす影響は？

Q-22 アルミニウム合金は、溶接の前処理として酸化皮膜を除去することと本には書かれています。定量的なデータとしてはどんなものがあるのですか。溶接欠陥にどれだけ影響があるのですか。また製品によっては許容できる範囲もあるのではないのでしょうか。教えてください。

A-22 酸化皮膜とは、金属表面に生ずる酸化物の膜のことです。アルミニウムは、極めて酸化し易い金属で、大気中では、非常に融点が高い薄い

ガラス状の酸化アルミニウムを、その表面に生成します。この自然生成した酸化膜は、一般的には2層から構成されており、下層は緻密でアルミニウム素地の上にある活性なバリアー層、上層は水を含む多孔質のバルク層と呼ばれています。

アルミニウムの酸化皮膜の厚さは約10~100 Åであり、その融点は2,050°Cと高く、かつ比重が3.75~4.0であるため、溶融溶接に際しては、酸化皮膜は溶融池内に沈み、更にはこの酸化物の結晶水が分解して、水素を放出するため、溶接金属部にブローホールを残したり、酸化皮膜を巻き込んで欠陥が発生し易くなります。健全な溶接部を得るためには、これらの酸化物を予め除去することが必要です¹⁾。

この酸化皮膜の悪影響は、溶融溶接法の場合だけでなく、固相溶接法においても同様に認められます。特に固相溶接法においては、溶接面を非溶融または極く薄い層だけ溶融して接合するため、溶接面に僅かな酸化皮膜が存在しても、健全な溶接部を得ることは難しくなります。この点が、固相溶接法が、溶融溶接法と比較して工業的に利用する上で劣る大きな理由の一つとなっています²⁾。

酸化皮膜の除去は、健全な溶接部を得るために必要ですが、使用する材料の酸化皮膜が溶接構造物の価値を損なわず使用環境にも耐えて、その溶接継手部の強度が要求強度を満足する場合には、酸化皮膜の除去を許容できる範囲があります。レーザー溶接を行った5083-O材の溶接部のブローホールの寸法が、疲労強度に及ぼす影響について調査された結果、直径0.4 mm以下のブローホールが存在しても、その溶接継手部の疲労強度は殆ど低下せず、母材と同等の値が得られると報告されております³⁾。

アルミニウムの合金組成や製造方法および製造条件によって、酸化皮膜の厚さは異なります。酸化皮膜の厚さを簡便に絶対値で測定する方法が無いことから、酸化皮膜の及ぼす影響についての定量的なデータは見つかりません。しかしながら、酸化皮膜が存在しても、上述の様に溶接製品の外観や要求強度等に悪影響を及ぼさない範囲のブローホールであれば、実用上問題は無いと考えられます。完璧な溶接部を得るのが目的であるならば、酸化皮膜は完全に除去するのが良いでしょう。

参 考 文 献

- 1) 軽金属溶接構造協会：アルミニウム溶接用語、(1992)
- 2) 小林卓郎：金属41、(1971) 5号付録、P. 1~9.
- 3) 堀 久司、堀田元司、牧田慎也、樋野治道：レーザー溶接さ

れた5083アルミニウム合金の機械的性質、軽金属学会第89回秋期大会講演概要 (1995)、P. 321-322.

- 4) JIS Z 3105 (アルミニウム平板突合せ溶接部の放射線透過試験方法—附属書：透過写真によるきずの像の分類方法—)

《施工》

23 溶接開先・裏はつり方法は？

Q-23

アルミ合金の溶接開先や裏はつりの加工方法、また使用治具を教えてください。

A-23

溶接開先の加工工程は、板厚や溶接施工方法などによって変わりますが、一般的に

は、

[切断]⇒[開先加工]⇒[脱脂]⇒[酸化皮膜の除去]の順に行われます。

シャー切断やプラズマ切断などの方法では、切断面をそのまま開先として生かす場合もありますが、開先面が必ずしも均一でない場合もあり、開先面付近に異物が付着している場合もありますので、溶接に先立ち十分な処理が必要です。

自動溶接法を採用する場合や、精度が厳しい製品を施工する場合などは、開先加工も高い精度が要求されますので、機械加工されることが多いようです。このための工作機械として、プレーナ、シェーパー、ミーリング、旋盤などの一般工作機械の他に、据え置き型や可搬型の各種開先加工機も市販されています。

薄・中板を手溶接する場合には、切断面をカッター(ハンド型グラインダーに切削刃を取り付けたもの)や、ヤスリなどを使用して簡単に仕上げ、I開先又はV開先として、そのまま溶接されることもあります。

中・厚板の場合は、V開先やX開先が必要になりますが、板厚30 mm程度までであれば、ベベラーを用いたり、先に述べた可搬型の開先加工機を使用すると、効率的な場合が多いようです。

なお、開先面を仕上げる時に、通常の砥石グラインダーを用いますと、母材が熱影響を受けたり、切削と粒が母材に食い込むなどの悪影響がありますので、使用は極力避けた方が良いでしょう。砥石グラインダーを使用した場合には、その後、ステンレス鋼製のワイヤブラシ等を用いて、開先表面を十分清浄にする必要があります。

Fig. 39~44 にアルミ合金の加工に用いられる各種工具の例を示します。

溶接継手の第1層目には、溶込み不良やブローホールなどの欠陥が発生し易く、裏溶接を行う前に裏側部分をチッピングなどによりはつり取るのが一般的です。

裏はつりの方法としては、機械切削による方法やチッ



Fig. 39 切断用丸鋸

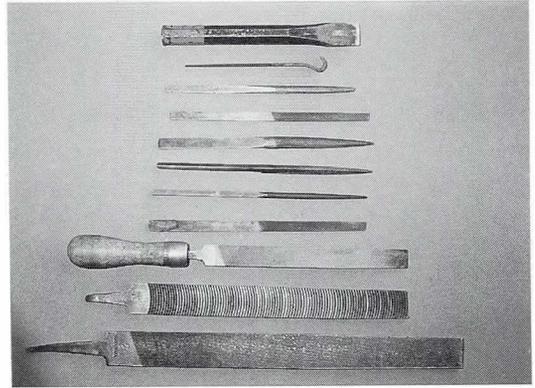


Fig. 42 開先加工及びハツリ用ヤスリ, タガネ

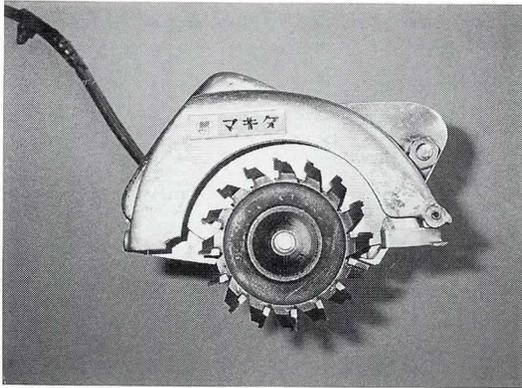


Fig. 40 開先加工・裏ハツリ用カッター

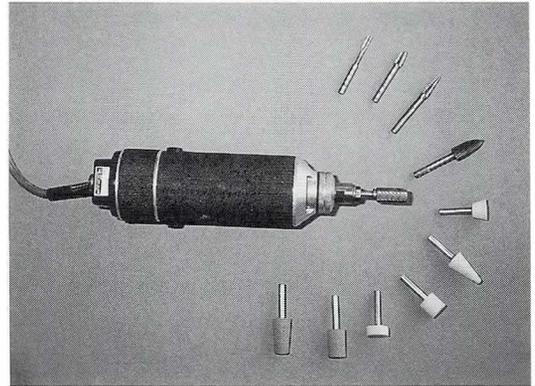


Fig. 43 開先加工及び溶接ビード仕上用リユータ

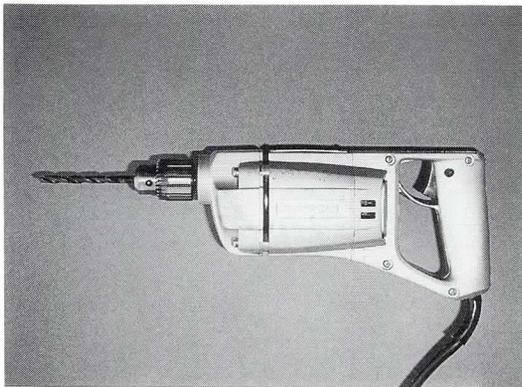


Fig. 41 穴あけ用ハンドドリル

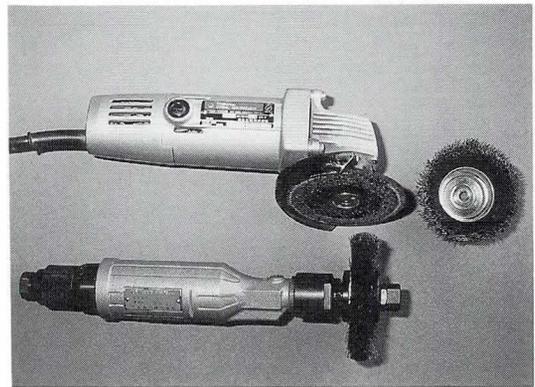


Fig. 44 開先加工及び溶接ビード仕上げ用サンダーとワイヤブラシ

ピングハンマー、カッター、シェーパー、グラインダーなどが有効です。チップングハンマーは、浅い裏はつり用から深い裏はつり用まで、種々の性能のものがありま

す。またタガネも、種々の形状のものがありますので、作業に適したものを選定する必要があります。カッターは、刃をロータリーバーや、チップ付きカッターの適当

なものに取り替えることで、中板程度までの裏はつりは可能です。但し、狭隘な部分では刃が弾かれる場合がありますので、安全上の注意が必要です。

超硬カッターを用いますと、アルミ合金の切粉が体に付着したり、溶接機に混入して大変です。先ず作業者は、保護具を着用することが必要であり、溶接機は、切粉が入らないように養生するか、作業に支障のない範囲で移動させることが必要です。

裏はつりも開先加工の一部と考えられ、両面溶接では、欠陥のない健全な溶込みを得るため、裏側から、表側ビードの溶接金属部が現れるまで、裏はつりするのが普通です。目視で観察しながら、欠陥が無くなるまではつり取り、PT（カラーチェック）などの検査で、欠陥が無いことを最終的に確認し、洗浄液で十分に清浄にした後、溶接を行います。

裏溶接は、表溶接と対称的に行う場合と、裏ビードを完全なものにするために1~2パスのビードを置く場合があります。対称的なビードにする場合には、開先を表と裏がほぼ同じとなるようにしたり、裏はつりを考慮して、表側の開先を少し深くする場合があります。後者の場合には、裏はつりは、母材板厚の半分程度を上限として行います。何れの場合にも、欠陥が無くなるまで均一にはつる必要があります。

参考文献

1) 軽金属溶接構造協会：アルミニウム合金構造物の溶接施工管理，—Ⅳアルミニウム合金の容接施工—，P. 61~64.

24 片面溶接法の留意点は？

Q-24

片面溶接法について紹介して下さい。ルートギャップ、電流値、裏当て材料を含めてお願いします。

A-24

片面溶接法は、造船所を中心に発展してきました。当初はサブマージアーク溶接法による片面自動溶接が主流でしたが、徐々に炭酸ガスやマグ溶接の片面溶接法の採用が増加しています。片面溶接法を採用することによって、反転作業が不要、裏はつり工程の省略、溶接作業の合理化、省力化が推進出来るためです。

しかしながら、アルミニウムおよびアルミニウム合金の突合せ溶接においては、一般に表裏各層側から1層あるいは多層溶接されることが多く、この場合、裏はつり後に裏面側の溶接が行われるのが普通です。構造物の寸法的あるいは形状的な制約から、表側ならびに裏側からの溶接が不可能な場合や、あるいは所要の厚さの材料に

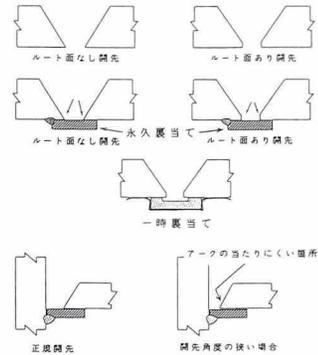


Fig. 45 標準的な片面溶接法の開先形状

対して、溶接条件に余裕のある場合などには、しばしば片面溶接法が採用されます。

片面溶接を行う場合には、両面溶接を行う場合と比較して留意すべき点が幾つかあり、それらを良く理解して施工する必要があります。開先面やビード間には、融合不良が発生し易く、これらの原因としては酸化物の存在、溶込み不良などが考えられます。Al-Mg系溶接部の融合不良部を分析した結果、 $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 、MgOなどが認められており、これらの融点が高いために、そのまま残存した場合には、溶込み不足が生じて、融合不良となるものと推定されております。従って以下の点に留意すべきでしょう。

- (1) 開先角度が狭くなるほど、クリーニング作用が開先面に働き難く、酸化皮膜が残存し易くなりますので、開先角度を少し広くする。
- (2) ルート間隔が狭いと、裏波ビードが十分には形成されず、ルート面に存在する酸化皮膜が溶融金属に囲まれて、溶融されないまま裏側に移動し凝固するため、融合不良が発生します。またルート間隔が広過ぎると、裏波ビードが過大に出たり、溶落ちが生じたりしますので、ルート間隔は0.5 mm~1.0 mm程度が適切です。
- (3) アーク長が過大になると、開先底部に融合不良が発生し、裏波を削除しても欠陥が残存します。Fig. 45には標準的な片面溶接法の開先形状を示します。ルート面を残すと裏ビードの形成には有利ですが、反面、上述のような融合不良が発生し易い傾向があります。開先底部の角にアークが当たるように開先角度とルート間隔の関係を調整する必要があります。

T継手の片面溶接では、開先内面の全てにアークが当たるように開先を広げるが、ルート間隔を大きくする必要はありません。

溶落ちを防ぎ、均一な溶込みを得るためには、何らかの裏当てが必要で、裏当てには、母材と同材質の永久裏当ての他に、一時裏当てとして銅、ステンレス鋼などの金属材料や耐火性のある材料やシリカ系の耐火粒子をバインダーで押し固めたウエルディングバックアップテープなどが実用ないしは検討されております。

何れにしても、溶接金属の溶落ち防止目的の他に、裏当ての使用に際しては、溶接部に発生するブローホールやポロシティなどの溶接欠陥についても考慮し、裏当て材料に応じた溶接加熱の制限や溶接施工条件の管理が重要となります。特に低融点共晶成分の形成や偏析を伴い易いアルミニウム合金では、初層溶接ビードに対して次の溶接パスによって過度な溶接加熱を加えると、前層の溶接金属部に粒界溶解や共晶融解割れが生じて、継手強度の低下につながる恐れがあります。

参考文献

- 1) 杉山：住友軽金属技報，Vol. 11, No. 2, P. 38.
- 2) 杉山：軽金属溶接，Vol. 16 (1978), No. 11, P. 513.
- 3) 「溶接技術」，Vol. 42 (1994), No. 2, P. 85.
- 4) 田中：溶接技術，Vol. 36 (1988), No. 4, P. 141.

25 自動溶接施工時のノイズとその対策は？

Q-25

自動溶接施工のノイズおよびその対策について教えてください。

A-25

溶接用ロボットをはじめとして自動溶接システムには、様々な制御を行うためのコンピュータが組み込まれておりノイズに対して非常に影響を受けやすくなっています。

一方、溶接機は、大電流によるアーク放電を熱源に利用したものであり、大きなノイズ発生源と言えます。そこから発生する代表的なノイズには、高周波ノイズとインバータノイズがあります。

高周波ノイズは、アーク起動時およびアーク安定用に印加される出力20～30 W、周波数100 kHz～10数 MHzの高周波によるもので、インバータノイズは定常時インバータによる電流の瞬時の極性切替や周波数制御により発生するものであります。いずれも溶接機周辺の制御装置の誤動作やモニターTVの雑音としてあらわれます。

最近ではティグ溶接機等でのアーク起動を高周波に代わって直流高電圧を印加する方式や、溶接機内部側でノイズ対策が施されるようになってきており、影響度は随分軽減されてきています。しかしながら設置環境や使用機器によってはこれらノイズによるトラブル対策が必要になってきます。Fig. 46にノイズの伝搬を示します。

このようなノイズの基本的な防止対策としては、

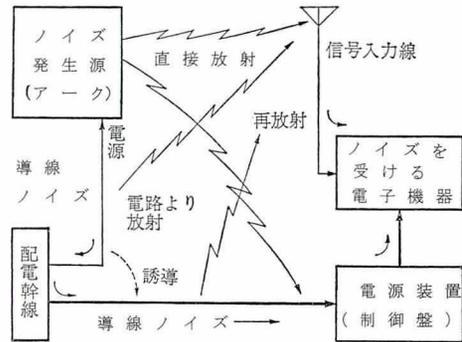


Fig. 46 ノイズの伝搬経路

- ① 導線ノイズに対しては、自動溶接システムを構成する溶接作業台、溶接電源、制御盤等の接地を確実にを行うこと、各機器の入出端子にコンデンサやフィルタを取り付け、ノイズを吸収し、侵入経路を断つこと等の方法が有効です。
- ② 放射ノイズに対しては、ノイズ発生源からプログラムコントローラなどのコンピュータ機器をできる限り離して設置すること、さらには銅あるいはアルミニウムのような電気抵抗の低い金属板や金網でノイズ受信側をしゃへいすることも効果的です。

しかし実際には、侵入経路が一つではなく複数の場合もありますが、そうでない場合も非常に多いです。

最後に自動溶接システムが誤動作した時の対処の仕方については、最初に装置の故障によるものか、ノイズの影響によるものかを的確に見極める必要があります。機器の故障の場合は現象が永続的であったり、不規則であったりしますが、ノイズの場合は誤動作が規則的に生じることが多い。その場合そのタイミングで動作している機器を見定め、原因をつかんだ上でそのノイズ対策を多面的に根気よく実施することが必要になってきます。

参考文献

- 1) 荒木庸一：電磁妨害と防止対策，東京電機大学出版。
- 2) 「溶接技術」，Vol. 44 (1996), No. 2, P. 12.

26 アルミでの直流ティグ (DCEN) 溶接の留意点は？

Q-26

アルミ合金のDCENティグ溶接では、電極先端を母材表面より低く設定するようになっていますが、実際の施工はどのようにすれば良いのですか、教えてください。

A-26

アルミ合金のDCENティグ溶接法は、交流ティグ溶接法のように、アーク陰極点

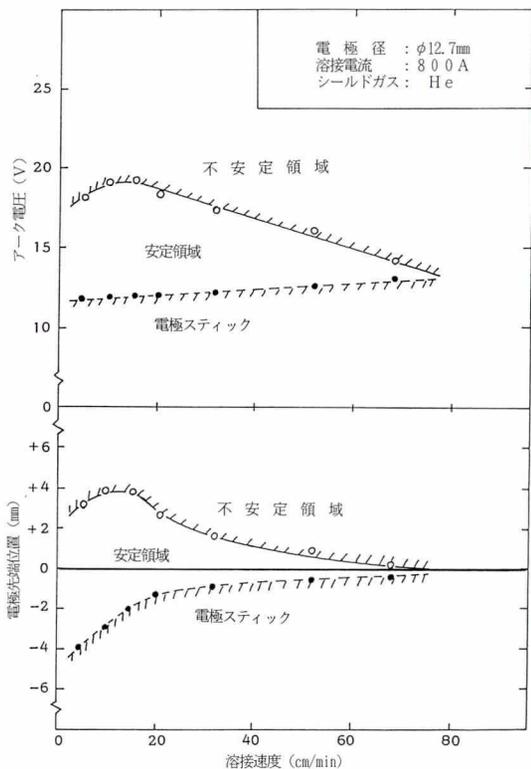
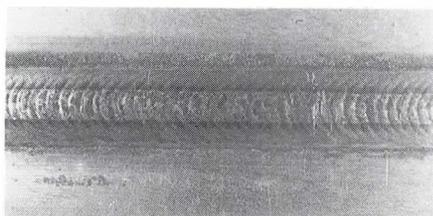
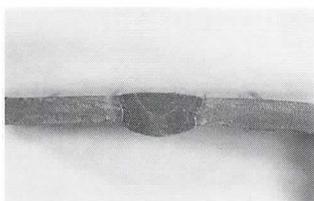


Fig. 47 DCEN ティグ溶接におけるアーク安定領域



ビード外観



マクロ断面

Fig. 48 DCEN ティグ溶接によるアルミニウム薄板の突合せ溶接例

の移動によるクリーニング作用は期待出来ませんが、熱集中性が良いこと、深溶込み溶接部が得られること等の

特長があります。この場合、電極と母材間の距離は、溶接性に大きな影響を及ぼすことが知られています。

例えば、電流値が500 A を越えるような大電流にて、厚板のアルミニウムを溶接するような場合には、Fig. 47に見られるように、電極先端位置が母材表面付近になるように設定するとアークが安定します。あまり電極先端を母材表面よりも下に潜らすと、電極がスティックし、逆に母材表面よりも上に電極位置を上げ過ぎると、溶融池の不安定現象、いわゆるパッカリング現象が発生するようになります。

薄板の溶接の場合も、ほぼ同様のことが言え、電極先端と母材間の距離は、0.5 mm~1 mm 程度を維持して、集中したアークでビード幅が広がらないように溶接します。

またシールドガスは、Ar よりも He を用いた方が、酸化膜の覆い程度が少なく、溶接の作業性が優れます。Fig. 48 には、He ガスでシールドを行い、DCEN ティグ溶接を実施した溶接ビードの外観を示します。

参考文献

- 岡田ら：アルミニウム合金の大電流 DCSP ティグ溶接について、軽金属溶接, Vol. 15 (1977), P. 15~24.

27 LNG タンクの溶接施工時の留意点は？

Q-27 LNG タンクの溶接におけるキーポイントは、どんな点ですか、教えてください。

Q-27 アルミニウム合金製 LNG タンクには陸上で貯蔵する平底円筒厚板式の LNG 貯蔵タンクと LNG 船に搭載される LNG 格納タンクがあります。何れも材料は5083-O 厚板であり、信頼性に大きな影響を与える溶接には高度の技術と品質管理が要求されることでは両者共通であるが、LNG 船の場合、過酷な荷重条件下で使用されるため設計思想が異なる。ここでは LNG 船アルミタンクの溶接に主眼を置いて要点を述べることにします。

LNG 船のアルミニウム合金製タンク形式には、モス方式の自立球形タンクと SPB 方式の自立方形タンクの2形式があり、何れも IMO タイプ B に分類され、自立式タイプ B は次の3つの要件を満足するように設計されます。

- 疲労亀裂が発生しないこと。
- 仮に建造時の検査で見逃した初期亀裂があっても、これが就航中に大きく進展しないこと。
- 仮に最も条件の厳しい個所に貫通亀裂があっても、この亀裂が大きく進展する前に十分な余裕を

持ってリークによって検知できること。

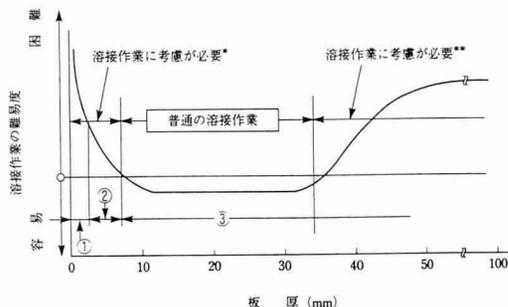
以上の要件を満足させるために、いわゆるタイプB解析と呼ばれる詳細な応力解析、疲労及び破壊解析が行われ、これら要件にリンクして材料、加工、溶接、検査等、綿密な施工、品質管理を実行し保証されます。

モス球形タンクは、5083-O材の板厚30~60mm(赤道部160~170mm)程度の厚板シェル構造が主体であり、一方SPB方形タンクは板厚15~25mmの皮板とT型の形材(何れも5083-O材)とからなる板骨構造です。

5083-O材厚板の溶接性の改善、各種溶接欠陥の防止、大電流ミグ溶接及び全姿勢自動ミグ溶接など総合的な溶接技術は、1970年から1980年にかけて陸上のLNG貯槽(20000~80000m³, 23基)の建造において既に確立されており、LNG船用のタンクはこれらの応用問題であったと考えて差し支えありません。

Fig. 49は5083-O材の板厚に対する溶接作業の難易度を示したものです¹⁾。板厚35mm程度を越える厚板のミグ溶接では、材料並びに溶接施工に特別な配慮をしない場合、微小割れ及び融合不良など欠陥のない健全な溶接金属を得ることは困難です。以下に補修溶接ゼロを目標とした5083厚板溶接技術の要点を述べます。

- 母材及び溶加材(5083/5183): JIS規格範囲内で強度、延性、溶接性(耐微小割れ、作業性)を考慮して主要化学成分、不純物、及び結晶粒微細化のために微量添加するTi-Bの管理限界(微量定量分析を含む)を、又押出形材については表面粗大結晶が生じない条件を協定する。主要1次構造板材は全数超音波探傷試験(UT)を実施。
- 切断加工: 超高速ダイヤモンドカッターを持つNC“エンドミル”又はこれと同等の高精度切断面とし、



- (注) 1. 板厚に対する溶接法
 ①: 主としてTIG溶接
 ②: MIG溶接またはTIG溶接
 ③: 主としてMIG溶接(大電流MIG溶接を含む)
 2. 溶接作業に考慮を必要とされる事項

| | * | ** |
|---|-----------|---------------|
| 1 | 溶接金属の微小割れ | |
| 2 | 気孔の発生 | 融合不良 |
| 3 | 溶接変形 | 溶接角変形 |
| 4 | 継手強度低下 | 溶接入熱増大→継手強度低下 |

Fig. 49 溶接構造物における5083-O材の板厚と溶接作業の難易度との関係¹⁾

後工程の寸法精度及び溶接品質を確保する。

- 溶接欠陥の防止^{2),3),4)}
 - 微小割れ: 有効かつ無害範囲で微細化元素を微量添加した母材及び溶接ワイヤを使用するが、厚板多層盛溶接では余盛削除した最表面層に発生しやすいので、最終層ビードのオキシレーション幅及び層間温度の制御が重要である。
 - ブローホール: シールドガスの露点管理(屋内で

Table 14 SPB LNG タンクの各ステージにおける溶接法

| 種別 | 項目 | 溶接装置 | 溶接法 | シールドガス |
|-----|----|---------------------------------|----------|--|
| 小組立 | | フラットバー自動溶接装置 | MIG溶接 | Ar |
| | | フェースプレート自動溶接装置 | MIG溶接 | Ar |
| | | 自動MIGすみ肉溶接装置 | MIG溶接 | Ar |
| わく組 | | 溶接ロボット | MIG溶接 | Ar |
| 板継 | | 大電流MIG自動溶接装置 (アークモニタシステムを搭載) | 大電流MIG溶接 | Ar |
| 大組立 | | 自動MIGすみ肉溶接装置 | MIG溶接 | Ar |
| 総組 | | 自動MIG溶接装置 | MIG溶接 | <ul style="list-style-type: none"> Ar [Ar]+[He(50%)] (横向突合せ溶接のみ) |

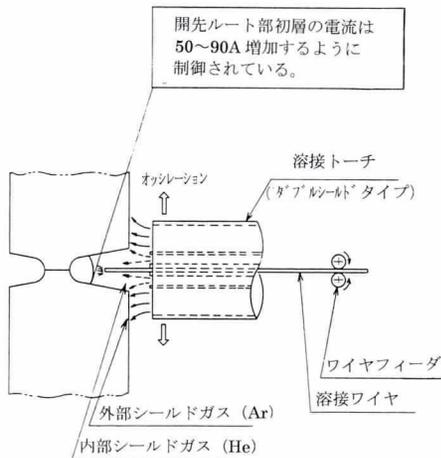


Fig. 50 NHA 狭開先溶接法概念図⁶⁾

Ar ガス100%の場合 -60°C, Ar+He の場合 -45°C (以下) 溶接ワイヤ表面結露防止装置を採用. Ar+He 混合ガスは場合によりブローホールの防止に有効. X線検査でJIS 2類 (旧2級) 以上であれば通常の管理状態であると判断される.

- 3.3 融合不良: 35 mm 程度を超える厚板ではシールドガスとして Ar+He 混合ガスの使用は不可欠と言える. He の混合量は主として溶接姿勢により適量を決める. 溶接各層ごとに開先内ビード表面形状が適正となる条件制御を行う.
4. 溶接作業: LNG 船タンクの溶接は溶接内部品質のみならず, 疲労強度, 溶接部非破壊検査 (染色探傷試験: 突合せ, 隅肉ともに100%, 放射線透過試験又は超音波探傷試験及びその両者: 継手の重要度に応じ100%~抜き取り試験組合せ) の精度を高めるためにもビード表面形状特にビード止端部は滑らかであることが必要である. 従って溶接内部及び表面形状品質を制御した自動溶接が突合せ, 隅肉共にほぼ100%採用される. 板継工程ではポジションナーにより両面1層の大電流ミグ溶接が100%, 大組ブロック及び総組工程では突合せのほぼ100%を全姿勢自動ミグ溶接, 同一パターンの繰返しとなる枠組隅肉溶接にはミグ溶接ロボット100%, 小組立から総組各工程で隅肉溶接のほとんどを溶接線コーナならい, 枠目構造の溶接終始端残しを無くすためにトーチの移動と回転機能, 隅肉止端部を滑らかにするオシレーション機能等を具備した各種の簡易型自動溶接装置を自社開発し活用しており, その一例を Table 14 にしめた⁵⁾. 又モス球形タンクでは超厚板が多用されるので, NVA 及び

NHA 法と呼ばれる開先角度20度程度の狭開先立向 (横向) ミグ溶接が使用され, 品質及び能率の向上が図られており, その一例を Fig. 50 に示した⁶⁾.

参考文献

- 1) 簗田: 日本造船学会誌, 第530号, 1973/8.
- 2) 簗田: 船の科学, Vol. 47, 1994/10.
- 3) 簗田: 船の科学, Vol. 47, 1994/12.
- 4) 簗田: 船の科学, Vol. 48, 1995/2.
- 5) 奥井, 伊藤, 土屋: 石川島播磨技報, Vol. 34, No. 4, 1994/6.
- 6) 西垣, 横内, 大谷, 藤井: 船舶・海洋とアルミニウム, 軽金属溶接構造協会, 1990/11.

《シールドガス》

28 シールドガスの種類と使用上の留意点は?

Q-28

アルミニウム合金のアーク溶接で使用するシールドガスには, どんな種類があるのですか. また, 使用する上でどんなことに注意すれば良いのですか, 教えてください.

A-28

アルミニウム合金の汎用的な溶接方法としては, ティグ溶接およびミグ溶接等のイナートガスアーク溶接法があり, アルゴン, ヘリウム, およびこれらの混合ガスがシールドガスとして用いられています^{1),2)}. これらのシールドガスの種類と組成は, 採用される溶接方法, 母材の板厚, 溶接姿勢, 求められる溶接継手部の品質, 等によって選択されます.

まず交流ティグ溶接では, アルゴンが最も多く利用されていますが, アルゴンにヘリウムを添加しますと, アークの熱効率が増して溶接能率が向上します. 例えばヘリウムを30%程度添加した場合は, 良好なクリーニング作用を維持しながら, 溶接の高速化が可能です. また, DCENの自動ティグ溶接にはヘリウムが用いられ, 深溶込みでビード外観が優れた高速溶接が出来ます.

次に, 直流ミグ溶接には, やはりアルゴンが最も多く利用されていますが, アルゴンとヘリウムの混合ガスも最近使用される傾向にあります. Fig. 51 に, アルゴンとヘリウムの混合割合を種々変化した場合の同一見かけアーク長とアーク電圧との関係を示します. アルゴンにヘリウムを添加していくに従って, 同じアーク電圧に対する見かけのアーク長が短くなります. これは, ヘリウムの方がアルゴンよりも電位傾度が大きいためであると考えられます. 溶接ビード断面形状に及ぼすシールドガスの影響ですが, アルゴンの場合には, ビードの中央部分が深く溶け込むフィンガー型形状となるのに対して, ヘリウムの場合には, 全体的に大きく溶け込む鍋底

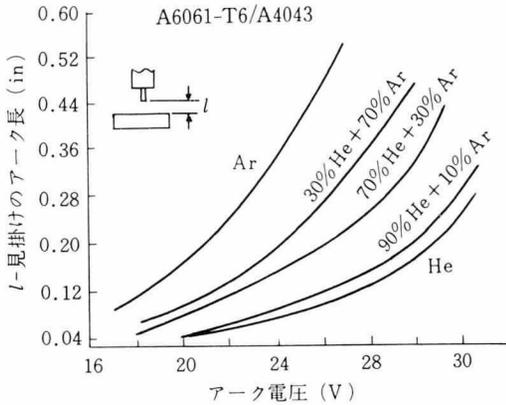


Fig. 51 アーク電圧と見かけのアーケ長の関係 (ミグ溶接, 電流180 A)

型形状となり, アルゴンとヘリウムの混合ガスの場合には, その中間形状となります。

アルゴンを用いた場合には, 溶込み形状から推察されるように, 溶接金属の中央部分にガスが捕捉され易く, ブローホール等の要因となったり, 溶接トーチの狙い位置に十分気を付けないと溶込み不良や融合不良が発生することがあります。

これに対して, アルゴンにヘリウムを添加したガスを用いると, 上述のような問題点が軽減され, 高速溶接も可能となります。ヘリウムの混合比率としては, 約40%~80%程度の場合が多く, ヘリウム単体ではアークが不安定になり, かつアークスタート性が劣化するため, 一般的には採用されません。

また, アルゴンに窒素や酸素を添加した混合ガスを用いると, ブローホールが減少すると言う報告²⁾も見られますが, 未だに定量的な評価には至っておらず, 更に, 何れのガスを添加しても溶接ビード外観は著しく劣化す

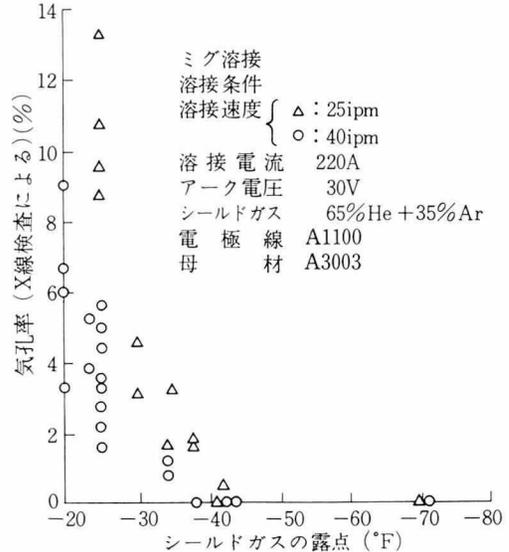


Fig. 52 気孔生成に及ぼすシールドガス露点の影響

ると言う欠点があるため, 窒素や酸素を添加する場合には十分な注意が必要となります。

一般的に, アルミニウム合金の溶接においては, ブローホール等の溶接欠陥が発生し易く, その主要因である水素源の多くは大気中の水分であると言われています。この点で, シールドガスの役割は大きく, 当然ながらシールドガスの露点管理や供給方法には細心の注意が必要です。例えば Fig. 52 は, 気孔生成に及ぼすシールドガス露点の影響を示したものです。気孔防止のためには, その露点を -40°C 以下にする必要があります。また Table 15 には, シールドガスホースの材質, ホース長さ, ジョイント数, 流量による露点の変化を示しますが, これらの要因が露点に及ぼす影響についての注意が

Table 15 アルゴンガスホースの露点測定結果

| 種類 長さ ジョイント数 (l/min) Ar 流量 | ビニールホース | | | 硬質テフロンホース | |
|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | ホース長 1 m | ホース長 10 m | ホース長 11 m | ホース長 10 m | ホース長 11 m |
| | ジョイント数 2 | ジョイント数 2 | ジョイント数 6 | ジョイント数 2 | ジョイント数 6 |
| 50 | -60°C | -49.5°C | -49°C | -64°C | -63.5°C |
| 30 | -58.5°C | -47°C | -46°C | -61.5°C | -63°C |
| 10 | -50.5°C | -38.5°C | -37.5°C | -50°C | -55°C |

備考 1) 測定時間 2~3分

2) ジョイント数 2 ガス配管と直結
ジョイント数 6 溶接機的气体回路を通し, トーチ入口で測定

3) 直読式の露点指示計を利用 (試料ガスに接する鏡を液体窒素で冷却し, 鏡の表面に結露する温度を熱電体により測定する方法)

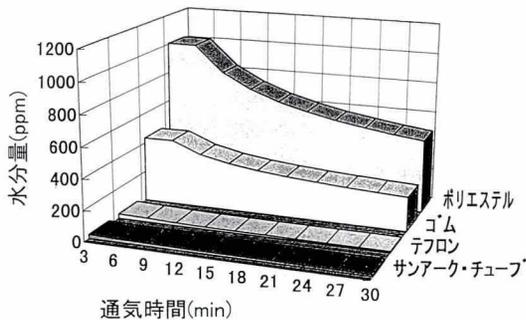


Fig. 53 各種ガスホースの水分放出特性

必要です。Fig. 53にはシールドガスの露点に及ぼすガスホースの各種材質の影響を示しますが、汎用的に用いられているゴムホースでは、十分に低い露点を実現することは困難です。最近では、テフロンの作業性の悪さを改善した高品質な溶接ガス専用ホースが市販されており、適切なガスホースの選択もアルミニウム合金の溶接には重要です。

シールド条件に及ぼすその他の注意点としては、トーチ高さ、トーチ角度、コンタクトチューブとノズル先端との距離、ガス流量、等があります。

参 考 文 献

- 1) JIS Z 3604『アルミニウムのイナートガスアーク溶接作業標準』。
- 2) アルミニウム及びアルミニウム合金溶接部の気孔発生メカニズム, (社)軽金属溶接構造協会, P. 56~58.

29 溶接時のシールドガスの流量は?

Q-29

アルミニウム合金の溶接において、シールドガスの流量はどの位にすべきですか?

A-29

アルミニウム合金は酸化し易いため、アルゴン、ヘリウムなどの不活性ガス(イナートガス)をトーチから流して、溶接部を大気から遮断する必要があります。このシールドガスは、ティグ溶接やミグ溶接などの溶接法や、母材の板厚、溶接姿勢などによって適切な管理が求められます。

溶接に使用するアルゴンガスは、JIS K 1105に規定されている1級、2級のいずれでもよいが、2級のアルゴンには、酸素と水分は1級の2倍、窒素は酸素量の4倍として計算することになっておりますので、適用する溶接構造物の要求品質レベルによっては、配慮が必要である。Table 16には、JIS K 1105に規定されているアルゴンの品質を示します。

ヘリウムあるいは、(He+Ar)の混合ガスをシールド

Table 16 JIS K 1105に規定されているアルゴンの品質

| 項目 | 等級 | 1 級 | 2 級 |
|------------|----|----------|---------|
| | | 純度 v/v % | 99.99以上 |
| 酸素 v/v ppm | | 10以下 | 20以下 |
| 窒素 v/v ppm | | 50以下 | — |
| 水分 v/v ppm | | 10以下 | 20以下 |

参考：水分を mg/l 又は露点温度に換算するには、JIS K 0512 (水素) の表 2 (露点と水分量) を用いる。

ガスとして使用する場合には、アーク電圧が高くなり、同一電流での溶接入熱が大きくなります。またアーク長さが変化した場合のアーク電圧の変化が大きいため、アーク電圧の精密な制御が必要となります。

シールドガスの流量と、採用するノズルの大きさについては、経験的に決められておりますが、流量が過大になるとガスの流れが乱れ周囲の大気を巻き込む結果となり、溶接欠陥発生の原因となります。このため、適正なシールドガスの流れを形成するためには、ガスの流量とノズルの大きさ(口径、長さ)の関係に注意を払う必要があります。また、薄板のティグ溶接を行う場合、過大なシールドガスによっては溶接部が冷却され、溶融池の形成に多少の遅れが発生する場合があります。

大まかなアルゴンガスの流量としては、板厚 1 mm ~ 8 mm 程度の突合せ手動ティグ溶接では 5 ~ 10 l/min、板厚 12 mm 程度になれば 15 l/min 程度です。但し、板厚 8 mm 以上の DCEN ティグ溶接では 30 ~ 35 l/min 程度の流量が必要です。板厚 2 mm 以上の T 継手で手動ティグ溶接の場合には、6 ~ 12 l/min 程度の流量となります。また、管の手動ティグ溶接では、管の肉厚によりますが、6 ~ 16 l/min 程度のアルゴン流量となります。半自動ミグ溶接では、手動ティグ溶接の場合の約 2 倍程度のアルゴン流量が必要であり、板厚に応じて 13 ~ 30 l/min 程度となります。

具体的な溶接条件としては、(社)軽金属溶接構造協会が発行している『アルミニウムのイナートガスアーク溶接標準溶接条件』を参考して下さい。

参 考 文 献

- 1) 軽金属溶接構造協会：アルミニウム合金構造物の溶接施工管理—II アルミニウム合金の溶接法及び溶接機器, p. 28~30.
- 2) 軽金属溶接構造協会：アルミニウムのイナートガスアーク溶接標準溶接条件.

30 予熱が必要な場合とその予熱基準は？

Q-30

一般にアルミニウム合金の溶接では予熱は行いませんが、板厚の厚い部材同志を溶接したり、板厚差の大きな部材同志を溶接する場合には、予熱をして溶込み易くすることがあります。この場合の予熱基準を教えてください。標準では150℃以下と言う記述がありますが、実際には、200℃を越えております。

A-30

アルミニウム合金を溶接する場合、予熱をしないことが原則ですが、板厚が20～30mm程度の厚い板材を交流ティグ溶接法のように比較的低電流で溶接する必要がある場合には、200℃程度の予熱を行った方が、溶接欠陥の発生防止、あるいは作業能率の向上に効果的であることが確かめられております。

Fig. 54には、T継手溶接試験における予熱温度と溶接割れの関係を示しますが、予熱は溶接割れの緩和に効果があります。

しかしながら、この予熱は、O材やF材に対してのみ行われるもので、加工硬化材や熱処理材に対しては原則として実施されません。

予熱温度は、一般に200℃以下、加工硬化材や熱処理材の場合は、100～150℃以下を目安とします。これは、アルミニウムが低融点材であるので、材料を溶かさないようにするためであり、更に加工硬化材では、規定温度を越えると焼なまされたり、結晶粒が粗大化して脆化し、材質劣化につながるためです。また熱処理材では、局所的な粒界融解が生じ、引張強さ、衝撃値、曲げ延性などの機械的性質が悪くなるなど、種々の実験データが報告されています。総合的に見た場合、予熱温度は200℃以下にしなければなりません。

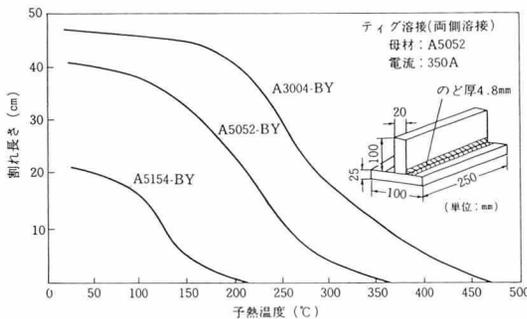


Fig. 54 T継手溶接試験における予熱温度と割れの関係

- 1) 「アルミニウム合金構造物の溶接施工管理」、一アルミニウム合金の溶接施工—P. 52, (財)軽金属溶接構造協会。
- 2) 松本, 加藤, 小林: 5083合金厚板ティグ溶接について, 軽金属溶接, No. 191 (1978), P. 505.
- 3) アルミニウム合金ミグ溶接部の溶接割れ防止マニュアル, P. 51, (財)軽金属溶接構造協会。
- 4) JIS Z 3604「アルミニウムのイナートガスアーク溶接作業標準」。

31 多層盛溶接での層間温度は？

Q-31

アルミニウム合金の多層盛り溶接を行う場合、層間温度はどの位にすべきですか、教えてください。

A-31

層間温度とは、多層溶接を行う場合に、次の層の溶接を始める直前の溶接部の温度を言います。開先間隔が広い場合には、1層を複数のパスで溶接することがありますが、次の溶接パスを始める直前の溶接部の温度を「パス間温度」と言うこともあります。

多層溶接を行う場合に層間温度が高くなり過ぎないように注意する必要があります。この理由は、次の溶接入熱によって、溶接ボンド近傍の熱影響部に、しばしば微小な割れ（マイクロフィッシャー microfissure）が発生するためです。

この割れは、加熱された結晶粒界に発生するものであり、その生成過程は Fig. 55 の模式図に示されております。加熱され局部的に融解した結晶粒界（段階2）は、再凝固する際に（段階3）、熱収縮や外部拘束力によって変形し、段階4に至る過程で、収縮孔として残留する

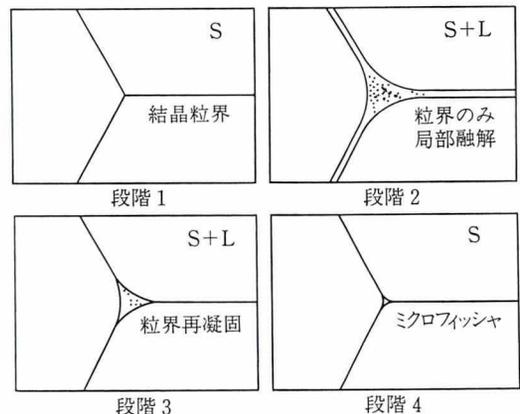


Fig. 55 アルミニウム合金溶接部における融解割れの生成過程

結果となります。

このように、マイクロフィッシャーは、次の溶接入熱が大きいほど、また層間温度が高いほど発生し易くなりますので、層間温度を管理する必要があります。アルミニウム合金の溶接割れ感受性は、合金成分の影響が顕著ですが、層間温度が80℃以上になると、マイクロフィッシャーが顕著に発生して、継手強度の低下を招くことになります。このため、一般的には層間温度を70℃以下にすることを標準と考えればよいでしょう。

参 考 文 献

- 1) アルミニウム合金構造物の溶接施工管理、—Ⅳアルミニウム合金の溶接施工—、(社)軽金属溶接構造協会。

32 層間温度の許容限度ならびに予熱温度のそれとの関係は？

Q-32 アルミの多層溶接を行う場合、層間（パス間）温度は以前のJIS Z 3232によれば、俗に「人肌」の温度といわれる40℃以下との記述がありました。

その一方で、Q & A 31では、層間温度として、80℃以上は避けて70℃以下とのことでした。

又、Q & A 30では予熱温度として、JIS Z 3604の引用で、母材によっては200℃や100～150℃以下、でした。この予熱温度は機能的あるいは本質的には層間温度と同様な効果をもたらすと考えられます。

参照する文献によって、推奨される層間温度が異なるように見受けられますが、いったいどれを指針とすれば適切なのかをご教示願います。

A-32 まず、層間温度を70℃以下とか40℃以下というように比較的低温に保つ必要があるのは、Q & A 31の回答にありますように、マイクロフィッシャー（熱影響部での結晶粒界の再溶融による微小割れ）を防止するためです。この割れは「再熱割れ」ですから、層間温度と次パスの入熱の加算によって、その影響度が左右されるものです。「次パスの入熱」というパラメーターがありますので、層間温度だけではマイクロフィッシャーの発生度合いを予測することはできませんが、多層溶接の場合、層間温度が低いほど「再熱割れ」は防止できるわけです。

Q & A 31の記述にある70℃の表現は、層間温度が80℃を超えるとマイクロフィッシャーが著しくなることから出された数値ですが、温度計も手元にないような実際の施工現場においては、「人肌＝40℃以下」で管理したほうがより安全サイドである、といったことに背景がある

ようです。

実際の機械試験に供する溶接試験材作製においては、筆者の知る限り「現場の常識」として、層間温度は40℃以下が守られているようです。機械的性能を重視するために、最大限、マイクロフィッシャーを防止するのは当然のことと言えるでしょう。

《欠陥防止》

33 ブローホールの発生原因とその防止策は？

Q-33

アルミニウム合金のブローホール発生原因とその防止策について教えてください。

A-33

アルミニウム合金溶接構造物の溶接施工における手直し工事の大部分は、ブローホールに起因すると言われており、ブローホールの防止策の確立が強く望まれております。

(社)軽金属溶接構造協会では、昭和46年に設置された「気孔防止対策委員会」が8年に及ぶ研究委員会を開催して、気孔の発生、防止策に関する具体的かつ系統的な研究がなされ、『アルミニウム合金ミグ溶接部の気孔防止マニュアル』を発行しております。

ブローホールの発生防止策として特効薬はなく、配慮しなければならない管理項目を、着実に確認することが求められます。

まず、ブローホールの発生原因が水素ガスであることが明らかにされております。その水素源としては、

- (1) 母材や溶接材料の表面に付着または吸着された水分、有機物、腐食生成物
- (2) 母材や溶接材料に固溶している水素
- (3) シールドガス中の水素および水分
- (4) アーク雰囲気中に巻き込まれた大気中の水分であると言われております。

従って、ブローホールの防止策を検討するに際しては、施工準備段階ならびに施工段階において、水素源の排除、溶接中のブローホールの浮上逸出の観点から、緻密な配慮を行うことが重要です。溶接構造物の設計段階においても、溶接の作業姿勢、トーチ操作、板厚の組合せ等の作業性の向上を常に念頭に置いた考え方が求められます。更に、材料の保管や運搬、治具の製作、設備機器の保守点検等の溶接施工をバックアップする対策を忘れてはなりません。

Fig. 56には、溶接部のブローホール（気孔）防止に関する特性要因図を示しますが、手順としての管理手法を以下に挙げて示します。

- (1) 母材と溶接材料の保管方法を徹底する。
- (2) 溶接開先部の前処理を十分に行う。

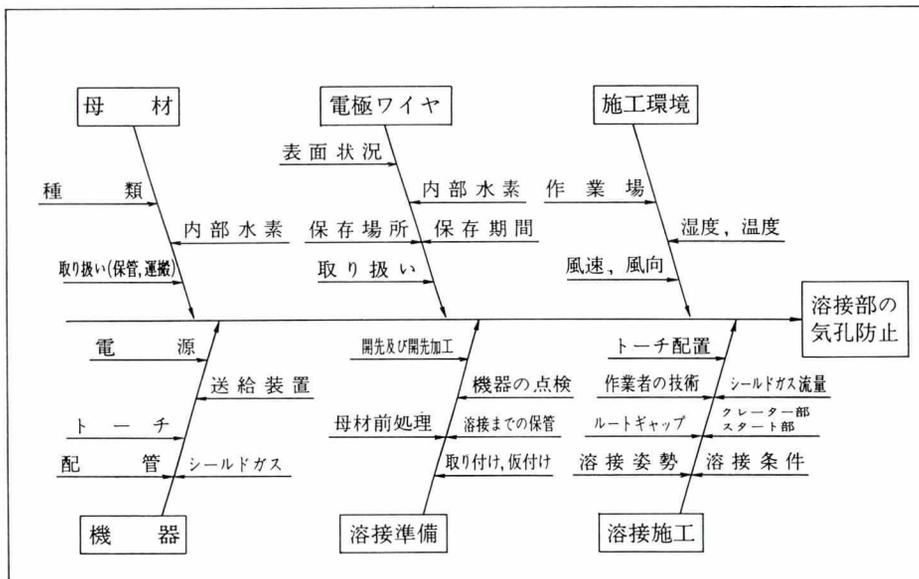


Fig. 56 溶接部のブローホール防止に関する特性要因図

- (3) 仮付け溶接から、本溶接までの開先部の保護と汚染の防止を図る。
- (4) シールドガスのトーチノズル部での露点の管理を行う。
- (5) 溶接ワイヤの円滑な送給を可能とするように、ワイヤ送給装置の選択と保守点検を行う。
- (6) シールドガスの効果を確保するために、溶接は屋内で行うことを原則とし、屋外にあっては防風対策を講じて、風速 1 m/s 以下の無風に近い状態にする。
- (7) 溶接姿勢は下向きと立向きで行えるように準備し、横向きや上向き姿勢の溶接は避ける。
- (8) 溶接作業環境として、相対湿度は85%未満にする。
- (9) 溶接条件の選定に際しては、溶接電流とアーク電圧のバランスに注意し、極端なロングアークやショートアークとなる条件を避ける。
- (10) 溶接の開始部やクレータ部のブローホールについては、完全に除去するか、タブ板に逃がす方を講じる。

参考文献

- 1) 軽金属溶接構造協会：アルミニウム合金ミグ溶接部の気孔防止マニュアル。(昭和54年発行)
- 2) 軽金属溶接構造協会：アルミニウム及びアルミニウム合金溶接部の気孔発生メカニズム。(昭和57年発行)

34 アルミニウム用溶接材料の保管方法は？

Q-34

アルミニウム合金は、鉄鋼材料と比較して溶接部にブローホール（気孔）が発生し易いと言われておりますが、溶接材料の保管には、どのような点に留意すれば良いのでしょうか。

A-34

アルミニウム合金の溶接部に発生する欠陥は、気孔、融合不良、溶込み不足、割れ等が主なものですが、これ等の欠陥の内、気孔は、他の材料と比較して発生頻度が高く、アルミニウム合金の特徴的な欠陥の一つと言われております。

気孔を形成するガスは、大部分が水素ガスであり、この水素源としては、母材および溶接材料の表面に付着または吸着した水分や有機物や腐食生成物、また母材および溶接材料に固溶している水素、シールドガス中の水素や水分、溶接中に巻き込まれた大気中の水分と言われております。

以上のことから、アルミニウム合金の溶接材料の保管に関しては特に注意が必要とされております。

工場で溶接材料を保管する際には、湿気、ほこり等の付着を避けるために、厚手のポリエチレン等の袋に入れ所定のケースに収納し、出来れば温かい乾燥した場所にて、戸棚や容器に保管するのが望ましい。従って、取り扱う際には、素手や汚れた手袋は避け、清潔な手袋を使用する。

健全な溶接継手を得るためには、包装された溶接材料

を開封して、速やかに使用することが望ましいが、残材は、厚手のポリエチレン等の袋に乾燥剤と共に収納して、厳重に包装しておくことが必要である。

アルミニウム合金溶接材料の一般的な保管要領を整理すると以下の通りとなる。

- (1) 使用前は勿論のこと、一部使用した後も、湿気、ごみ、ほこり等の付着を防止するために清潔なポリエチレン等の袋に入れ、所定のケースに収納して、乾燥した所に保管する。
- (2) 取り扱う際には、清潔な手袋を使用し、素手や汚れた手袋は用いない。
- (3) 使用の途中と言えども、現場に長く放置せず、床張り倉庫で、急激な気温の変化や湿度の上昇する場所を避ける。
- (4) 倉庫中でも、窓や入口の近くは避け、長期間の野積みは避ける。
- (5) 溶接材料の種類を明確にし、種類の異なる溶接材料を混同しないようにする。

参 考 文 献

- 1) 軽金属溶接構造協会：アルミニウム合金構造物の溶接施工管理—Ⅰアルミニウム合金材料—, P. 61~62.
- 2) 軽金属溶接構造協会：アルミニウム合金のイナートガスアーク溶接入門講座, P. 12.
- 3) 軽金属溶接構造協会：アルミニウム合金ミグ溶接部の気孔防止マニュアル, P. 1~2.
- 4) 軽金属溶接構造協会：アルミニウム及びアルミニウム合金溶接部の気孔発生メカニズム, P. 3, 22.

35 加工品の溶接歪み発生防止と歪み取り方法は？

Q-35

アルミニウム合金を用いる加工品の溶接ひずみ発生防止法（防止器具を含む）と、ひずみ取り方法を紹介して下さい。

A-35

アルミニウム合金は、鋼と比較して線膨張係数が約2倍であるために、溶接ひずみの発生量が大きくなり、発生した溶接ひずみの除去も難しいとされています。従って、溶接構造物の製作に当たっては、溶接施工上で配慮することはもちろんのこと、設計段階においても溶接ひずみの軽減対策を講じておく必要があります。溶接ひずみの発生防止とひずみ取り方法は、原理的には鋼の場合と同じですが、物理的性質の違いとして、融点が低いこと、柔らかいこと、弾性係数が小さいことなどに注意が必要です。

溶接ひずみの軽減方法としては、以下の方法があります。

- (1) 広幅の板または押出型材などを使用して、基本的には溶接線を可能な限り少なくする。
- (2) 溶接開先、すみ肉寸法を適正にして、溶接金属量を少なくする。
- (3) 溶接による角変形、収縮量を予め予測して、適当な方法で逆ひずみを取るか、縮み代を見込んで施工を行う。Table 17には、アルミニウム合金の溶接による収縮量の例を、またFig. 57には、逆ひずみ法の例を示します。
- (4) 開先合わせ、仮付け溶接の段階で精度良く組み立てを行う。

Table 17 アルミニウム合金の溶接による収縮量の例（板底4.5~16 mm） 単位：mm

| 収縮の方向 | 突合せ溶接 | 連続すみ肉溶接 |
|---------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 縦 収 縮 (溶接線方向) | 0.5~1.0/1000 | 0.5~1.0/1000 ²⁾ |
| 横 収 縮 (溶接線に直角方向) | 1.5~3.0 ¹⁾ / 溶接線1本当たり | 0.5~1.2 ²⁾ / 溶接線1本当たり |

- 注：1) 溶接開先の形状、ルート間隔、溶接条件などにより、比較的大きく変化する。
2) すみ肉の大きさ、溶接する板の寸法、溶接条件などにより変化する。また、断続すみ肉溶接の場合は、一般にこの数値は約1/2程度の収縮量と考えてよい。

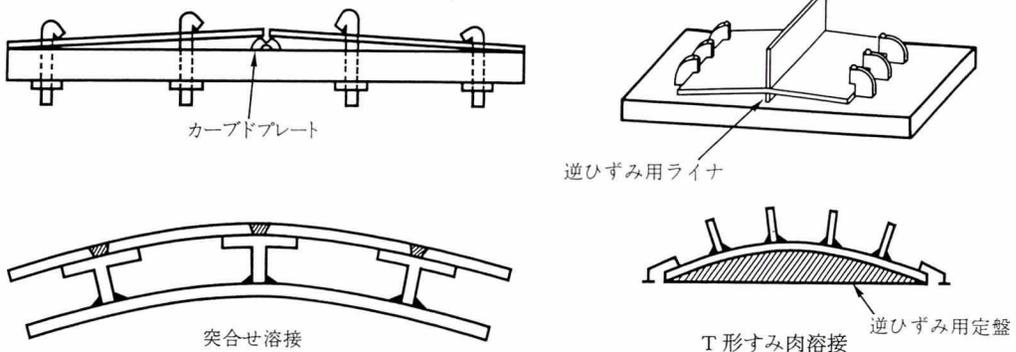
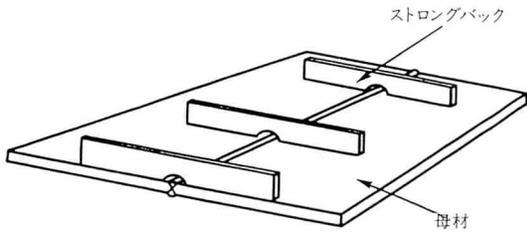
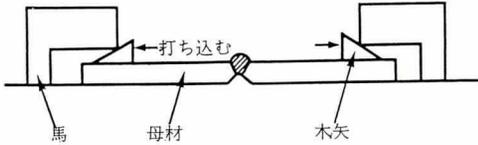


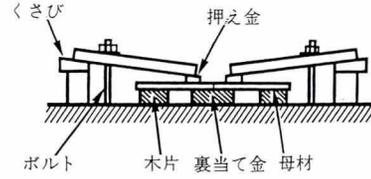
Fig. 57 逆ひずみ法の例



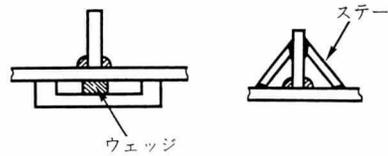
(a) ストロングバック



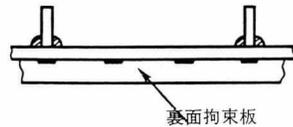
(b) 馬と木矢による拘束



(c) クランプする方法

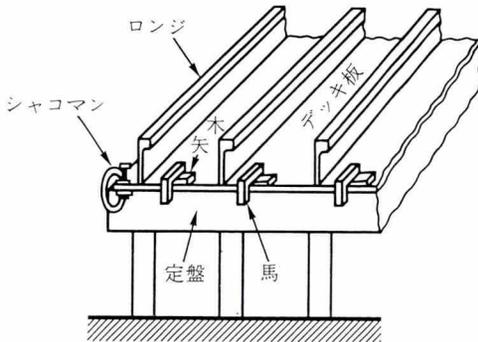


(d) ウェッジ又はステーによる拘束

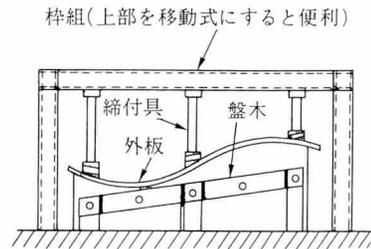


(e) 裏面拘束板

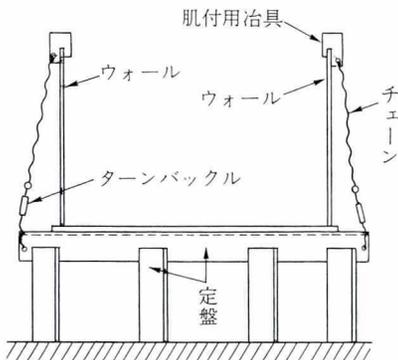
Fig. 58 板継ぎ溶接用および隅肉溶接用拘束治具の例



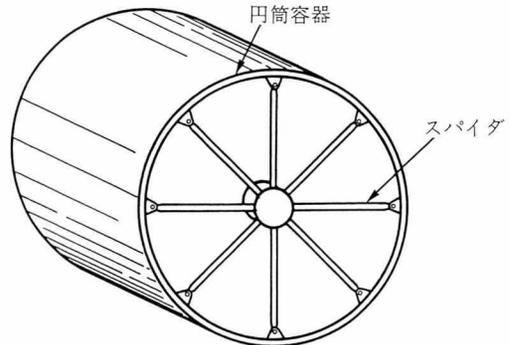
(a) 木矢と馬によるデッキ板の拘束



(b) 門型組立用治具



(c) チェーン、ターンバックルを用いたブロックの組立て



(d) スパイダによる拘束

Fig. 59 組み立て用拘束治具の例

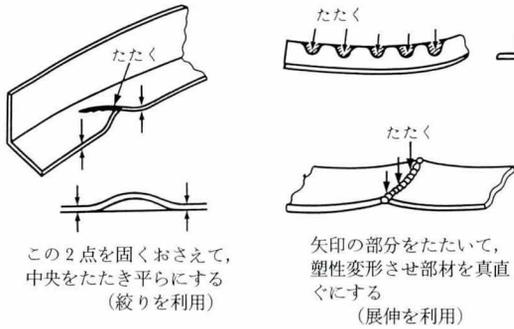
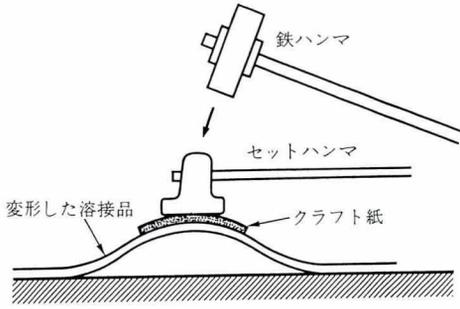


Fig. 60 ハンマ打ちによるひずみ取り要領

(5) 溶接順序および組み立て順序の適否は、溶接ひずみの発生量に著しく影響しますので、以下の項目を考慮して施工を行う。

- ①収縮量が最も大きいと考えられる継手を最初に溶接する。
- ②溶接の順序は、原則として対称的に行う。
- ③個々の溶接は、フリーエンドへ向かうのを原則とする。

(6) 大型のブロックの組み立てに当たっては、組み立ての各段階で部材のひずみ取りを十分に行う。

(7) 構造物の寸法形状、溶接位置、溶接法などにより、それぞれに適した拘束方法、治具を適用する。例として、Fig. 58には板継ぎ用の拘束治具を、Fig. 59には組み立て用の拘束治具を示します。

溶接ひずみの除去方法には以下の方法があります。

(1) 機械的方法によるひずみ取りには、ハンマ打ちのような動的な打撃を与えて変形させ矯正するか、プレス等によって静的に矯正します。いずれの場合も、アルミニウム合金は鋼よりも柔らかいため、母材に傷をつけないようにクラフト紙、木材、ゴム等で被覆する必要があります。Fig. 60には、ハンマ打ちによるひずみ矯正方法の例を示します。

Table 18 加熱方法の種類と特徴

| 焼き方 | 特徴 | 焼き方 | 特徴 |
|------|----------------|-------|----------------|
| 線状加熱 | 背焼き 比較的厚板用 | 点焼き | 薄板用 |
| 三角焼き | 曲がり取り しほり加工 | 凹部加熱法 | 加熱後 裏面よりたたく |

Table 19 加熱限界温度

| 合金 | 質別記号 | 加熱限界温度(°C) | |
|------|---------------------------|------------|-------|
| | | 加熱急冷 | 加熱加工 |
| 1100 | —O | 450以下 | 400以下 |
| | —H112 | 300以下 | 300以下 |
| | —H12, —H22, —H14, —H24 | 200以下 | 200以下 |
| 3003 | —O | 450以下 | 400以下 |
| 5052 | —H112 | 350以下 | 350以下 |
| 5083 | —H | 300以下 | 250以下 |
| 6063 | —T4, —T5, —T6 | 250以下 | 250以下 |
| 7N01 | —T4, —T5, —T6 | 300~350 | 200以下 |

(2) 部材を局部的に加熱急冷して、ひずみを取る方法があります。Table 18に加熱方法の種類と特徴を示します。加熱急冷または熱間加工によってひずみ取りを行う場合には、Table 19に示す加熱限界温度を厳守する必要があります。

(3) 鉄道車両の外板のような薄板に発生するひずみ取りは、加熱急冷とハンマ打ちを併用するのが良いようです。

(4) 小組み立て工程で発生したひずみは、その工程で除去するのが原則です。ひずみ取り方法は、部材の形状、ひずみの種類、発生位置によって異なりますが、加熱法と機械的拘束を併用するのが効果的です。

(5) 中・大組み立て工程にて発生するひずみは、角変形と収縮が複合したものが主です。このような場合も、拘束して加熱するのが良いようです。

参考文献

- 1) 軽金属溶接構造協会：アルミニウム合金の溶接ひずみ防止マニュアル、(昭和57年11月)
- 2) 軽金属溶接構造協会：アルミニウム合金のイナートガスアーク溶接入門講座、(1994年6月)

36 スポット溶接での欠陥と抑制策は？

Q-36 アルミニウム合金の抵抗スポット溶接において、発生しやすい欠陥と、その抑制対策について、具体的な手法を踏まえて説明して下さい。

A-36 抵抗スポット溶接における代表的な欠陥としては、ナゲット（溶融部）の径不足や溶込み不良、割れやブローホール、表散りや中散り、表面の過大な窪みや材料の浮き上がりなどがあります。以下に代表的な溶接欠陥についての発生原因と防止対策について説明します。

(1) ナゲット径の不足

電流不足、通電時間の不足、加圧力の過大などが発生原因として上げられますので適正化が必要です。実ワークの場合には、更に既溶接点を介しての分流が生じ、溶融に必要な有効電流が不足することがありますので、溶接ピッチの確保にも留意が必要です。

(2) 溶込み不足

電極先端の曲率径が過大の場合には、発熱した熱が電極側に奪われ過ぎることなどが原因と考えられます。電極径や先端径を適正化することが必要です。比較的薄い材料や、固有抵抗の差異が大きい材料の組合せを溶接する場合には、ナゲット部の断面観察などを行い、溶込みを確認しておく必要があります。

(3) 割れやブローホール

加圧力不足や電流過大などが原因と考えられ、適正化

が必要です。後熱電流や鍛圧を加えて防止を図ることも可能ですが、その値やタイミングにも留意が必要です。

(4) 表散り

加圧力不足や過大電流などの入熱過大や、電極先端径の過少による発熱の過集中などが原因と考えられます。もちろん、材料表面に抵抗の大きい皮膜があったり、電極チップ先端がいびつであったりすることも原因となり得ますので、事前に調整が必要となります。

(5) 中散り

基本的には表散りと同様ですが、更に縁距離が短か過ぎたり、上下電極軸がずれていたり、滑ったりして、溶融した金属をうまくホールド出来ない場合にも発生しますので、ハード面も含めた適正化が必要です。

(6) 表面の過大な窪みや材料の浮き上がり

過大電流や過大加圧力などが原因と考えられます。また、電極先端径が小さ過ぎて、単位面積当たりの加圧力が高過ぎたり、発熱周囲部を押さえられなかったりすることも考えられますので、電極形状の適正化も必要となります。

参 考 文 献

- 1) WES 7302-1979『スポット溶接作業標準（アルミニウム及びアルミニウム合金）』