連載講義

溶接技術への手引き*

成田 圀 郎**

Guidance to Welding Technology*

by Kunio Narita**

2. 良い溶接を作るには

2.1 溶接作業者の技量と溶接の品質

2.1.1 技能・技量と溶接

溶接という言葉は、材料を接合する方法を示している。しかし、溶接で物を作るということになると、材料をくっつけるだけの技能だけでは良い物はいできない。特に、溶接構造物の大型化、複雑化や使用条件・使用環境の多様化が進んだ今日では、材料・構造及び使用目的に合った最善の溶接を行うには、技能以外の多くの条件が大きなウェートを持つようになってきた。

かつて、炭素鋼の溶接が支配的であったときは、欠陥の防止と溶接部の性能の向上に、予熱と遅い冷却速度は万能薬であった。ところが、今日の焼入れ焼戻し鋼では、高いパス間温度と遅すぎる冷却速度は溶接熱影響部の性能を悪くするため、これらの条件に制限が加えられている。オーステナイト系ステンレス鋼の溶接では、水素による低温割れの問題がなく、逆に高温割れと材質の劣化を防ぐために予熱や徐冷は好ましくない。

複雑な構造や特殊な継手形式・形状では、通常の溶接では発揮される技量がそのまま発揮されるとは限らない。また、このような場合には、一般に期待できる継手精度や、溶接姿勢と運棒の自由度が得られないことが多い。このようなことは、建設現場で継手の加工が行われるときや、補修溶接でもよく起こることである。

溶接施工は、一般に溶接施工要領書と図面に従って行われるが、施工の際に起こるすべての問題の解決法が要領書に書かれているわけではない。タッ

ク溶接(仮付溶接)に割れが生じた、溶接中に構造物が著しく変形した、溶接部の非破壊検査で不合格が出た、都合で施工が中断されたため溶接面がさびた、などのことは施工中、時に起こることであるが、その解決は技量ではカバーしきれない。

2.1.2 技量資格と溶接

手溶接や半自動溶接の品質(及び全体としての経済性)に、溶接作業者の資格と能力が大きく影響することはよく知られている。しかし、このことを逆に考えて、溶接作業者個人又はグループの腕が良ければ必ず良い溶接ができると思い込むのは大きな間違いである。

最も単純に考える人は、溶接作業に対応する技量資格を持っている作業者が行った溶接は大丈夫と信じている。しかし、同じ資格を持っている溶接作業者の腕は同じレベルではなく、ある最低線が予期されるに過ぎない。また、同じ作業者でも、ずっと続けている作業の場合と、急に、全く異なる作業についた場合とでは、発揮する能力にかなりの違いが出てくる。

軟鋼を、イルミナイト系や鉄粉酸化鉄系の溶接棒ですずっと溶接してきた人が、急に調質高張力鋼やクロムモリブデン鋼の溶接を命ぜられても、すぐにはうまくできない。長年薄板を主として溶接した人に、同じ棒径の溶接棒で中板を溶接させると、電流調整のけんとうがつかないことがある。現実には、同種同径の溶接棒でも、溶接する品物の厚さや大きさによって、同じ電流値での溶込みの状態が変わり、最適な電流値もこれに応じて変わる。

実際に、材料の種類、形状(板、管、型材など)、厚さなどによって、同じ突合せ溶接でも開先形状が異なり、また、寸法精度が違うためあって、開先精度も一様にはできない。ベベル加工と組立作業の品質によっては、図面は同じであっても、

*原稿受付 昭和59年11月5日

**正 員 日本鋼管(株)技術開発本部企画部

実際の開先にはかなりの違いが出る。

更に、予熱の有無及び条件によっては、同じ作業者が同じ条件で溶接しても、ある場合には割れが発生したり著しい熱影響部の硬化が生ずる。後熱や PWHT が必要なときに、これを忘れたり、省略したり、間違った条件で行うと、使用中に割れが発生したり、著しい応力腐食割れの被害を受けることになる。

2.1.3 技量検定試験と資格

他の多くの資格と同じように、溶接作業者の技量資格は、溶接技術検定試験という試験に合格することによって得られる。試験は、溶接を行うのに必要なすべての項目について行われるわけではなく、単純化された試験材の溶接を行い、これについて目視及び破壊（例えば曲げ）又は非破壊試験によって合否を判定する。基本級については、学科試験が行われることもある。

したがって、技量資格は技量のすべてを表すものではなく、ある試験に合格した結果である。同じ技量資格を持っても、実際の技量又は能力は人によって大きな違いがある。一人前の溶接作業になるには、技量資格を取得するだけでなく、その上に多くの経験が必要であり、その中には溶接技術者や溶接指導者による指導・教育や自己啓発、相互啓発が重要な要素として含まれる。

更に、長期の有効な作業経験を積んでも、溶接構造物・材料などの違いによって、技量や能力の質は一様にはならず、異質なものとなる。溶接作業者といえども、幅広い能力を発揮して成果を挙げるためには、ある程度の技術的知識を持つことがぜひとも必要である。また、このような努力を積み重ねることが、将来溶接指導者あるいは溶接技術者へ進む道を切り開くことになる。

2.2 溶接作業者と溶接施工

良い溶接・良い溶接構造物を作るということを溶接作業を行う立場から見ると、作業又は作業者に与えられる条件と、作業者が実施する項目とに分けて考えることができる。後の章でも述べるが、よく忘れられることがある項目について、次に簡単に述べる。

(1) 溶接に影響する条件（与えられるもの）

これには次のようなものがある。

① 母材の溶接性は第一に重要であるが、常に溶接の立場だけで母材を選ぶことはできない。溶接製品の使用目的・使用条件によっては、溶接し

にくい母材を使用しなければならないこともある。

② 溶材も、母材と同様に、溶接しやすいものを選定されとは限らない。これらの場合には、溶接施工を慎重に計画・実施する必要がある。

③ ポジショニングによる溶接姿勢の改善、溶接継手位置と溶接の難易、組立・溶接順序、斜め T 継手などの特殊な形状の継手、溶接に対する障害物の有無と程度などの問題があり、その条件と対応措置によって作業の対処が変わる。

④ エンドタブの材質・形状は一般には作業側の問題である。スカラップの形状・寸法は、ここで止まる溶接の端部がエンドタブや回し溶接によって正規に施工できるものでなければならない。リブやスチフナなどの回し溶接を行う端部の形状にも注意が必要である。

⑤ 余盛の形状も作業側の問題である。

⑥ タック溶接ではタック溶接の低温割れ及び

図 2.1 エンドタブ

図 2.2 スカラップ

図2.3 回し溶接

収縮割れの防止と、溶接進行中に著しい変形やルート間隔の変化を生じないタック溶接の配置と施工が重要である。ピース類の溶接では、母材への溶接の影響、除去及び後始末について十分考慮すべきである。

⑦ ガウジングの方法とこれを考慮に入れた開先形状の設定。鋼種によるガスガウジングの使用制限、ガウジングの施工及び欠陥除去法を確実にするための施工方法と教育。

⑧ 溶接作業者のみならず、関連工程の監督指導者及び作業者の教育と管理が重要である。

⑨ 基本的には、作業者が安全感を持って安定した作業ができる条件の確保である。通路、はしご、足場、作業空間、照明、防寒・防暑措置、風雨のシールドなどの整備。

⑩ 加工・組立精度、切断面の品質、溶接面の清浄、材料及び部品の取扱運搬による損傷の防止など。

①～⑩のほか、溶接後熱処理（応力除去焼なまし）や溶接した部材の塑性加工などの問題もある。また、これらの条件はそれぞれ独立したものではなく、互に関連している。したがって、溶接関係者は個々の単独の知識をいくつか寄せ集めるだけではなく、これらの関連と全体のイメージをつかむべきである。

これらの条件は、一般に溶接技術者が主管するか又は関与する問題であるが、溶接作業の成果に大きく影響する。溶接指導者はいくつかの条件について溶接技術者を補佐するので、これらのこと

を知っている必要がある。

溶接作業者は、良い溶接を作る立場からは、これらの点について折にふれて知識を広げ、溶接の基本を知って作業することが望まれ、また、これが優れた溶接作業者への道となる。

(2) 良い溶接と溶接条件（作業で実施するもの）

これは各種溶接方法による溶接施工の基本条件で、電流、電圧、溶接速度、予熱・パス間温度、後熱、裏当て、シールドガスなどの項目がある。ここでは手溶接及び半自動溶接を念頭に置いて主な項目を検討する。

(i) 電流値 適正電流範囲は溶接棒ごとに定められているが、実際の作業での適正電流値は、棒種・棒径・姿勢のみでなく、溶接されるものの厚さや大きさで変わる。同じ厚さでも小さいものと大きいものでは、大きい方に対する適正電流値が高い。したがって、試験材の最適電流と実物の最適電流とは、細かくいえば異なる。

(ii) アーク電圧 手溶接ではアーク電圧だけを取り出して計測するのは困難であり、アーク長を目安とする。自動・半自動溶接ではアーク電圧を設定し、制御する。

(iii) 溶接速度 他の条件とともに溶込み、ビード厚さ、ビード形状に影響する。ウィービングを行うと溶接速度は低下する。

(iv) 予熱・パス間温度 基本的なことは溶接施工要領書に規定される。母材の種類及び厚さ、周囲温度又は母材温度、拘束などの条件やタック溶接、ルートパス等によって細かい配慮が必要である。パス間温度は、硬化及び低温割れ防止のための最低値と、軟化や強度・じん性等の低下を防ぐための最高値の両方が規定されることがある。

(v) 入熱 入熱は、後述の式を用いて、電流・電圧及び溶接速度をもとに計算され、直接メータに示されないの、溶接作業者は入熱の意味と実作業との関係をよく理解している必要がある。

(vi) 後熱 後熱の目的と条件をよく理解し、適切な条件を適用する必要がある。パーナー加熱などによるときは、計画と管理が特に重要である。

(vii) 運棒 運棒は他の条件とも関係があるが、溶接棒種による運棒制限範囲内で行う。仕上げ盛りの各パスの運棒は他の層とは異なる。

(viii) その他 母材へのアークストライクの防止、ビード継目特にルートパスの継目の欠陥防止や発生時の処置を適切に行うべきである。

2.3 製造工程と溶接部の性能

溶接構造物の製造工程と、溶接部の性能との関係のあらましを次に述べる。

図 2.4 溶接関連工程

(1) 設 計 母材の選定、溶接継手設計と応力集中、溶接継手の位置、工場溶接と現場溶接など。これらは、設計部門が溶接技術者と協議して決めることが望ましいが、小さな工事では正規の手順が踏まれないこともよくある。

(2) 材 料 材料の発生条件特に特殊仕様。
例えばラミネーションの検査、焼入れ焼戻し鋼の
溶接後熱処理、低温じん性など。材料保管、管理
における材料誤認、腐食、損傷など。

(3) 塑性加工 加工による硬化、ぜい化割れなどの欠陥の発生、熱間加工の温度不適、加工精度不良など。

(4) 切断及びベベル加工 切断形状，切断精度，切断面の硬化や割れの発生など，溶接される端面（ベベル）の精度と開先面の状態（ガス切断面では表 2.1 参照），自動溶接では特に精度が重要である。

(5) 組立 組立精度すなわち開先の形状寸法（開先角度，ルート面，ルート間隔など），直線度又は真円度，目違い，角変形など，継手の清浄，塗料の状態，組立のためのジグ，ピース類

表2.1 ガス切断面の品質等級

	要 因 及 び 記 号	等 級				
		1	2	3	4	
1	上 縁 の 溶 け (M)	M1	M2	M3		
2	平 面 度 (F)	F1	F2			
3	粗 さ (R)	R1	R2	R3		
4	ノ ッ チ (N)	N1	N2	N3		
5	ベベル精度 ベベル角度(A)	A1	A2			
6	開先の深さ(H)	H1	H2			
7	真 直 度 (P)	P1	P2	P3		P4
8	ス ラ グ (S)	S1	S2	S3		級外

の溶接.

(6) 裏はつり 裏はつりの方法、作業者、施工条件、欠陥除去の程度、ガウジング溝の形状、有害な付着物の有無など。

(7) 予熱と後熱　個々の継手に対する予熱条件の確保、予熱範囲の確認、水分がないことの確認、適時の後熱、温度及び時間の確認、

(8) 変形の防止と矯正 過大入熱の防止, 変形防止ジグの使用, 溶接順序と溶着法の選定など. 矯正方法及び施工条件の設定.

(9) 溶接後熱処理など 材料と構造に適した熱処理条件の適用、熱処理時の変形及び割れ（応力集中によるものと再熱割れ）の防止、温度管理、耐圧試験、漏れ試験などの際の安全の確保、

(10) 機器・装置・ジグ類 溶接機器とともに、加工、熱切断、ガウジング等用機器、クレーン、ポジョナ、回転台等の機器、ジグ・組立具等は必要な容量と性能を持ち、かつ、その性能が十分発揮できるように管理する必要がある。