連載講義

溶接技術への手引き*

Guidance to Welding Technology*

成田 圀郎**

by Kunio Narita**

12.3 欠陥の除去と補修

重大な欠陥の補修は、原因の究明、補修溶接施工方法の決定など、溶接技術者の高度の技術的判断を必要とする。一方、ビード形状、アンダカット、著しくない気孔、クレータなどの補修は、あらかじめ定められた施工方法に従って行われる。

補修溶接は一般に拘束が大きく、冷去速度は速く、低温割れが発生しやすい。作業環境や溶接姿勢も制限され、本溶接より悪い条件のことが多い。このため、補修溶接の計画・施工及び管理には、本溶接以上の特別な配慮が必要である。

補修のやり方が悪いと欠陥の発生を助長し、ま

表12.3 ガスシールドアーク半自動溶接で発生する欠陥と対策

欠 陥	原 因	対 策
ブローホール ピ ッ ト	1) ガスシールドが不完全	1) 完全となるように対策をとる（ノズル高さ・ガス流量）
	2) 炭酸ガス中に水分が多い	2) 純度の良いものを使用する（JIS 3種及び溶接用炭酸ガス）
	3) アークが不安定	3) 回路の接続、ワイヤの送給が完全かどうか調べる（潤滑剤・コンジット・チップ）
	4) ワイヤがさびびり吸湿している	4) さびのないワイヤを用い、使用前200℃で1h 再乾燥する
	5) 開先面の汚れが著しい	5) 開先内を清掃する
ス パ ッ タ	1) アーク電圧が高すぎる	1) 適正電圧とする
	2) 溶接電流が低すぎる	2) 適正電流とする
	3) 母材の温度が上がりすぎている	3) 母材の冷却を待ち、次層の溶接を行う
	4) アークが不安定である	4) 回路の接続、ワイヤの送給が完全かどうか調べる（潤滑剤・コンジット・チップ）
アンダカット	1) アーク電圧が高すぎる	1) 適正電圧とする
	2) 運棒速度が速すぎる	2) 運棒速度をスラグが逃げない程度に遅くする
	3) 電流が高すぎる	3) 適正電流に調節する
すみ肉脚長の 不 ぞ ろ い	1) 電圧が高すぎる	1) 適正電圧を使用する
	2) トーチの位置が悪い	2) 適正位置に直す
	3) 運棒速度にむらがある	3) 一定速度で運棒する
ビード 外 観 不 良	1) 電圧が高すぎる	1) 適正電圧を使用する
	2) 運棒が速すぎる	2) 運棒を遅くする
	3) 母材が過熱している	3) パス間温度を低くする
	4) 運棒速度にむらがある	4) 一定の速度で運棒する
	5) ノズルと母材との距離が離れすぎる	5) ノズルと母材との距離を25 mm程度とする

*原稿受付 昭和60年11月6日

**正 員 日本鋼管(株)技術開発本部企画部
Member, Nippon Kokan K.K.

た、材質の劣化などによって構造物の使用性能を損なうおそれがある。特に、欠陥再発生などのために何回も補修を繰り返すと、溶接部が熱及びびずみ（応力）の繰返しによって硬化、ぜい化、組織変化、微小割れの発生などによって大きな品質低下をきたすようになる。したがって補修溶接は計画、施工、管理をしっかり行い、1回で完了するのが望ましい。次に補修の要点を記す。

(1) 欠陥の除去 まず、除去する欠陥がどの範囲にあるかを確かめる。内部欠陥は RT 又は UT により、表面欠陥は VT、MT 又は PT による。それらがグラインダ、アークエアガウジング等で除去し、欠陥が残っていないことを確認する。

割れは、その先端がわかりにくく、また欠陥除去中に割れが伸長するおそれがあるので、適切な位置にストップホールをあけてから除去にかかることもある。

図12.2 ストップホールとガウジング

補修溶接しないときは、欠陥を除去した跡をなだらかに仕上げる。補修溶接するときは、開先の整形を行う。開先面は目視のほか、必要に応じて MT 又は PT を用いて検査する。

(2) 補修溶接 溶接方法は、本溶接と同じか又は補修に適したものとする。主要な溶接継手では、本溶接が非低水素系溶接棒による場合でも、低水素系溶接棒で補修溶接することが望ましい。

低温割れ防止のため、予熱・後熱の採用や予熱温度を本溶接より高めることも多い。高張力鋼などでは、補修溶接ビードの長さは 50 mm 程度以上とし、2層以上溶着する。テンパビードを置き、グラインダで仕上げることも行われる。

溶接施工条件もよく検討して定めたものを守り守る必要がある。重要な溶接は、溶接技術者又は指導者立合いの下に行うべきである。溶材などの管理や取扱いも慎重に行う。

図12.3 テンパビード

(3) 補修溶接の検査 重要な溶接部では、外観検査のほか、少なくとも本溶接と同様の試験検査を受ける。高張力鋼などでは、遅れ割れを見逃さないよう、溶接完了後十分な時間が経過してから正規の非破壊検査を行う。

13. 安全衛生との取り組み方

13.1 溶接と安全衛生

高温と金属の溶融を伴う溶接施工では、溶接特有の安全衛生問題をよく理解し、一般の産業安全・労働衛生に加えて適切な対策を取り、事故や障害の防止を図る必要がある。このことは、溶接技術者、溶接指導者及び溶接作業者のすべてにとって忘れてはならない重要なことである。

13.2 溶接及び関連作業者の保護

(1) 熱・有害光線・ヒュームなど 溶接のアークからは多量のふく射熱と有害光線（可視光線・紫外線など）が放射され、ガス溶接・切断では熱と可視光線・赤外線などが放射される。高温の母材や火花・スパッタ・切断かす・残片などによる火傷にも注意が必要である。

有害光線から眼を保護するには遮光保護具を用いる。可視アーク溶接ではヘルメット又はハンドシールド形の保護面に表 13.1 の基準による遮光度番号のフィルタプレートを取り付けて使用する。フィルタプレートのスパッタ等による損傷はカバープレートを用いて防止する。遮光度番号10程度以上が必要なときは、2枚のフィルタプレートを重ねて用いるのがよい。

ふく射熱や高温の飛散物などによる火傷の防止には前掛け・足カバー・腕カバー・かわ手袋・安全靴などを装着する。これらは感電防止の役割も持っている。スパッタや火花による火傷の防止では、服装にも十分注意すべきである。

溶接及び熱切断作業で発生するヒュームは、じん肺を引き起こす危険があるので、法令で具体的な予防措置が規定され、作業条件によって局所排気装置の設置や呼吸用保護具の着用が義務付けられる。亜鉛やカドミウムめっき、鉛を含んだ塗料、銅合金などから発生する重金属の蒸気又はヒュームは特に有害なので注意を要する。

溶接の際に発生するガスは、アークの近くでは CO、H₂ などであるが、すぐに酸化して CO₂、H₂O になる。条件によっては少量ではあるが CO、NO

表13.1 シャ光番号に対する使用区分の標準

(JIS T 8141)

しゃ 光度 番号	アーク溶接・切断作業 アンペア			ガス溶接・切断作業			
	被覆アーク 溶 接	ガスシールド アーク溶接	アークエア ガウジング	溶接及びろう付 ¹⁾		酸素切断 ²⁾	プラズマジ エツト切断 ア ン ペ ア
				重 金 属 の 溶 接 及 び ろ う 付	放射フラック ス ³⁾ による溶接 (軽金属)		
1.2 1.4 1.7 2 2.5 3	散乱光又は側射光を受ける作業			散乱光又は側射光を受ける作業			
4	—			70以下	70以下 (4d)		—
5	30以下	—		70を超え 200まで	70を超え(5 d) 200まで	900を超え 2000まで	
6				200を超え 800まで	200を超え(6 d) 800まで	2000を超え 4000まで	
7	35を超え			800を超え た場合	800を超え(7 d) た場合	4000を超え 6000まで	
8	75まで						
9	75を超え 200 まで	100以下	125を超え	—	—	—	
10							
11	100を超え	225まで	150以下				
12	300まで	225を超え					150を超え 250まで
13	400まで	300を超え					250を超え 400まで
14	400を超え た場合	500まで					
15	—	500を超え た場合	350を超え た場合				—
16							

注) 1) 1時間当たりのアセチレン使用量(ℓ) 2) 1時間当たりの酸素の使用量(ℓ)

3) ガス溶接及びろう付の際にフラックスを使用する場合ナトリウム 589 nm の強い光が放射される。この波長を選択的に吸収するフィルタ(d と名付ける)を組み合わせ使用する。

例：4dとは、シャ光度番号4にdフィルタを重ねたもの。

備考 1枚のフィルタを2枚にする場合の換算は、次の式による。

$$N = (n_1 + n_2) - 1$$

ここで、N：1枚の場合のシャ光度番号

n₁, n₂：2枚の各々のシャ光度番号

が存在することがある。シールドガスを使用するミグ・ティグ・マグ溶接などでは、狭い場所で酸素欠乏になることがあるので換気に注意が必要である。CO₂のように常温では空気より重いガスでも、溶接直後には高温のため軽く、密閉された場所では上方に集まる傾向がある。

(2) 感電・電撃事故の防止 我が国では、かつて高温高湿の時に溶接による感電死亡事故が多く発生した。死亡事故の大部分は充電部の露出したホルダに関係しており、絶縁形溶接棒ホルダ(安全ホルダ)及び電撃防止装置の普及によって事故は激減した。しかし、溶接の電気回路に露出した箇所があれば、感電事故はなくなる。

感電防止対策の第一は絶縁形ホルダの使用である。当然、絶縁物がとれて充電部が露出したホル

ダを使用してはならない(図9.2参照)。

次に電撃防止装置の使用である。労働安全衛生規則は、導電体で囲まれた著しく狭いところや高所で電撃防止装置の使用を規定している。溶接機は、アークを安定に発生させるため、出力側無負荷電圧をあまり低くできず、規格による交流アーク溶接機でも、無負荷時に感電すれば死亡する可能性がある。電撃防止装置は、アークを切つて約1秒経過すると自動的に無負荷電圧が25 V以下に下がり、溶接棒を母材に0.03秒接触させるとそれから0.06秒以内に正常の無負荷電圧に戻り、アークが発生できるような機構となっている(図9.4参照)。

また、溶接用ケーブル(導線用とホルダ用)は適正な断面積のものを使用し、外装が破損したと

きは完全に絶縁補修するか、新品と交換する。ケーブルコネクタも充電部を絶縁物で完全に覆ったものを用い、更に、床面に水たまりがあるときは防水構造のものとする。溶接機の接続端子の充電部は絶縁し、また、溶接機の帰線側回路は、被溶接材又はこれに電氣的に接続される金属部分で必ず接地をしなければならない。

前述の溶接用かわ手袋は、シリコンなどで処理した絶縁性のあるものがよい。汗などでかわ手袋がぬれると絶縁性が低下するおそれがあるので、かわ手袋の下に軍手を用いるのは有効である。

万一、感電事故が発生したときは、まず速やかにケーブルコネクタを抜く、電源開閉器を切るなどの方法で被災者から電気を遮断する。この間、被災者にうかつに触れてはならない。

表13.2 墜落災害の防止対策

1. 周囲の状況を把握し、危険な動作や無理な姿勢での作業をしない。
2. 服装を整え、鉄骨梁や足場上では安全帯を使用する。
3. 滑りやすい履物を避ける。雨天や風雪の際は特に注意する。
4. 不完全な踏み台などは使用しない。
5. 工具や材料は、取り落とすことのないよう結び付けるか、安全な場所に置く。
6. はしご、足場・手すりなどの安全度を確かめてから作業にかかる。
7. 特に、足場上の作業では、次の事項を守る。
 - (1) 勝手に足場の止め綱を結び変えたり、移動させたりしない。
 - (2) 不備な点があれば関係上司に連絡する。
 - (3) 足場上に重量物を置かない。
 - (4) 足場上を走ったり、飛び降りたりしない。
 - (5) 長時間かがみこんで作業する際は、急に立ち上がることは避ける(貧血状態になり、ふらつくことがある)。
 - (6) 一つの足場上に制限以上の多人数が乗って作業しない(制限荷重を超えてはならない)。
 - (7) アーク溶接機には自動電撃防止装置を取り付ける。
 - (8) 作業後は、必ずスラグ等を片付け、清掃する。

13.3 一般労働災害の防止

溶接に関する安全衛生思想の普及と保護具・安全装置の進歩によって溶接作業に特有の災害が激減したため、墜落、落下物などによる溶接及び関連作業者の事故が目立つようになった。

(1) 高所作業 高所での溶接作業では表13.2に示す墜落災害の防止と落下物防止に注意する必要がある。溶接・熱切断作業では、火花・スパッタ・スラグの飛散と溶接棒残頭や切断片の落下が

特に問題で、火花受け、残頭容器などの準備と適正な作業の指示と管理が必要である。安全な足場・手すり・昇降路等の設置と保守は高所の安全の基本で、おろそかにしてはならない。

(2) 狭あいな場所 熱・ヒューム・感電いずれの面からも好ましくない条件で、更に、このような所に可燃物があるときわめて危険である。

電撃防止装置の使用、換気などの対策のほか、状況に応じて排水・清掃や特別の安全対策が取られる。基本的には、設計及び施工計画の段階でなるべく狭い場所での溶接をなくし、また、できるだけ作業しやすいよう配慮する必要がある。

(3) 高温・高湿環境 感電防止対策と作業者の健康管理が重要である。暑いからといって必要な保護具の装着を怠ってはならない。

(4) 寒冷その他 極寒の環境は作業者や機器・消耗品などに影響する。作業能力の低下や凍傷に特に注意を要する。

作業環境は、いくつかの条件が重なって大きな影響を及ぼすことがある。安全衛生と品質の両面から環境に対処して適切な処置を取ることは溶接施工・管理で最も重要な項目の一つである。

13.4 火災・爆発の防止

溶接施工では火災・爆発の防止はきわめて重要である。消防庁の調査によれば、溶接・熱切断は火災の原因の主なものの一つである。作業が終了した後も、高温に加熱された金属が残っており、時間が経過してから火災になることもある。

溶接・熱切断の際には、周囲の油・塗料・溶剤・内張材・防熱材・木くず・ぼろ布、可燃性の蒸気・ガス・粉じんなどが溶接熱、火花・アーク・ガス炎又は余熱などによって引火・爆発・火災等を起こすことがないように十分注意・監視することが必要である。

作業前にこれらが付近にないことを確認し、もしあれば除去するなどの処置が必要である。特に、タンク・配管などの補修や改造では危険な内容物を完全に排除することが重要であり、また、可燃性の内装材のある構造物の溶接では、施工後、十分に冷却するまで監視が必要である。

漏電や短絡による火災の防止も重要で、溶接作業を中断するときには溶接機のスイッチを切らなければならない。ガス溶接・切断の燃料ガスと酸素、エンジン駆動アーク溶接機の燃料の貯蔵・取扱い運搬にも十分な安全上の配慮が必要である。