

平成 12 年度ものづくり人材支援基盤整備事業

－技術・技能の客観化、マニュアル化等－

被覆アーク溶接 実技とそのポイント

平成 13 年 1 月

中小企業総合事業団

情 報 ・ 技 術 部

手溶接技能の伝承 被覆アーク溶接—実技とそのポイント

目次

1. 日本における被覆アーク溶接の歴史	7.2 中板立向突合わせ溶接(裏当て金あり):「A-2V」
2. 被覆アーク溶接法とは	●母材ならびに溶接棒の準備
3. 被覆アーク溶接棒の種類と特性	●母材の設置、溶接姿勢
●低水素系溶接棒: JIS分類 D4316、 鉄粉低水素系溶接棒: D4326	●A-2V(裏当て金あり)の溶接
●イルミナイト系溶接棒: JIS分類 D4301	●イルミナイト系溶接棒によるA-2V(裏当て金あり)の 溶接
●ライムチタニヤ系溶接棒: JIS分類 D4303	●母材ならびに溶接棒の準備
●高酸化チタン系: JIS分類 D4313、 鉄粉酸化チタン系: D4324	●ウィーピング運棒による溶接
●鉄粉酸化鉄系: JIS分類 D4327	●ウィッピング運棒による溶接
●高セルロース系: JIS分類 D4311	7.3 中板横向突合わせ溶接(裏当て金あり):「A-2H」
●特殊系: JIS分類 D4340	●母材ならびに溶接棒の準備
4. 被覆アーク溶接棒の選択と吸湿・乾燥管理	●母材の設置、溶接姿勢
5. 溶接作業の準備	●A-2H(裏当て金あり)の溶接
5.1 被覆アーク溶接に使用される機器・工具	7.4 中板上向突合わせ溶接(裏当て金あり):「A-2O」
5.2 溶接時に発生する災害と防止対策	●母材ならびに溶接棒の準備
●電撃災害	●母材の設置、溶接姿勢
●アーク光による災害	●A-2O(裏当て金あり)の溶接
●溶接ヒュームによる災害	7.5 中板下向突合わせ溶接(裏当て金なし):「N-2F」
●高温のスラグやスパッタによる災害	●母材ならびに溶接棒の準備
6. 被覆アーク溶接の基本 (下向きビードオンプレート溶接)	●母材のタック溶接
●溶接電流の設定	●母材の設置、ならびに溶接姿勢
●溶接姿勢およびアーク発生法	●N-2F(裏当て金なし)の溶接
●下向ビードオンプレート法の運棒法	7.6 中板立向突合わせ溶接(裏当て金なし):「N-2V」
●高温のスラグやスパッタによる災害	●母材ならびに溶接棒の準備
7. 突合せ溶接	●母材の設置、溶接姿勢
7.1 中板下向突合わせ溶接(裏当て金あり):「A-2F」	●N-2V(裏当て金なし)の溶接
●溶接板および溶接棒の準備	8. 水平すみ肉溶接
●母材のタック溶接	●水平すみ肉(1パス)溶接の基本
●A-2F(裏当て金あり)の溶接	●水平すみ肉(多パス)溶接
●イルミナイト系溶接棒によるA-2F(裏当て金あり)の 溶接	9. 溶接欠陥の種類と防止法
7.2 中板立向突合わせ溶接(裏当て金あり):「A-2V」	●被覆アーク溶接における気孔欠陥の原因
●母材ならびに溶接棒の準備	●溶接割れ欠陥の原因
●母材の設置、溶接姿勢	●融合不良、溶込み不良、スラグ巻込みの原因
●A-2V(裏当て金あり)の溶接	●アンダカット・オーバーラップの原因
●イルミナイト系溶接棒によるA-2V(裏当て金あり)の 溶接	10. おわりに
●母材ならびに溶接棒の準備	
●ウィーピング運棒による溶接	
●ウィッピング運棒による溶接	

1. 日本における被覆アーク溶接の歴史

我が国における被覆アーク溶接の歴史は、1914年に三菱長崎造船所がスウェーデンから被覆アーク溶接棒を輸入し、ボイラー部品の溶接などに適用したことに端を発している。その後、次第に適用個所が広がり、1920年には、全溶接船(421総トン)を完成させている。

今日のような機械塗装による被覆アーク溶接棒が製造されるようになったのは第二次世界大戦開戦(1941年)の前後であり、それも一部に限られていた。

1951年からの10数年間は、被覆アーク溶接棒にとって大きな技術的発展を成し遂げた期間であり、今日の代表的な被覆系の被覆アーク溶接棒の商品が相次いで開発されている。

諸工業の発展につれ溶接材料の使用量も飛躍的に増加したが、1974年には年間生産量：約45万トンの多きに達しており、このうちの大部分は被覆アーク溶接棒であった。この記録は、その後の主要溶接法の変遷もあり今日まで破られていない。

その後の国際競争の激化や労働環境の変化により、溶接の合理化が進められた結果、溶接ロボットなどによる自動溶接化が進展し、現在の被覆アーク溶接棒の生産量比率は20%程度まで減少している。今後、この状態は進展こそすれ逆転することはなかろう。

しかし、被覆アーク溶接は、今後とも、その特徴を生かして多くの場で使用され続けるものと考えられる。

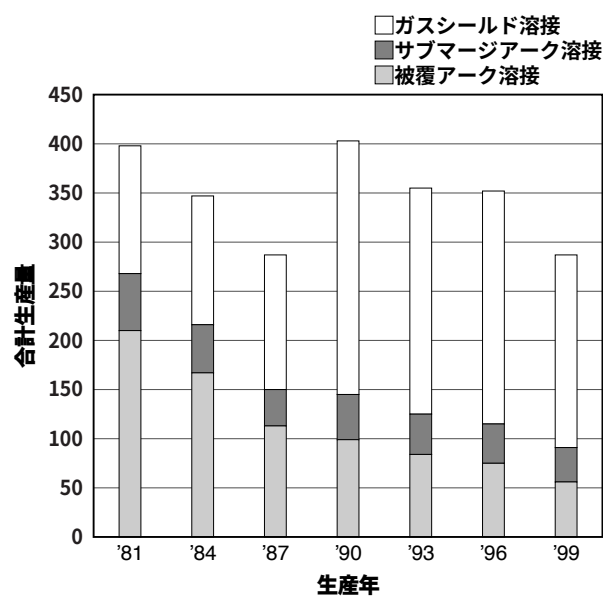


図1：溶接材料の生産量の推移・溶接法ごと

2. 被覆アーク溶接法とは

被覆アーク溶接法は、被覆アーク溶接棒と母材との間に交流あるいは直流電流によるアークを発生させ、約4000～5000℃に達するその高温で被覆アーク溶接棒ならびに母材を溶融させて接合する溶接法である。

被覆アーク溶接棒の心線および被覆剤は、アーク熱で溶融、溶滴となって母材に移行し、同時に溶けた母材の冶金反応により、溶接金属とスラグを生成する。

また、被覆剤はアーク熱により分解してガスを発生させ、アーク雰囲気を覆って、溶接金属が大気中の酸素や窒素の悪影響を受けるのを防止する。

溶接金属は、被覆剤、心線および母材との冶金反応の結果として生成されるものであり、これらの組み合わせの一つでも変化すると異なる特性の溶接金属が生成されることになる。特に被覆剤ならびに心線の影響は大きい。

同一の心線(または被覆剤)が使用されていても被覆剤(または心線)が変化すると、特性の異なる溶接棒が作られることになる。

被覆アーク溶接は、炭酸ガスガスアーク溶接やミグ溶接などの溶極式ガスシールド溶接に比較して能率性の点で劣っているが、可搬性や簡便性、作業環境性、機材コストが安いなどの点で優れており、アルミニウムやマグネシウムなど酸素や窒素との親和力の強い金属を除く、ほとんどの汎用的金属、特に炭素鋼をはじめとして各種の合金鋼の溶接に使用されている。

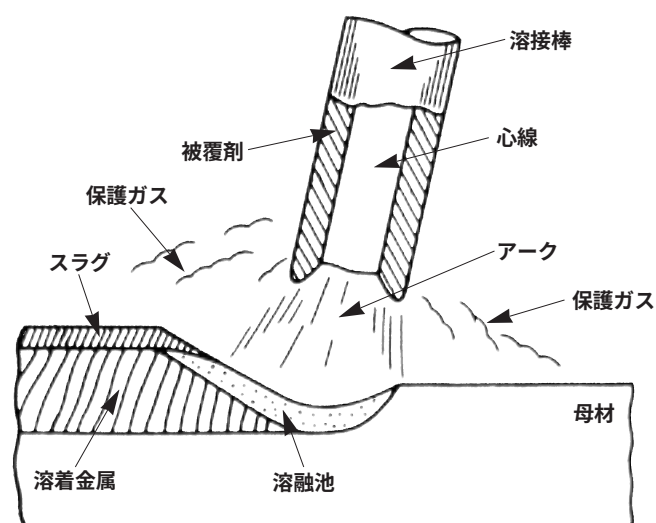


図2：被覆アーク溶接の原理図

3. 被覆アーク溶接棒の種類と特性

被覆アーク溶接棒は、被覆剤と心線の組み合わせにより多種のものが生産されており、母材材質、板厚、溶接姿勢、溶接部(溶接金属)に要求される特性などを勘案して、選択・適用される。

溶接棒の適正な選択が溶接部の品質・特性を決定付ける第一の要因であり、溶接施工管理者および溶接技能者が、溶接棒の特性をよく理解し、適正に選択・使用することで、初めて良好な溶接結果が得られることになる。

被覆アーク溶接棒は、被覆剤と心線により構成されるが、軟鋼用ならびに低合金鋼用溶接棒の心線は、ほとんどの場合、不純物の少ない極軟鋼線が使用されている。

手溶接技能の伝承 被覆アーク溶接―実技とそのポイント

表1：各被覆系溶接棒の被覆剤成分の一例

D4301 (イルミナイト系)	イルミナイト 35	石灰石 6	Fe－Mn 15	二酸化マンガ 5	けい砂 10	カリ長石 16	でん粉 5	タルク 8
D4303 (ライムチタニヤ系)	ルチール 34	ドロマイ 32	けい砂 10	長石 10	マイカ 6	Fe－Mn 10	でん粉 4	
D4313 (高酸化チタン系)	ルチール 45	Fe－Mn 13	でん粉 2	タルク 12	セルロース 5	長石 20	石灰石 4	
D4316 (低水素系)	石灰石 50	螢石 20	Fe－Si 10	Fe－Mn 2	鉄粉 10	マイカ 7		
D4327 (鉄粉酸化鉄系)	セルロース 3	タルク 10	Fe－Mn 16	カリ長石 10	けい砂 20	鉄鉱石 30	鉄粉 50	

表2：JISによる軟鋼用被覆アーク溶接棒の分類

種 類	被覆剤の系統	溶接姿勢	電流の種類	溶接金属の機械的性質				
				引張り試験			衝撃試験	
				引張り強さ N/mm ²	降伏点または 0.2%耐力 N/mm ²	伸び %	温度 ℃	シャルピー吸収 エネルギー J
D4301	イルミナイト系	F, V, H, O	AC, DC±	≥420	≥345	≥22	0	≥47
D4303	ライムチタニヤ系	F, V, H, O	AC, DC±					≥27
D4311	高セルロース系	F, V, H, O	AC, DC±					
D4313	高酸化チタン系	F, V, H, O	AC, DC－			≥17	－	－
D4316	低水素系	F, V, H, O	AC, DC+			≥25	0	≥47
D4324	鉄粉酸化チタン系	F, H,	AC, DC±			≥17	－	－
D4326	鉄粉低水素系	F, H,	AC, DC+			≥25	0	≥47
D4327	鉄粉酸化鉄系	F, H	注1)					≥27
D4340	特殊系	F, V, H, O	AC, DC±			≥22		

備考1) 溶接姿勢 F：下向、V：立向、H：横向または水平すみ肉、O：上向
備考2) 電流の種類 AC：交流、DC±：直流(棒プラス、および棒マイナス)、DC－：直流(棒マイナス)、DC+：直流(棒プラス)
注1) F ではACまたはDC±、HではACまたはDC－

表3：各種軟鋼用被覆アーク溶接棒の溶接性・作業性比較表

性能比較因子		被覆系および規格	イルミナイト系 D4301	ライムチタニヤ系 D4303	高セルロース系 D4311	高酸化チタン系 D4313	低水素系 D4316	鉄粉酸化鉄系 D4327	鉄粉低水素系 D4326	特殊系 D4340
溶接性	耐割れ性		○	○	○	△	◎	△	◎	△
	耐気孔性		○	○	△	△	◎※1	△	◎※1	△
	衝撃特性		○	○	○	△	◎	△	○	△
作業性	作業の難易	下向	◎	◎	△	◎	○	－	－	－
		下向・水平すみ肉	◎	◎	△	◎	○	◎	◎	◎
		立向上進	◎	◎	○	△	◎	－	－	－
		立向下進	－	△	◎	○	◎※2	－	－	－
		上向	◎	◎	○	△	◎	－	－	－
	ビード外観	下向	○	◎	△	◎	△	－	－	－
		下向・水平すみ肉	○	◎	△	◎	△	◎	○	◎
		立向・上向	○	◎	○	◎	◎	－	－	－
		溶込み	◎	○	◎	△	○	△	△	△
	スラグの剥離	スパッタ	○	○	△	◎	○	○	○	○
		スラグの剥離	○	○	○	◎※3	△	◎	○	◎
		ビードの伸び	○	◎	△	○	△	◎	○	◎
		薄板への適用	○	◎	△	◎	△	○	△	○

◎：優れている、○：普通、△：劣る、－：できない ※1：ビード始端を除く、※2：立向下進専用棒、※3：開先内1層目を除く

このため、脱酸剤や強度アップのためなどの合金元素は、被覆剤から添加される。

被覆剤は、水ガラスを固着剤として各種の鉱物粉や有機物粉、金属粉を混練し、高圧で心線表面に均一に塗装した後、乾燥・固化させたものである。

各々の被覆剤原料は、それぞれの役割を担っており、大きくは、ガス発生剤、スラグ生成剤、アーク安定剤、合金剤、脱酸剤、酸化剤、固着剤に分類することができる。一つの原料が単一の働きをするのではなく、複数の役割を果たしているのが一般的である。

溶融した被覆剤は、溶融した心線および母材ならびに雰囲気ガス（シールドガス）との間で化学反応を起こしスラグを生成する。スラグは、溶融金属中のりん、硫黄などの不純物を化合物の形で自分自身の中に取り込むことにより溶接金属の品質特性を高め、また、溶接金属を覆って、その凝固現象を支配し、溶接棒にそれぞれ特徴的な溶接作業性（使い易さ、ビード形状・外観、スラグの剥離性など）を与えている。

日本工業規格(JIS)では、軟鋼用溶接棒の被覆系を9種類に分類している。それぞれの被覆系により、その溶接特性が大きく異なっており、使用に際して選択を誤ると決定的な欠陥が生じることもある。

**低水素系溶接棒：JIS分類 D4316、
鉄粉低水素系溶接棒：D4326**

「低水素系」の総称は、溶接金属中の拡散性水素が少ないことに由来しており、他の被覆系に比較してその量は約十分の一程度の量の拡散性水素を含んでいる。

拡散性水素は、母材溶接熱影響部に発生する遅れ割れの発生を助長する一要因となっており、低水素系は、この水素量が少ないことから耐われ性が優れた溶接部を得ることができる。

代表的な低水素系溶接棒の被覆剤の主成分は、石灰石と螢石からなり、石灰石がアーク熱で分解して炭酸ガスを発生し、アーク雰囲気をシールドする。被覆剤には、分解して水素を発生する有機物が含まれず、また被覆剤原料中の結合水などの水分もできるだけ少ないものが使用される。

また、強力な脱酸効果が得られることから、ブローホールなどの気孔の発生も少なく、じん性の優れた溶接金属が生成されることもあって、被覆アーク溶接棒の中では、最も信頼度の優れた溶接部が得られる。

高強度の鋼材（高張力鋼）や板厚が大きいなどわれが発生し易い継手や、高い切欠きじん性が要求される継手の溶接に使用される。

このうち、D4316に分類されるものは、棒径5mm以下のサイズでは全姿勢溶接に使用することができる。JISによる「溶接技能者評価試験」においても、広く使用されている溶接棒であり、本ビデオでも、本溶接棒を使用する場合の溶接技能を中心に紹介している。

D4326に分類されるものは、被覆剤中に多量の鉄粉を含み、

下向姿勢や水平すみ肉溶接に使用され、D4316に比較して、これらの姿勢での溶接能率性が優れている。

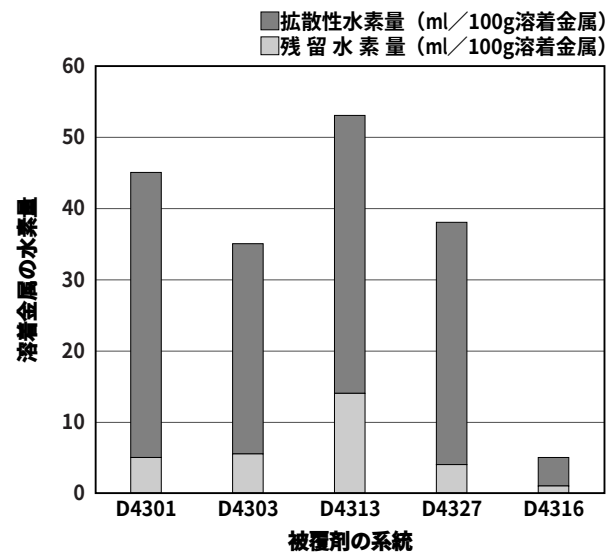


図3：溶着金属中の拡散性水素量の一例

イルミナイト系溶接棒：JIS分類 D4301

主成分としてイルミナイトが多量に使用されることから、この名がある。日本で独自に開発されたが、今日では国際的な被覆系として認知されており、低水素系に次いで信頼度の要求される継手の溶接に使用される。

「非低水素系溶接棒」であり、溶着金属中の拡散性水素量は、低水素系に比較して多く、一般的には、板厚約20～25mm程度以下の軟鋼の溶接に限定される。

低水素系に生じ易い、アークスタート部のブローホールが少なく、安定した耐気孔性が得られる。

イルミナイト系溶接棒は、「溶接技能者評価試験」に使用される溶接棒として低水素系に次いで多く使用され、この両被覆系で、そのほとんどが占められている。

ライムチタニヤ系溶接棒：JIS分類 D4303

ライム（石灰石）とチタニヤ（酸化チタン）が主成分からなる被覆系である。

全姿勢溶接用として使用されるが、溶接ビード外観やビード形状が優れており、また薄板における溶接作業性や立向姿勢の溶接作業性が良好なこと、市販されている製品の多くは再アーク性が優れたものが多いことなどもあって、板厚約2～20mm程度の中薄板を中心として、最も汎用性が高い被覆系として使用されている。

**高酸化チタン系：JIS分類 D4313、
鉄粉酸化チタン系：D4324**

酸化チタンが主成分の被覆系である。

D4313系は、溶込みが浅く、主として薄板の全姿勢溶接に使

用される。溶接ビードは光沢のある美しい外観を呈する。しかし、溶接金属のじん性や耐割れ性がやや劣っており、厚板の溶接には適していない。

D4324は、D4313系に鉄粉を添加し、溶接能率を改善した被覆系である。中板の下向姿勢、水平すみ肉溶接に使用される。

鉄粉酸化鉄系：JIS分類 D4327

酸化鉄ならびに鉄粉を主成分とする被覆剤からなり、水平すみ肉溶接用溶接棒として中板の溶接に使用される。適当な溶接棒径を使用することにより、脚長約8mm程度までの水平すみ肉溶接を、良好なビード形状で1パス施工できる。グラビティ溶接機と組み合わせて使用されることも多い。突合せ溶接用として使用されることは、ほとんど無い。

高セルローズ系：JIS分類 D4311

主成分としてセルローズを多量に含むところからこの名がある。スラグが少なく、立向下進溶接を含む全姿勢溶接に使用できるが、わが国では、ほとんど使用されていない。

特殊系：JIS分類 D4340

先に述べた被覆系に属さないものを特殊系としてここに分類している。新規に開発された被覆系や特殊用途に使用される溶接棒などが分類されている。

4. 被覆アーク溶接棒の選択と吸湿・乾燥管理

被覆アーク溶接では、溶接される母材、溶接金属に要求される継手性能、溶接姿勢などによって、適切な被覆アーク溶接棒が選択・使用されなければ、目的とする溶接継手特性を得ることができない。同一の被覆系に属するものでも、溶接作業性や継手特性などの点でかなり異なるものが多数市販されている。溶接棒の選択にあたっては、各メーカーが提供するカタログなどを参考にする必要がある。

また、適切な選択がなされても、使用にあたって適切な施工管理がなされなければ、その溶接棒の特性を発揮させることはできない。

溶接電流や溶接速度、予熱・後熱などの溶接施工条件管理の適・不適は、溶接金属の強度・じん性、溶接部の割れ発生の有無などに大きく影響を及ぼす。

一方、溶接棒を大気中に放置すると吸湿し、吸湿水分が増加すると、ブローホールなどの気孔発生や溶接部の割れ発生などを引き起こす。特に低水素系溶接棒では、被覆剤中の水分増加は溶接金属中の水素量を増加させ、過剰な吸湿は低水素系溶接棒の特徴そのものを失わせることになる。

使用前の適切な再乾燥の実施とともに、乾燥後も早めに使用しきることが要求される。

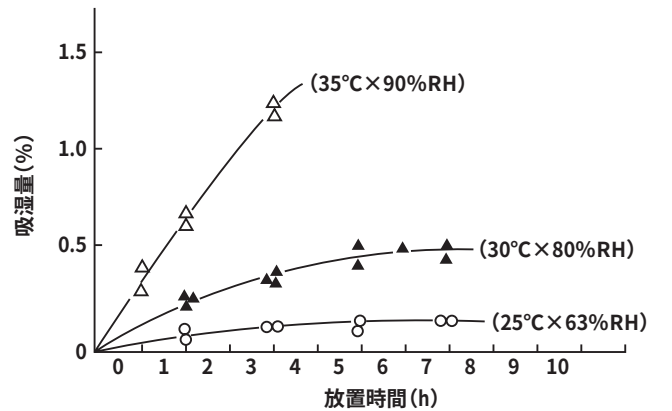


図4：低水素系溶接棒の吸湿曲線



写真1：準備された各種溶接棒

表4：軟鋼用被覆アーク溶接棒の適正乾燥条件

JIS分類	被覆系	乾燥温度：℃	乾燥時間：分	乾燥後許容 放置時間：時間	吸湿限界：%
D4301	イルミナイト系	70～100	30～60	8	3
D4303	ライムチタニヤ系	70～100	30～60	8	2
D4313	高酸化チタン系	70～100	30～60	8	3
D4316	低水素系	300～350	30～60	4	0.5
D4327	鉄粉酸化鉄系	70～100	30～60	8	2
D4340	特殊系	注1)			

注1) 溶接棒メーカーの推奨条件による

5. 溶接作業の準備

5.1 被覆アーク溶接に使用される機器・工具

被覆アーク溶接では、溶接電源として交流あるいは直流溶接機が使用されるが、わが国では、特殊な場合を除いて、交流溶接機が使用されている。

また、溶接機は、一般的に商用電源に接続して使用されるが、商用電源が得られない山間部などの場所では、エンジン発電機を備えたエンジンウエルダが使用される。

溶接機の二次側には、溶接ケーブルを介して溶接棒ホルダ、アース線ケーブルが接続される。溶接ホルダ、溶接ケーブルとも、それぞれ溶接電流の大きさに応じた容量・太さのものを使用する必要がある。容量不足のものを使用すると、過熱による耐久性の低下や発火などによる火災などトラブルの原因となる。

適正溶接電流の使用は、良好な溶接を行うための必須条件である。溶接作業者は溶接に先立って、溶接姿勢や母材の板厚、使用溶接棒に応じた適正溶接電流に設定する必要がある。溶接電流設定は、正確な溶接電流計を使用して行われるが、溶接機二次回路に電流変成器(CTと呼ばれる)を設置し、これに溶接電流計を接続するタイプと、溶接ケーブルを電流計の磁気回路で挟み込んで測定するクランプメータタイプがある。後者は、溶接電流測定の都度、簡単にセットして使用できることから、一台保有することにより多数の溶接機の測定ができる利点がある。

優れた溶接技能者は、これまで観察・経験した適性条件下でのアークの状況、溶融池の状況などを基に、溶接電流計を使用しなくても適正溶接電流に設定できる技能を備えている場合が多い。

溶接初心者は、溶接をスタートするにあたって、必ず溶接電流計を使用して適正電流に設定し、適正溶接条件下での溶接挙動の状況を知るように努めたい。

溶接作業では、良好な溶接を安全に実施するため各種の治具・工具が使用される。

(イ)適正な運棒操作を行うため、溶接アーク、ならびに溶融池を安全に観察するための保護面、(ロ)溶接後、溶接部に発生するスラグおよびスパッタを除去するためのスラグハンマ、(ハ)溶接開先部に残るスラグや汚れを取るためのワイヤブラシ、(ニ)母材の逆ひずみ設定や寸法矯正に使用される片手ハンマ、(ホ)ルート間隔や逆ひずみ角度設定のための各種ゲージ類、(ヘ)溶接後の加熱された母材を扱うための金挟みなどがある。



(イ)CTと電流計



(ロ)クランプメータ

写真2、3：交流溶接機における溶接電流の測定



写真4：溶接作業治具・工具

表5：溶接棒サイズ、溶接姿勢と適正溶接電流値の一例

被覆系	溶接姿勢	2.6φ	3.2φ	4.0φ	4.5φ	5.0φ	6.0φ	7.0φ	8.0φ
イルミナイト系	下向	55～90	85～140	130～190	155～220	180～260	240～310	300～370	350～440
	立向・上向	45～75	60～120	100～160	120～180	135～210	－	－	－
低水素系	下向	55～85	90～130	130～180	150～210	180～240	250～310	300～380	340～440
	立向・上向	50～80	80～120	110～170	140～190	150～200	－	－	－

5.2 溶接時に発生する災害と防止対策

アーク溶接では、アークの高温を使用して溶接部を溶融・接合するため、適切な対策が施されない場合には、電流、高温に起因する災害が生じることがある。

電撃災害

電撃(感電)災害は、アーク溶接作業において最も深刻な結果を生む災害の一つである。人体に高い電流が流れると心停止など死に至る災害に結びつく可能性が大きい。

死に至らないまでも、電撃によるショックから墜落などの二次災害につながることもある。

電撃災害の防止には、絶縁材が破損したままの溶接ホルダや絶縁被覆材の破れた溶接ケーブルの使用を避けるための始業点検の励行、破損が発見された場合の早急な修理・交換が必要となる。また、過度に吸湿(濡れ)した溶接用かわ手袋や作業着の着用、素手による溶接作業の実施、安全靴の未着用は、電撃災害を引き起こしやすい。

溶接機外箱への確実な接地(アース)線の取り付けも、安全確保のためには必須である。

さらに、交流電源を使用する手溶接作業による被覆アーク溶接では、導電体が作業者に触れやすい狭隘な個所や2m以上の高所で導電性の接地物に触れるおそれのある場所で溶接する場合は、溶接機の無負荷電圧を30ボルト以下(自動電撃防止器のJIS基準値は、25ボルト以下)とする自動電撃防止器の設置が、労働安全衛生法で義務付けられている。

アーク光による災害

アーク光は、強烈な紫外線・赤外線・可視光線を放射する。人体が直接にアーク光に曝されると皮膚に炎症を生じる。アーク光を裸眼で観察すると角膜や網膜に炎症を生じる電光性眼炎となり、眼球に痛みを感じ、眼を開けていることも困難となる。

アーク溶接作業に際しては、人体が直接アーク光に曝されない作業着を着用するとともに、適当なしゃ光プレートが設置された保護面を通して、アークを観察する必要がある。

3.2φmm～6φmmの溶接棒を使用する場合は、一般的に「9～12番」程度のしゃ光プレートが使用される。

アーク光線は、直接にアークから放射されるばかりでなく、天井や壁面に反射して周囲に広がる。他の作業者の溶接アークからの照射による影響を避けるためには、サイドシールドのある保護めがねの着用が効果的である。また、保護めがねの着用は、スラグ除去時に生じやすい、スラグの眼への飛び込み防止にも効果がある。

溶接ヒュームによる災害

アークの高温下では、被覆剤・母材・心線の一部が気化し、溶接ヒューム(溶接煙)となって立ち昇る。

溶接ヒュームは、酸化鉄や酸化けい素、酸化マンガンなどから

なる微粒子の塊であり、水ガラス成分である酸化ナトリウム、酸化カリウムなどのアルカリ酸化物も含まれている。また、亜鉛めっき鋼材の溶接では、酸化亜鉛が含まれる。

溶接ヒュームを長期間、多量に吸引すると、肺に蓄積され、慢性症状としてのじん肺症を発症する。このためサブマージアーク溶接などの自動溶接を除き、アーク溶接作業では、溶接作業場の動力による全体換気や溶接作業者の呼吸用保護具の着用が義務付けられている。ただし、局所排気装置が設置された時は呼吸用保護具の着用は義務付けられていない。

呼吸用保護具としては、防じんマスクが一般的である。

亜鉛めっき鋼材の溶接、銅合金などの溶接では、溶接ヒュームを短時間吸引しても、金属熱と呼ばれる悪寒・発熱など、風邪に似た急性症状がでることがある。

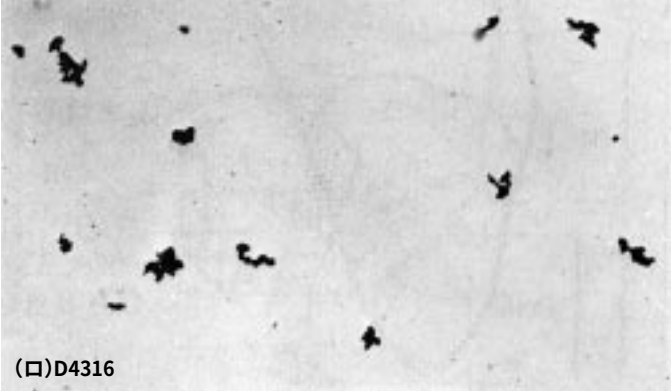
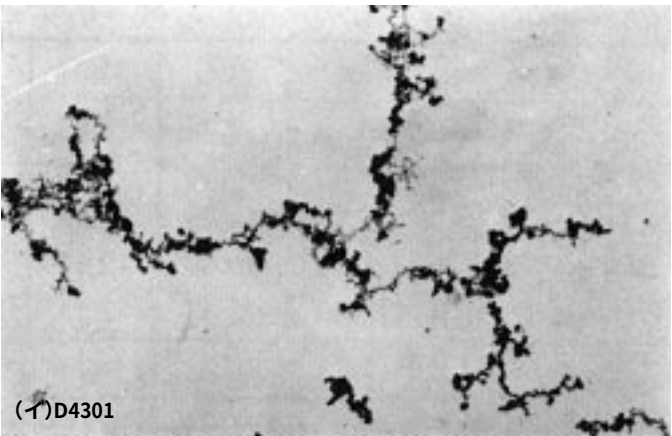


写真5、6：被覆アーク溶接棒の溶接ヒュームの顕微鏡写真(2000倍×2)

高温のスラグやスパッタによる災害

アーク溶接条件下では、溶接部に隣接する母材や溶接時に発生する火花(スパッタ)、あるいは、ビード表面に生成するスラグは、溶接直後ではかなりの高温になっており、直接、人体や油・可燃性のガスなどに接触すると、火傷あるいは火災、場合によっては爆発などの災害を引き起こす。

アーク溶接に際しては、電撃災害、アーク光災害などの防止を兼ねたやや中厚手の長袖作業服および頭巾、前掛け、腕カバー、溶接用かわ手袋、足カバーなどを着用し、直接、高温の物への接

触が生じないような対策が必要となる。ナイロンなどの化学繊維系の作業服では、溶接中のスパッタや溶接直後のスラグに触れると溶融し、火傷を起こすことがある。吸汗性・耐溶融性などの観点からも、木綿製の作業服が推奨・使用されている。

また、溶接部周辺に注意を払い、可燃物、可燃性のガスがないことを確認する必要がある。屋内の溶接、石油化学コンビナート関係の溶接工事などでは、特に留意する必要がある。

溶接母材など手軽にハンドリングできるものについては、溶接直後の熱いものを素手で扱うことのないよう注意するとともに、金挟みを用意し、これで扱う習慣をつけると良い。



写真7：安全防具の着用

6. 被覆アーク溶接の基本 (下向ビードオンプレート溶接)

ここでは、「JIS溶接技能者評価試験」に多用される被覆アーク溶接棒のうち、低水素系溶接棒(D4316系)：4φmmを使用する下向溶接姿勢のビードオンプレート溶接により溶接作業の基本を紹介する

溶接電流の設定

良好なアーク溶接部を得るためには、被覆アーク溶接棒などの溶接材料はもとより、溶接される母材、溶接機器、溶接技能者の技能・知識など、関連する全ての要因の品質が一定水準以上でなければならない。

適正な溶接条件を設定できることは、溶接技能者に要求される重要な項目の一つである。

被覆アーク溶接では、一般に垂下特性の溶接機が使用される。

溶接電流とは、実際にアークが発生している状態での電流であり、電流計を使用して測定することによってはじめて明らかになる。

しかし、溶接技能者、特に初心者が、一人でアークを発生させながら電流計の値を読み、さらに溶接機のハンドルを操作して適正値に設定することは困難な場合が多い。

先に述べた垂下特性の電源では、溶接電流は、溶接棒をホルダにセットし溶接棒の先端を溶接架台上などに接触・短絡させた状態の電流(短絡電流)に比較して、10Amp.程度低くなるのが一般的である。このような特性を利用して、溶接電流の概略設定は短絡電流(設定したい溶接電流より10Amp.程度高目に合わせる)で行い、しかる後に、実際にアーク発生させて電流を読み、もし、希望値でなければ、再度、短絡電流で微調整を行えば、比較的容易に最適値に設定できる。

なお、溶接棒の相違ならびに電流値の大きさによって、短絡電流と溶接電流(アーク電流)の差が変化するので、電流設定にあたっては、このことに留意しなければならない。

適正溶接電流に設定した後、実際の溶接作業に取り掛かるが、一般の被覆アーク溶接現場では溶接電流計が設置されていないことも多く、優秀な溶接技能者の多くは、適正電流下におけるアークの強さや溶融池の状況を記憶し、電流計が設置されていない溶接機を使用する場合においても、ほぼ適正な電流値に設定できる。

しかし、あくまでも、基本は電流計を用いて測定することにある。

なお、溶接姿勢などが変わっても、溶接電流設定の基本は同一である。

ここでは、低水素系溶接棒：4φmmを使用し、溶接電流を「約180Amp.」に設定する。

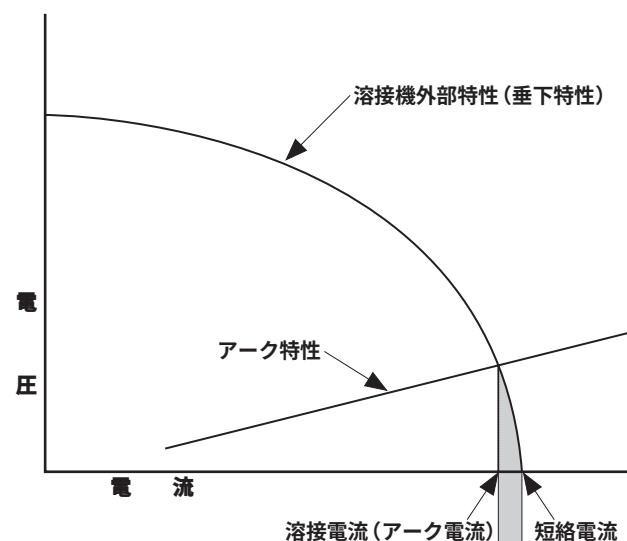


図5：垂下特性溶接機における短絡電流とアーク電流の相違

溶接姿勢およびアーク発生法

実際の製造現場における溶接作業では、理想的な溶接姿勢が保てるとは限らず、溶接部(溶接線)にあわせて、溶接技能者が適当な作業姿勢をとっている。このため、非常に窮屈な姿勢や困難な姿勢を要求されることもある。

ここでは、基本となる下向姿勢の溶接を示す。



写真8：短絡電流の測定状況

溶接架台を身体の前側に置き、椅子に腰を下ろす。この時、両腕および上体は、左右・前後に自由に動かすことができる姿勢であるとともに、両肩の線が溶接線に対して平行になるようにする。溶接棒ホルダは握み側を先に向け、親指を握み部のレバー(ハンドル)に軽く添えてグリップ部を握る。この時、手首と腕が溶接棒ホルダとほぼ直線になるようにする。



写真10：下向溶接における作業姿勢

接棒先端がその反動で跳ね上がる時にアークを発生させる方法である。丁度、ドラムの皮面をスティックで叩く運動に似ている。叩くような急速運動でなく、「ソーッ」と緩やかに接触させると、溶接棒先端は溶接面に短絡・融着し、スムーズなアーク発生が困難となる。

ブラッシング法は、溶接棒先端を母材面へ当てる時、溶接棒先端を母材面に沿って急速に接触・移動させることにより融着を防止してアークを発生させる。こちらは、マッチを擦る動きに似ている。

2つの方法とも、アークが発生した後は溶接棒先端と母材間の距離を約2～4mm程度と短く保ちつつ、溶接棒先端を溶接開始点に移動させる。

アークが発生した溶接棒を溶接線に沿って移動(運棒)することにより、希望する長さの溶接ビードが得られる。

溶接中は、余分な肩の力を抜き、溶接棒先端の上下方向の不規則な運動を抑えてアーク長を短く一定に保ち、同時に腕のスムーズな運動が得られるようにする。

写真9：溶接棒ホルダの保持状況

溶接棒を持ち、溶接棒のホルダ端を、溶接ホルダに挟む。この時、溶接棒とホルダ(腕)のなす角度は、ほぼ直角(90度)～120度になるようにする。この角度が極端な鋭角になると、溶接棒が短くなった時、溶接線に対する溶接棒の保持角度を適正に保つことができない。

特別の場合を除いて、各種の溶接姿勢・溶接線における溶接棒の残棒長が約30～50mmになるところまで、適正な溶接棒保持角度を保てるよう、溶接棒保持角度に対する事前の配慮が必要である。

被覆アーク溶接におけるアーク発生法として、タッピング法とブラッシング法の2種の方法がある。

その1つ、タッピング法は、溶接面に対して垂直、あるいはやや傾斜させて保持した溶接棒の先端で、母材表面を軽く叩き、溶

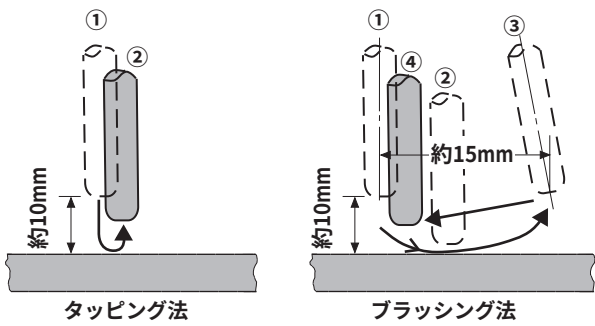


図6：タッピング法とブラッシング法によるアークスタート法

下向ビードオンプレート法の運棒法

アーク溶接の場合、希望する溶接ビードの幅によって異なる運棒(溶接棒の操作法)が適用される。

ビード幅が心線径の約2.5倍程度以下、例えば4φmmの棒径の場合、ビード幅：約10mm程度以下になる場合、溶接棒は、単純に進行方向に向けてのみの運棒となる。

溶接後のビードが細長いひも状のビード形状となることから、ストリング運棒法と呼ばれる。

より広幅のビードが必要な場合、溶接棒先端を溶接方向に対して、直角方向にジグザグに往復運動させるウィービング運棒法が採られる。しかし、運棒幅は心線径の約3倍程度以内に止め、過大にならないように留意しなければならない。

ジグザグ運棒のピッチは心線径程度とし、運棒幅両端では運棒を一時止めながら、この動きを繰り返す。溶接中は溶融池の状態をよく観察して、目的のビード幅およびビード余盛高さが確保されていることを確認する。

左右への運棒速度が速すぎると溶接棒直下に安定した溶融池が形成されず、平滑で安定したビード形状・波形を得ることができない。

溶接進行方向への移動速度を「溶接ビード長／溶融した溶接棒長」で表せば、ストリング運棒法で「約0.6～0.8程度」が一般的である。

ストリング、ウィービング両運棒法とも、溶接棒保持角度は鉛直線に対して進行方向に約10～20度程度傾け、同時に、被覆剤先端が溶融池面に接触、あるいは沈み込む程度の短いアーク長とすることがポイントである。

長すぎるアーク長はスパッタを増加させ、同時に溶込み深さの減少やシールド効果の悪化から、溶接欠陥の発生につながる。また、正常なアーク長ではアーク音は「ジー」あるいは「パチパチ」と小さく連続的であるが、長すぎると不連続で間欠的な「パチパチ」音へと変化する。さらに過大になるとアークが不安定になり、ふらつくとともに、音も「パチパチ」に「ボー」とした音が混じってくる。

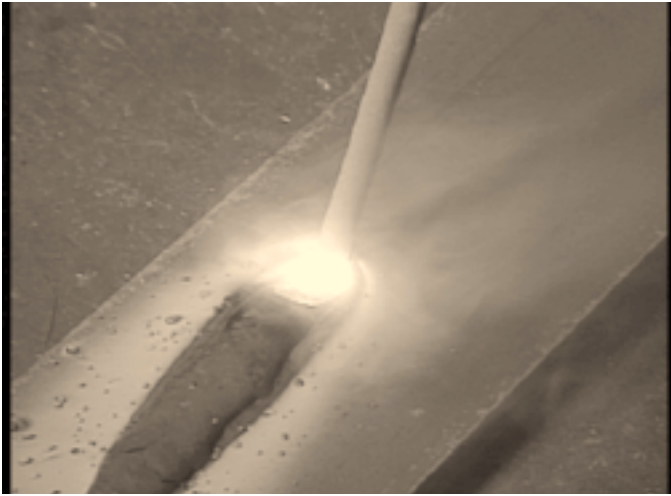


写真11：下向ビードオンプレート溶接における適正溶接棒保持角度

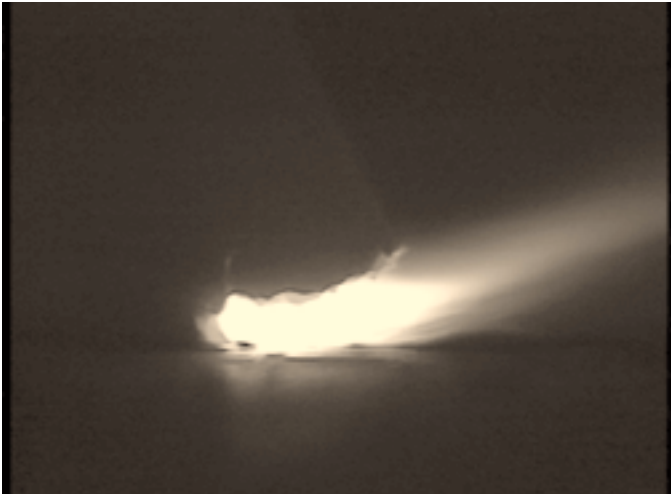


写真12：適正(短い)アーク長



写真13：長すぎるアーク長

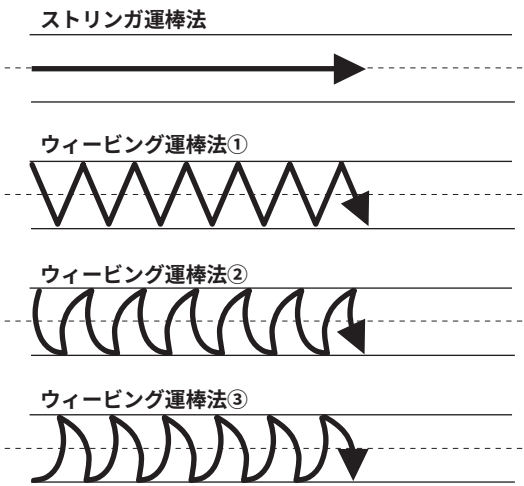


図7：ストリング運棒法、ウィービング運棒法の運棒パターン

7. 突合せ溶接

実際の製作・製造現場においては、使用される母材板厚、溶接棒、溶接長、溶接姿勢、溶接開先形状など多種多様に変化する。ここではJIS溶接技能者評価試験：中板(板厚9mm)の課題をもとに、各種姿勢(裏当て金の有無)突合せ溶接における基本溶接技能のポイントについて紹介する。

7.1 中板下向突合せ溶接(裏当て金あり)：「A-2F」

溶接板および溶接棒の準備

本試験は、JIS技能者評価試験における最も基本的な種目の一つである。

溶接材料として、低水素系溶接棒：JIS Z3211-D4316、4φmmを準備し、約300～350℃×30～60分間の乾燥を施す。

母材は、図8に示す形状寸法ものを準備し、それぞれ開先面全域、開先に隣接する母材表面・裏面の約幅10mmの部分、および裏当て金表面をグラインダ処理し、表面の黒皮(酸化スケール)、あるいは汚れを除去する。

母材裏面開先隣接部および裏当て金に黒皮が残っていると、開先ルート部から小さなブローホールが発生することがあり、裏曲げ試験で欠陥として現れるおそれがある。

母材の形状寸法ならびに表面の研削処理については、溶接姿勢等を問わず同様である。

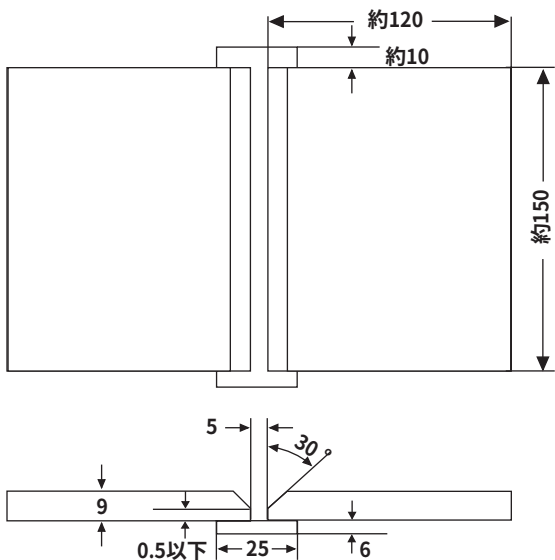


図8：中板突合せ溶接(裏当て金あり)母材(A-2×)の形状寸法
※A-2×は、A-2F、A-2V、A-2H、A-2Oを現す。

母材のタック溶接

母材と裏当て金を溶接架台に乗せ、隙間ゲージなどを使用して適正なルート間隔に調整した上で、表側4箇所をタック溶接する。

この時、裏当て金と母材の間に過大な隙間が生じないよう、また、本溶接中に溶接変形等により破断しないよう十分な大きさの

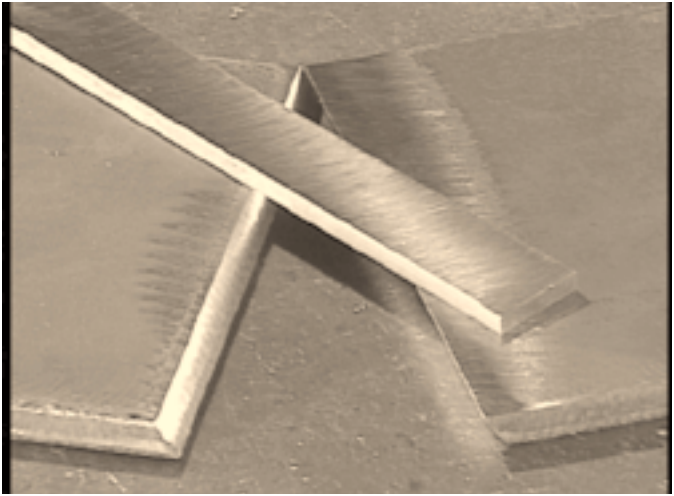


写真14：母材開先部および裏当て金の研削状況

ビードを溶接すること。

溶接母材の一端からタック溶接を開始するが、片端をタック溶接すると事前に設定したもう一方の側のルート間隔に変化が生じるので、タック溶接前に改めて適正なルート間隔に設定し直す必要がある。

タック溶接の基本的なビードの置き方は、後で述べる「水平すみ肉溶接」の要領とほぼ同様である。この時、開先内面にビードが付かないよう留意する。

溶接電流は、約170Amp程度に設定すると良い。

タック溶接後は、スラグ、スパッタなどを除去し、ワイヤブラシを使用して開先部、タック溶接部を清掃する。

本溶接が終了した時、母材に溶接変形が残らないようにするため、タック溶接後、適切な逆ひずみを取る。本A-2Fでは、約3度が適正であり、ここでは逆ひずみゲージを使用して設定している。

なお、「中板・裏当て金あり母材：各A2-F、V、H、O」では、逆ひずみの大きさが異なるものの、基本的なタック溶接のやり方は全く同一である。

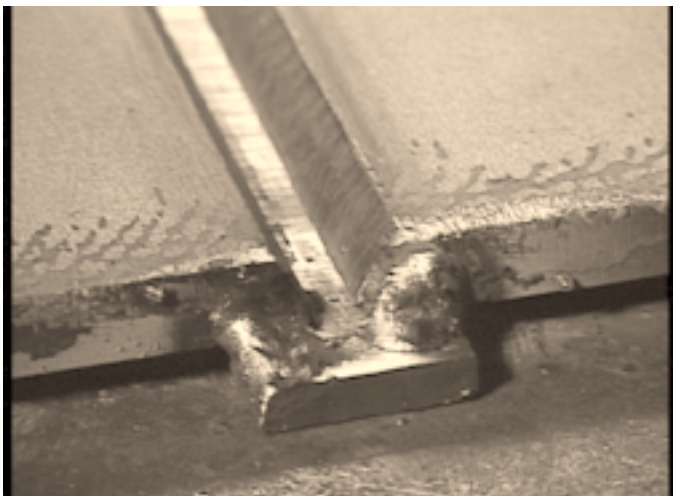


写真15：タック溶接ビードの外観・形状



写真16：隙間ゲージによるルート間隔の調整



写真17：角度ゲージによる逆ひずみの調整

A-2F(裏当て金あり)の溶接

第1層目の溶接

溶接電流は、やや高めの約180Amp.に設定する。第1層目は溶込みを十分にし、裏曲げ試験での欠陥を防止する。

また、「A-2×」母材の適正溶接電流条件等の一例を表6に示す。

溶接姿勢、溶接棒のホルダへの装着は、下向ビードオンプレート溶接の場合とほぼ同様である。

- ①アークスタートを開先外の裏当て金左端に行い、アークが安定するの待って(溶接棒を約5mm程度溶融させて)、ストリンガ溶接の要領で開先内を溶接する。
- この時、溶接棒先端を溶接開先面で作るV溝の中心に向け、溶接棒がたわむ方向に軽く押し付け、できるだけアーク長を短く保って開先ルート部を十分に溶融する。
- 溶融池と両側開先面と接する線(溶融線、凝固線)が、丸く円弧状に形成されることを確認する。
- ②溶融スラグが溶接棒先端に異常に接近し、被覆剤に接するようであれば、溶接棒の後退角を大きくとり、アークの吹きつけ

表6：「A-2×」母材の適正溶接電流条件等の一例

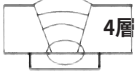
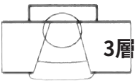
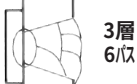
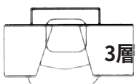
母材 姿勢	開先寸法	溶接電流(Amp.)／溶接棒			積層法
	θ_v ：開先角度 R.F：ルート面 R.G：ルート間隙 θ_r ：逆ひずみ	初層 D4316 ／4 mm)	中間層 D4316 ／4 mm)	仕上げ層 D4316 ／4 mm)	
A-2F	θ_v ：60° R.F：0mm R.G：5mm θ_r ：3°	175～180	170～175	170～175	 4層
A-2V	θ_v ：60° R.F：0mm R.G：5mm θ_r ：3°	135～140	130～140	125～135	 3層
A-2H	θ_v ：60° R.F：0mm R.G：5mm θ_r ：5°	155～160	155～160	140～160	 3層 6/λ
A-2O	θ_v ：60° R.F：0mm R.G：5mm θ_r ：3°	135～140	130～135	130～135	 3層



写真18：アークスタートの状況 (A-2F)

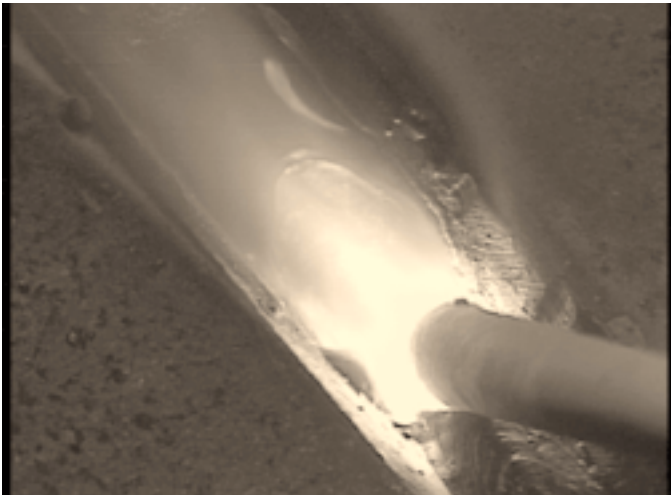


写真19：1層目溶融池の外観 (A-2F)

で後ろ方向に押しやるようする。溶接速度を上げてスラグから逃げるような運棒は、溶込みを浅くし、開先面と溶接金属の間に融合不良やスラグ巻込みなどの欠陥を作る原因となる。

③溶融する溶接棒長は、約300～350mmとする。

第2層目の溶接

①1層目のスラグを、スラグハンマ、ワイヤブラシを使用して丁寧に取り除く。

スパッタが開先面に付着している場合も、スラグハンマ等で残らず除去する。

②溶接電流は、1層目と同じか、やや低め約170Amp.程度に設定する。

③アークスタートを、開先外の1層目ビード上、ないしは1層目開先始端部上で行い、ウィーピング運棒法により溶接する。この時、左右の運棒幅両端で一端停止して1層目ビード、ならびに開先面を十分に溶融すること。停止時間が短すぎると溶込み不良の発生や2層目ビード形状が凸形となり、3層目以降の溶接に不都合が生じる。適切な停止時間では、1層目ビード上および開先面上にわたる広い溶融池が確実に形成される。

④溶融する溶接棒長は、約300～350mmとなる。

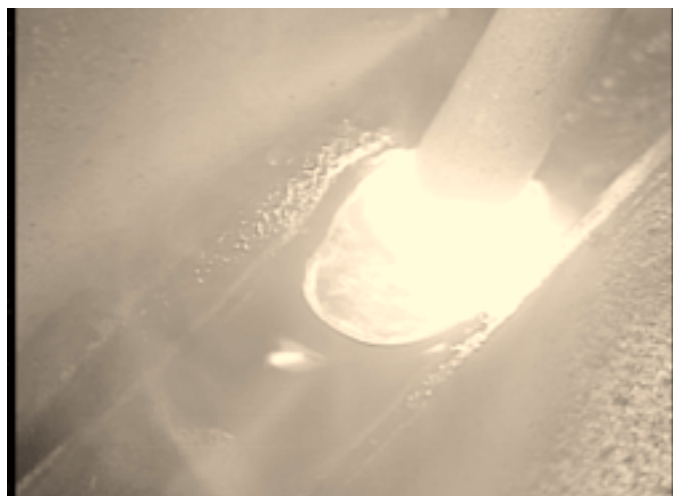


写真20：2層目の溶融池外観 (2A-F)

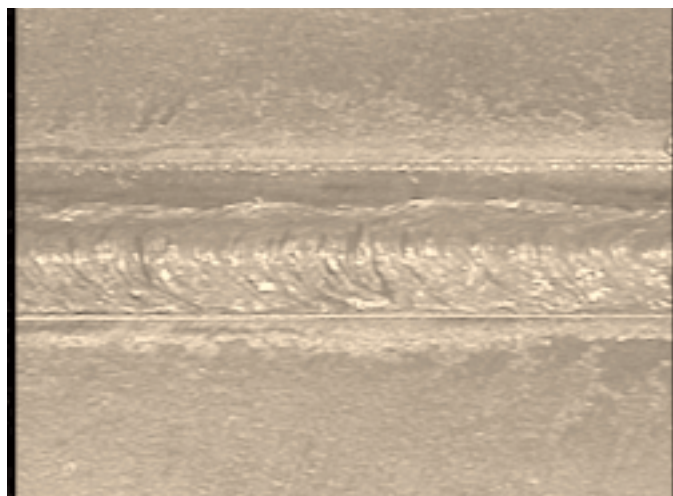


写真21：2層目のビード外観 (A-2F)

第3層目の溶接

①3層目の基本的な溶接方法は、2層目と同一である。

②3層目では、曲がりの無い、まっすぐな仕上げ層(4層目)を得るため、3層目ビードをおいた状態での開先面が約1mm程度残るように溶接することである。母材表面まで溶着すると、仕上げ溶接で溶接線位置がよく分からなくなり、脱線することがある。

開先面上に形成されるよ溶融池面を十分に観察することが重要である。

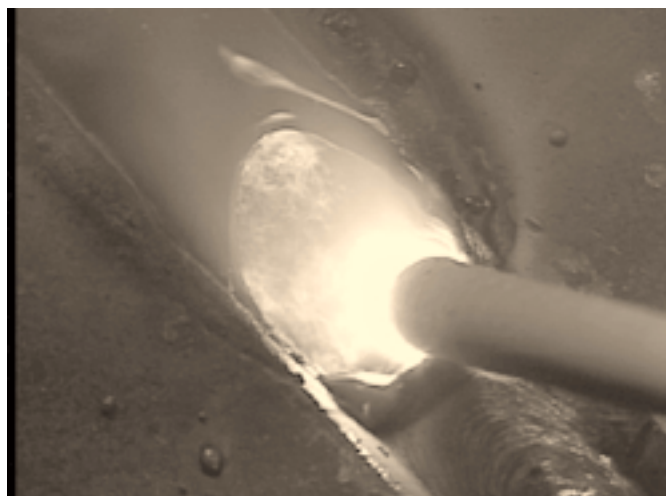


写真22：3層目溶融池の外観 (A-2F)

第4層目(仕上げ層)の溶接

① 溶接部表面を丁寧に清掃する。この間、母材をやや冷却させて仕上げ層でのアンダカットやビード終端での溶接金属の溶落ちなどの欠陥発生傾向を軽減する。

②アークスタートは開先外ビード上、あるいは溶接ビード上から行うバックステップ法とし、全幅ウィーピングによる1パス仕上げとする。

開先始端部では、特にアーク長を短く保ち、十分な溶着金属をつける。この時、開先幅両端部近傍から溶着を開始すれば、比較的大量の溶接金属も容易に溶着できる。

ウィーピングに際しては、ゆっくりと運棒し、溶接棒外縁部は開先よりはみ出さないように注意する。また両端で停止気味にし、溶融池の広がりを待って、開先幅より片側1mm程度広幅の溶接ビードを溶着する。

一般に低水素系溶接棒では、溶融池中へのスラグの入り込みは無く、溶融金属面が露出しており、溶融池終端の凝固線の形そのものが、ビード形状を形作る。したがって、溶接中はこの凝固線の形を注意深く観察することにより、溶接後のビード外観・形状が予測できる。

③4層目では、溶接棒1本のみでは溶接が完了しないことが多い。この場合、ビード継ぎを行って溶接する。

溶接ビード継ぎでは、アーク切断後、素早く溶接棒を交換し、



写真23：仕上げ層の溶融池外観 (A-2F)

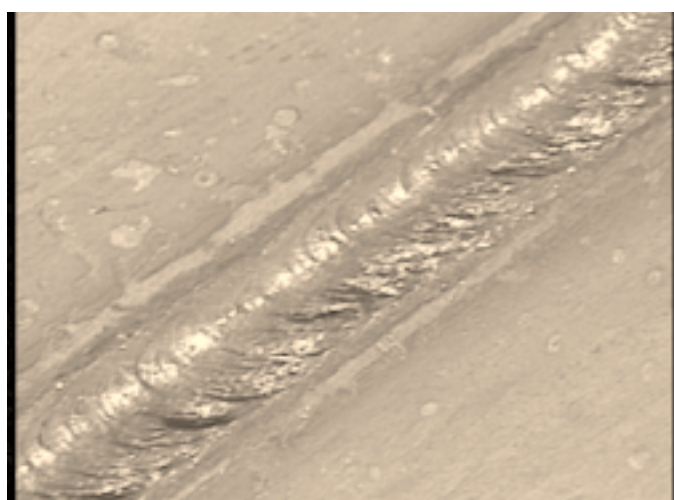


写真24：仕上げ層のビード外観 (A-2F)

クレータ上のスラグを除去後、バックステップ法によって溶接する。

バックステップ法では、ビード継ぎ目前方約10～20mmの個所でアークスタートした後、アーク長を短く保ったまま素早くクレータ部に引き返し、クレータの最終凝固線をなぞるように円弧状に運棒してアーク切断前の溶融池を再現し、以後、従前の溶接を続行する。

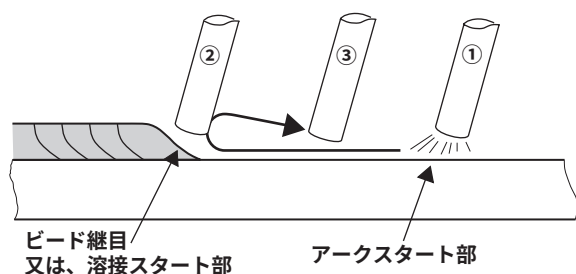


図9：バックステップ法によるビード継ぎ運棒法

⑤ビード終端では、そのままアーク切断を行うと、溶接ビード面が凹み、クレータが生じる。これを防止するためクレータ処理を行う。

クレータ処理の方法としては、2種類の方法がとられる。

その1：終端部で溶接棒進行を一時停止するとともに、クレータ上でアークを複数回断続し、アーク切断により溶融池を冷却させて溶融金属の溶落ち防止しつつ、凹みを修正する。

その2：終端部で溶接棒進行を一時停止するとともに、アークを短く保ったまま溶融池上で小さく左右、あるいは丸く回転運棒して凹みを修正する。この時、母材終端線より7～8mm程度内側で運棒するとよい。

また、この時アークが長くなると溶融金属の溶落ちが生じ易くなる。

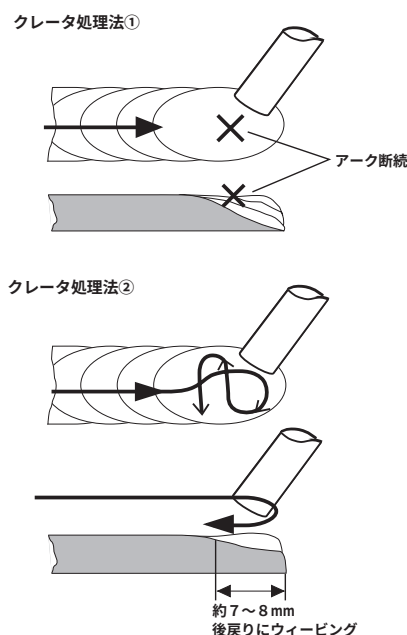


図10：ビード終端のクレータ処理法

イルミナイト系溶接棒によるA-2F(裏当て金あり)の溶接

- ①溶接棒は、4φmmのものを使用する。
- ②溶接電流を約180Amp.に設定する。その他、溶接棒保持角度等は低水素系溶接棒を使用する場合とほぼ同様である。
- ③1層目のアークスタートは、裏当て金上で行い、アークが安定するのを待って、アーク長を短く保ったまま開先内に入る。特に開先始端部で十分な溶融・溶込みが得られるように運棒することが、安定した溶接の基本となる。
イルミナイト系溶接棒の溶融スラグの挙動は低水素系とは全く異なり、溶融池内に入り込んでくる。入り込むことにより、初めて良好なビード形状・外観が得られる。これをコントロールし、スラグ巻込みなどの溶接欠陥を防止することが、溶接のポイントとなる。

溶融スラグ巻込みを防止するためには、アーク長を短く保つことが重要である。また、溶融スラグが溶接棒先端に接触・付着するような現象が生じた場合、溶接棒傾き角を大きく(倒して)してアーク吹付け力により切り離す。アークを長くしたり、運棒速度を大きくして改善を図ろうとすると、裏当て金および開先面の溶融が不十分になり、スラグ巻込みや溶け込み不良を引き起こす。

- ④2層目～4層目は、ウィーピング運棒により溶接する。この場合も、スラグへの対処法は、1層目と同一である。低水素系に比較すると、スラグの特性に起因して溶接ビードがもともと平滑であり、ウィーピング両端での停止時間が多少短くても、良好なビード形状が得られる。
- ⑤仕上げ層(5層目)の溶接では、低水素系溶接棒に比較して余盛高さが低くなり易いので、運棒速度などに留意する必要がある。また、ビード始端部では、低水素系の場合と同様、スラグが溶融池に入り込まず、溶融金属面が露出することがある。溶融金属面が露出するとビード形状・外観が悪化するので、溶接棒保持角度を直角方向に立て、アークの吹付け力を減少させて、スラグの溶融池中への入り込みを促す。

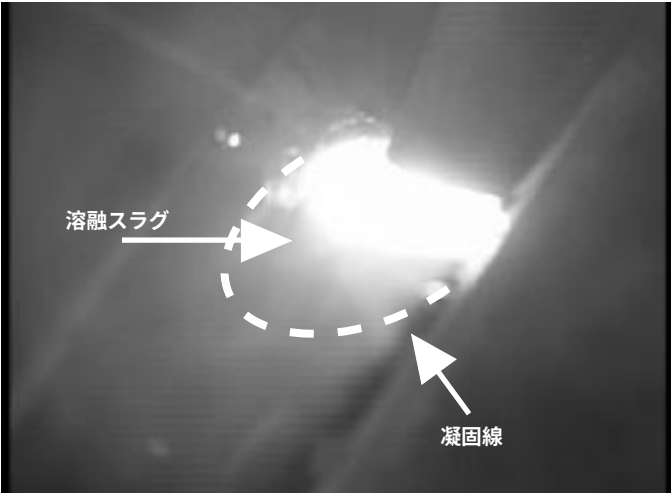


写真25：イルミナイト系による1層目溶融池の外観 (A-2F)

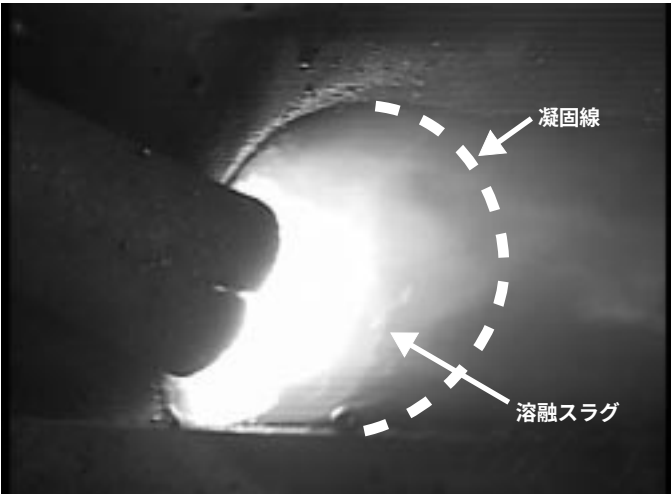


写真26：イルミナイト系による2層目溶融池の外観 (A-2F)

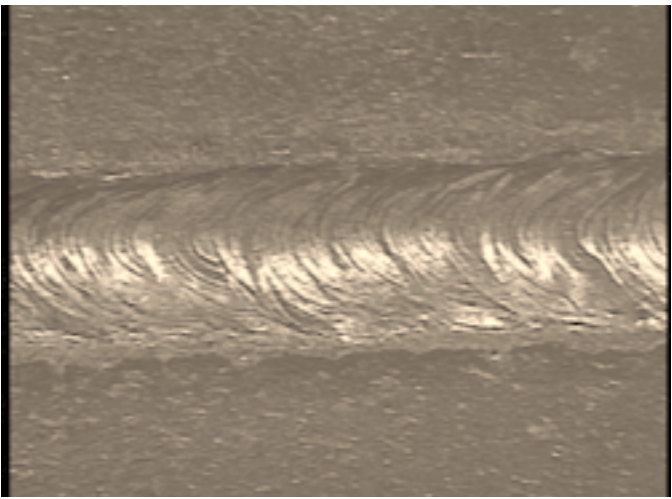


写真27：イルミナイト系仕上げ層のビード外観 (A-2F)

7.2 中板立向突合せ溶接(裏当て金あり)：「A-2V」

母材ならびに溶接棒の準備

母材、溶接棒の準備は、A-2Fの場合と全く同一である。

母材の設置、溶接姿勢

母材は、溶接線を鉛直に保ち、その中心が溶接作業者の肩の高さになるように、適当な架台を使用して保持する。なお、本姿勢では各層を通じて母材の上下を反転させてはならない。

母材に対して半身に構え、溶接棒ホルダを持った手が前後・上下に動かし易く、楽な姿勢をとる。

A-2V(裏当て金あり)の溶接

第1層目の溶接

- ①溶接電流を約140Amp.に設定する。
- ②低水素系溶接棒：4φmmを、溶接棒ホルダに約120度の角度で保持する。



写真28：立向溶接の作業姿勢



写真29：溶接棒ホルダの保持状況

- ③アークスタートを母材下端裏当て金上に行い、アークが安定するのを待って狭いウィービング運棒法で開先内の溶接を行う。特に開先始端部には、十分に溶着金属をつける。溶接棒の鉛直面に対する保持角度は上向き約75度。アーク

長を短く保ち、運棒の両端では開先面に被覆剤側面を押し付けるように運棒する。この時、溶接棒先端は、裏当て金および開先面に形成された溶融池(溶融金属)をアークの吹付け力で押し上げるような位置関係に保持すると良い。

長いアーク長、あるいはウィービング運棒での両端停止時間の不足は、溶接金属の垂れによる凸ビードの発生ならびにアンダカットを引き起こす。

第2層目の溶接

- ①1層目同様、ウィービング運棒法による1パス溶接とする。ウィービングに際して、アーク長を短く保つため、溶接棒先端下側を溶融池に接触、あるいは沈み込む程度まで近づける。また、開先中央部で早く、両端でやや停止して前ビード両端を十分に溶込ませる。両側開先面へ十分に溶着することより平坦なビード形状が得られる。
- ②本溶接は3層仕上りになる。仕上前の2層目ビード余盛高さを母材表面位置より約1mm程度低く仕上げることで、仕上げ層の溶接が容易になる。



写真30：1層目溶融池の外観 (A-2V)

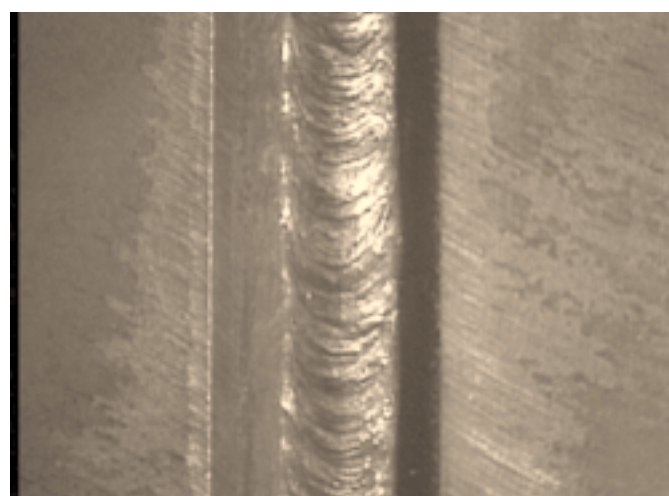


写真31：1層目ビードの外観 (A-2V)



写真32：2層目溶融池の外観 (A-2V)

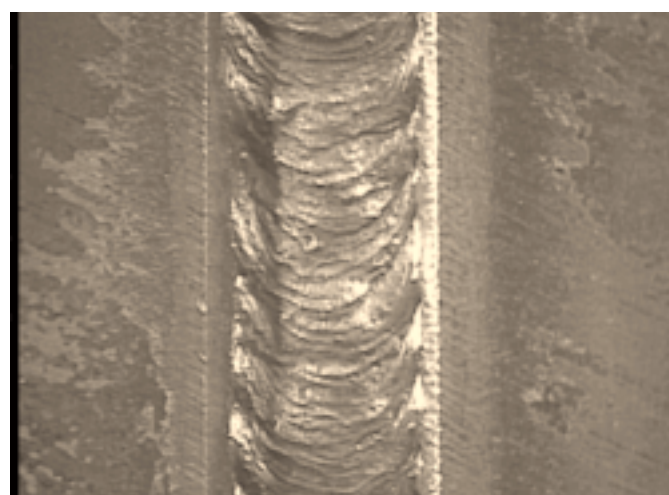


写真33：2層目ビードの外観 (A-2V)

第3層目(仕上げ層)の溶接

- ①基本的な運棒方法は、2層目と同様であり、1パス溶接とする。ウィーピング幅両端では十分に停止し、溶融池の広がり・余盛の形成を待って逆方向に反転する。十分な余盛を付けるため、全体的に運棒速度は遅くなる。また開先幅を超えた運棒は、少しの手振れなどによるアンダカット発生やビード幅不揃いの原因となる。
- ②3層目は、必ず棒継ぎが必要となる。1本目の溶接棒が終了すると直ちに溶接棒を交換し、バックステップ法により棒継ぎを行う。バックステップに引き続いて、溶接棒先端で前クレータの下縁をなぞるように運棒を行うことにより、アーク切断前の溶融池形状を再現させ、溶接を続行する。これにより滑らかなビード継ぎ目が得られる。
- また、溶融池が赤く色づいている間に棒継ぎを行うと、継ぎ目に生じやすいブローホールなどの欠陥防止に効果がある。切断直後に棒継ぎできない場合は、前溶接棒によるクレータのスラグを除去した後、棒継ぎを行う。
- ③溶接部ビード終端では、溶接部の過熱による溶接金属の溶落ちや、溶落ちを恐れた急速運棒により余盛不足が生じやすい。あくまでもアーク長を短く保ちつつ、アーク断続によるクレータ処理を行うか、連続アークの状態で母材上端の板厚断面上に溶着することにより、ビード終端部の十分な余盛形成が可能となる。
- 後者の場合、裏当て金へのアーク発生を避けた運棒が重要である。
- ④また、2層目～仕上げ層の間に適当な冷却時間を設けることにより、母材の過熱による溶接ビードの溶落ちや凸ビードの形成が避けられる。

イルミナイト系溶接棒によるA-2V(裏当て金あり)の溶接

母材ならびに溶接棒の準備

母材の準備は、A-2Fの場合と全く同一である。溶接棒としてイルミナイト系溶接棒：4φmmを準備する。

なお、イルミナイト系溶接棒による場合、2種類の運棒法がとられる。その一つは、低水素系溶接棒を使用する場合と同様にウィーピング運棒法による方法である。他の一つは、やや高溶接電流に設定し、運棒に際して溶接金属の溶落ちやアンダカットの防止を目的に、溶接棒先端を周期的に跳ね上げ、溶融池からアークを遠避けることにより溶融金属の過熱を防止するウィッピング運棒法である。後者は、高溶接電流が使用されるので溶接能率性に優れている。

なお、低水素系溶接棒によるウィッピング運棒は、好ましくないとされている。



写真34：仕上げ層ビードスタート部の溶融池外観 (A-2V)



写真35：仕上げ層中央部の溶融池外観 (A-2V)



写真36：仕上げ層ビード終端処理 (A-2V)

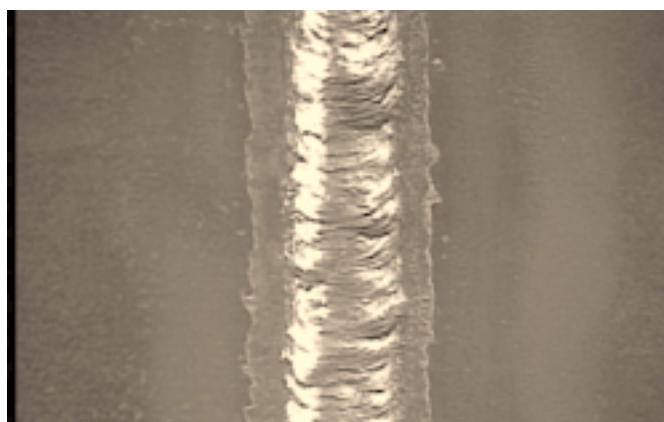


写真37：仕上げ層ビードの外観 (A-2V)

ウィーピング運棒による溶接

第1層目の溶接

- ①溶接電流を約120Amp.に設定する。
 - ②運棒方法、溶接棒保持角度は、基本的には低水素系の場合と同様である。しかし、イルミナイト系溶接棒では、溶接金属の粘性が低く溶接金属の垂落ちが生じやすい。また溶融スラグが溶融池中に入り込み、スムーズに流れ落ちないため溶融池と開先面の溶融状態の観察が難しく、同時に溶着金属の開先面への溶着が妨げられるため、アンダカットや融合不良などの欠陥が発生しやすい。
- 1層目は狭いウィーピング法で施工するが、アーク長を短く保ち、特に両端では開先面を十分溶融させる。また溶融池のスラグを排除するため、ときどき溶接棒先端をわずかに手前に引き、溶融スラグにアークを当てて、アークの吹付けによりスラグを流し去る。



写真38：イルミナイト系1層目溶融池の外観 (A-2V)

第2層目～仕上げ層の溶接

- ①全層ともウィーピング運棒法による1パス施工となる。
- ②運棒方法は、運棒幅が異なるほかは、1層目と同様である。特に仕上げ層では、開先幅両端には十分に溶着し、アンダカットの発生を防止する必要がある。両端停止が不足するとスラグの流れが悪くなり、アンダカットの発生につながる。

ウィッピング運棒による溶接

第1層目の溶接

- ①溶接電流を約140Amp.に設定する。
- ②開先外裏当て金上よりアークスタートする。溶接電流が高く、そのまま保持すると溶融池が過熱し、溶落ちが発生する。溶落ち直前の溶接棒先端を溶接方向前方に向けて、長さ約10～15mmの跳ね上げ動作を繰り返す。この動きをウィッピング運棒と呼んでいる。

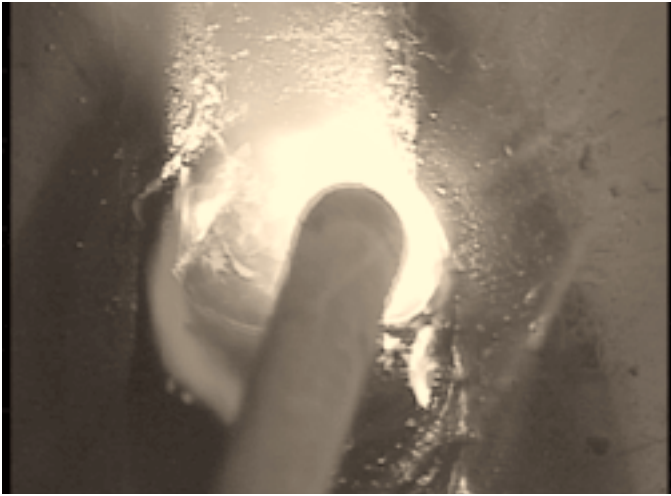


写真39：イルミナイト系による仕上げ層溶融池の外観 (A-2V)

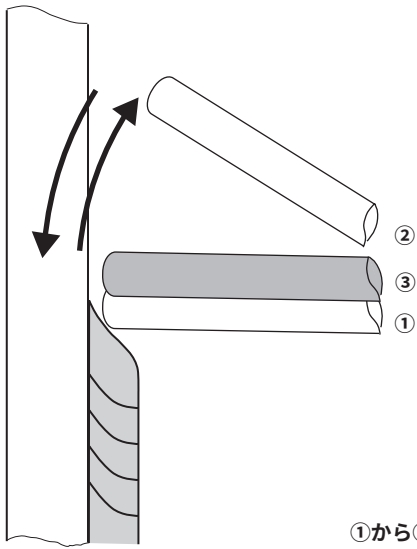


図11：ウィッピング運棒

ウィッピング運棒することにより、溶融池の溶落ちを防止するとともにスラグを排除する。溶融池の冷却・縮小を確認した後は、再度、ほぼ同位置にアークを近づけ、直前の溶融池形状を再現させる。この繰り返しにより溶接ビードを積み上げて行く。ウィッピング運棒ではアークを短くするとともに、両側開先面に十分に溶融した溶融池が再現されていることを確認しなければならない。

第2層目～第3層目(仕上げ層)の溶接

- ①基本的な溶接方法は1層目と同一である。しかし上層になるにつれて広幅のビード幅となるため、ビード幅中間域ではウィーピング運棒、ビード両端でウィッピング運棒となる。中間域のウィーピング運棒部では、運棒速度をやや早くして溶落ちを防止する。また溶接棒先端を跳ね上げている時間は、溶融池の過熱の状態により変化させ、溶融金属の溶落ちが生じるようであれば長くとり、溶融池への熱の供給を抑える。
- ②ビード終端のクレータ処理は、アーク断続法がとられる。



写真40：イルミナイト系によるウィッピング運棒による跳ね上げ前の1層目溶融池外観 (A-2V)



写真41：イルミナイト系によるウィッピング運棒による跳ね上げ後の1層目溶融池外観 (A-2V)



写真42：イルミナイト系によるウィッピング運棒による跳ね上げ前の仕上げ層溶融池外観 (A-2V)



写真43：イルミナイト系によるウィッピング運棒による跳ね上げ後の仕上げ層溶融池外観 (A-2V)

7.3 中板横向突合せ溶接(裏当て金あり)：「A-2H」

母材ならびに溶接棒の準備

母材、溶接棒の準備は、A-2Fの場合と全く同一である。ただし、横向溶接では、溶接変形が大きくなるので、逆ひずみ角度を約5度に設定する。

母材の設置、溶接姿勢

母材は、溶接線を水平、板面が垂直になるように保つとともに、その溶接線が溶接作業者の目の高さになるように適当な架台を使用して保持する。なお、本姿勢では、立向姿勢の場合同様、各層を通じて母材の上下を反転させてはならない。

母材に対して正対し、溶接棒ホルダを持った右手が前後・左右に動かし易く、楽な姿勢をとる。



写真44：横向溶接の作業姿勢

A-2H(裏当て金あり)の溶接

第1層目の溶接

- ①溶接電流を約160Amp.に設定する。
- ②溶接棒保持角度は、母材に対して約10度仰角、溶接線に対して約70度に保持する。
- ③開先外、裏当て金上からスタートし、アークの安定を待って開先内に入る。溶接棒先端を溶接線に軽く押し付け、アーク長を短く保つとともに、裏当て金、ならびに上下の開先面にわたる溶融池を形成させる。運棒では、溶接棒先端を意識的に移動させるのではなく、溶接棒の溶融につれて自然に溶接が進行するストリング運棒の感覚の溶接となる。
長いアーク長、早過ぎる溶接速度は、ルート部の溶込み不良、上面開先へのアンダカット、スラグ巻き込みなどの欠陥発生につながる。



写真45：横向溶接1層目の溶接棒保持角度

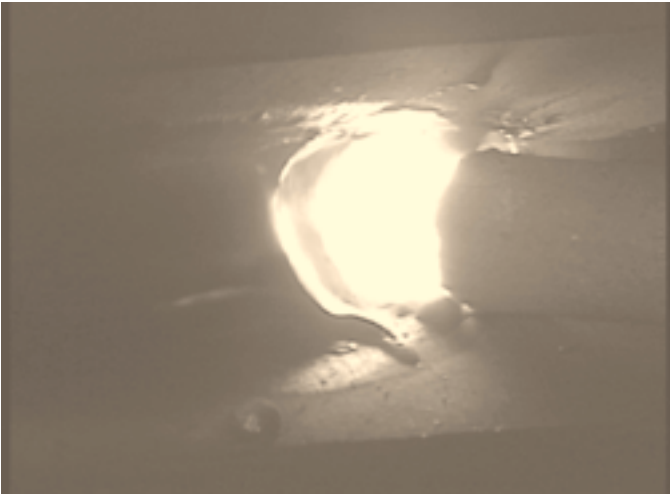


写真46：1層目溶融池の外観(A-2H)

第2層目の溶接

- ①第2層目は、1層2パス溶接とする。
- ②第2層1パス目の溶接では、溶接棒角度を水平(垂直面に対して90度)ないし約10度程度仰角、溶接線に対しては約70度に保つとともに、1層目ビード下側境目に溶接棒先端を押し付け、ストリング運棒の要領で溶接する。この時、溶接後の下側開先面が約1mm程度残るよう、また上側は2層1パス目ビードが1層目ビード幅の約2/3程度に重なるよう、溶融池をコントロールする。
- ③第2層2パス目の溶接では、溶接棒角度を約10～20度程度の仰角に保ち、第2層1パス目と上側開先面で形作られる溝に、1層目溶接と同じ要領で溶接する。溶接棒先端を浮かした長いアーク長は、アンダカットやスラグ巻き込みなどの欠陥発生原因となる。

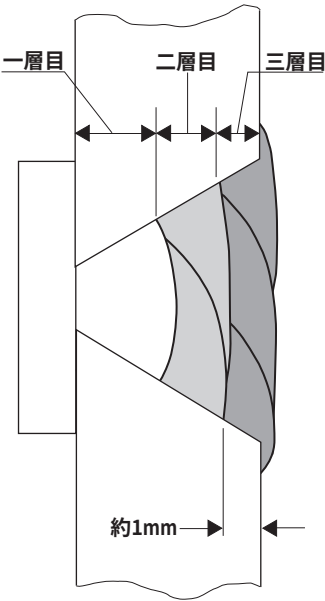


図12：A-2H溶接のビード積層法

第3層目(仕上げ層)の溶接

- ①第3層目は、1層3パス仕上げとし、最終仕上げ層となる。
- ②第3層1パス目の溶接は、溶接棒保持角度などを含めた溶接条件が第2層1パス目の溶接と同様になる。溶接棒を下側開先面に押し付け、溶融池の広がりて開先線より約1mm程度外に広がった溶接ビードを得る。また溶接中は十分な余盛が形成されていることを溶融池凝固線の観察から確認する。
なお、本3層1パス目ビードの良し悪しが、仕上げ層全体の出来栄に及ぼす影響は極めて大きい。
- ③第3層2パス目の溶接では、第3層1パス目ビードの最頂部近傍に2パス目ビードの下端が重なるよう、また2パス目ビード上側の線は、2層目ビードの上側の線よりやや上、ないしは、ほぼ同じ位置にくるようにすると良い。

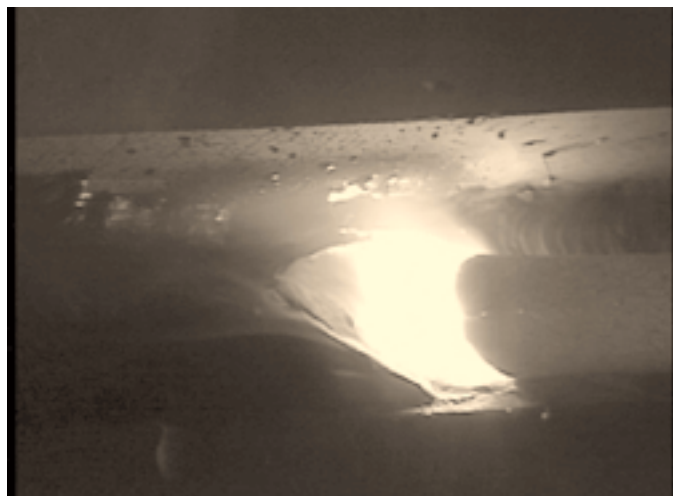


写真47：2層1パス目溶融池の外観 (A-2H)

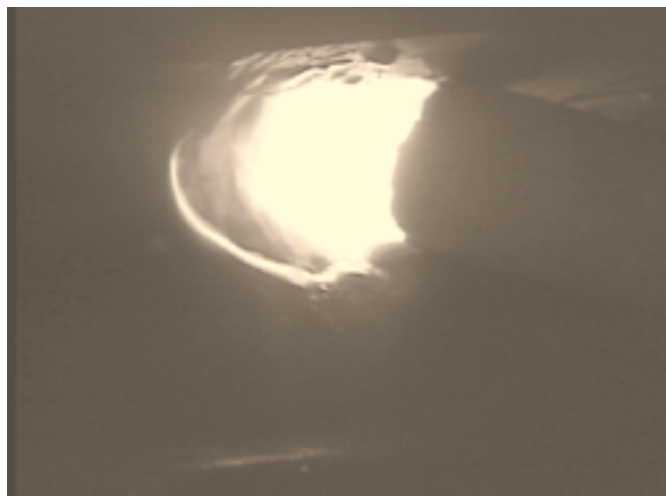


写真48：2層2パス目溶融池の外観 (A-2H)

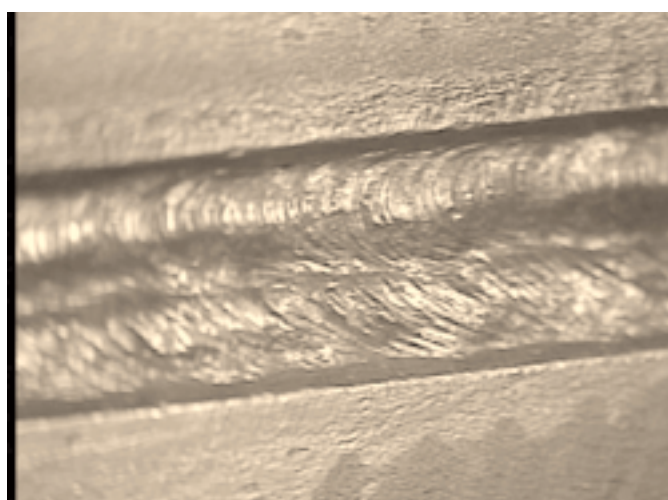


写真49：2層目溶接ビードの外観 (A-2H)

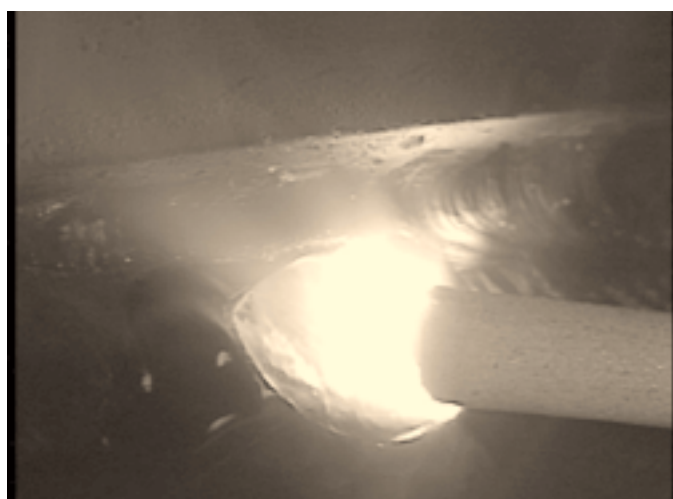


写真50：仕上げ層1パス目の溶融池外観 (A-2H)

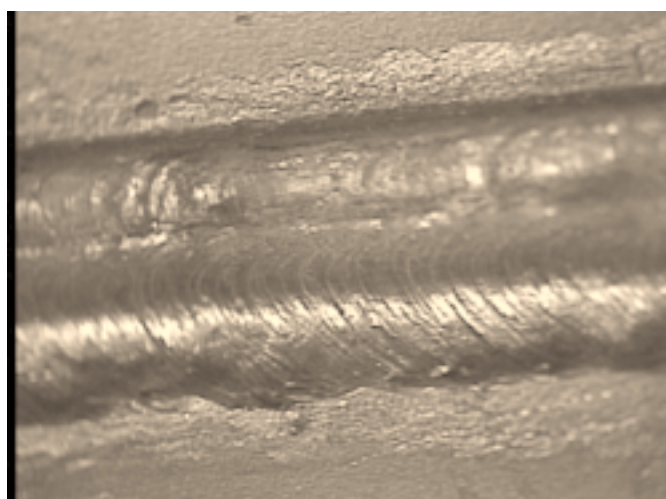


写真51：仕上げ層1パス目ビードの外観 (A-2H)

④第3層3パス目が最終パスとなる。ただし、場合によっては、さらに3パス目の要領で4パス目を溶接することもある。最終パスは、母材の過熱が原因でビード上側にアンダカットが発生し易く、溶接に先立って冷却時間を取るか、多少溶接電流を下げて施工する。
運棒方法は2パス目とほぼ同一である。しかし前2パスに比

較して、さらにアーク長を短く保つ心がけが必要である。長いアークは、直ちにアンダカットの発生につながる。
⑤2～3層目溶接ビードを通して、ビード終端では、アーク断続によるクレータ処理が行われる。
横向溶接は、比較的、溶接電流も高く、終端部の凹みや溶融金属たれ落ちが生じ易いので注意深く施工する必要がある。

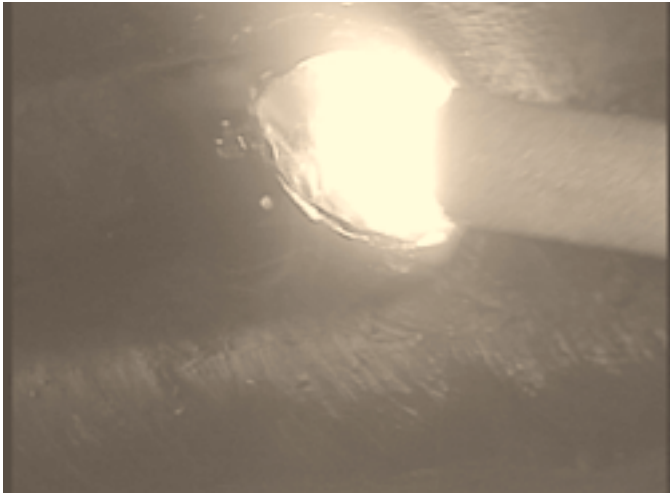


写真52：仕上げ層3パス目の溶融池外観 (A-2H)

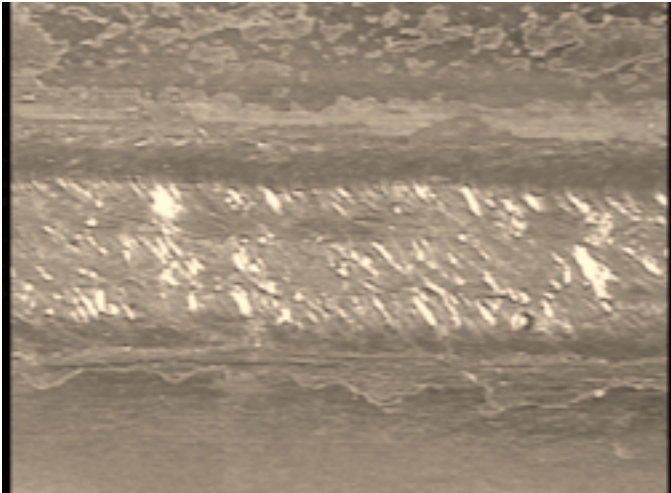


写真53：仕上げ層のビード外観 (A-2H)

7.4 中板上向突合せ溶接(裏当て金あり)：「A-20」

母材ならびに溶接棒の準備

母材、溶接棒の準備は、A-2Fの場合と全く同一である。

母材の設置、溶接姿勢

母材は、溶接線および板面を水平に保つとともに、その溶接線が溶接作業者の目の高さより約10～15cm上になるように適当な架台を使用して保持する。

また、溶接線を身体に対して直角に配置する。

母材に対して正対し、溶接棒ホルダを持った手は前後・上下に自由に動かし易く、また楽な姿勢をとる。また溶接中に溶接ケーブルの引っかかりなどが生じると、他の姿勢の場合より影響が大きく、溶接ホルダの円滑な操作がきわめて困難になる。足元で余裕を持たせたケーブル配置とすること。

A-20 (裏当て金あり) の溶接

1層目の溶接

- ①溶接電流を約140Amp.に設定する。
- ②溶接棒を溶接棒ホルダに平行、手首と直線になるように保持する。この時、溶接棒のホルダ側端に、刀のつば状の「スパッタ避け」を装着すると、溶接中の溶接用かわ手袋部へのスラグ、あるいはスパッタの落下・付着を防止でき、火傷などの防止になる。
- ③溶接棒保持角度を母材に対して約90度前後に保持し、開先前方より手前に向けて溶接する。開先外裏当て金上よりスタートし、アークが安定するのを待って開先内に進める。溶着金属を重力に逆らって下から上に供給することから、できるだけアーク長を短く保つ必要がある。溶融池上でアーク発生しながら、振幅の小さいウィービング運棒により、開先両端での運棒停止を意識しつつ、両側開先面へ十分な溶接金属を供給することにより平滑なビード形状が得られる。他の

姿勢に比較してスラグが先行し易く、意識して運棒法により後方へ流れるようにするとよい。



写真54：上向溶接の作業姿勢



写真55：スパッタ避けの装着

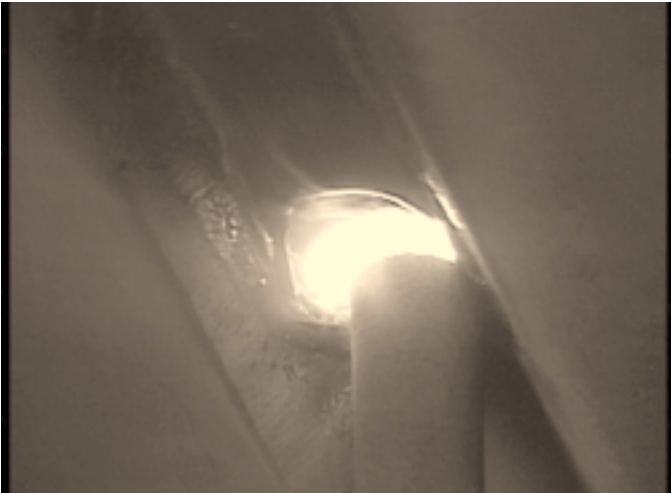


写真56：1層目溶融池の外観 (A-20)



写真57：2層目溶融池の外観 (A-20)

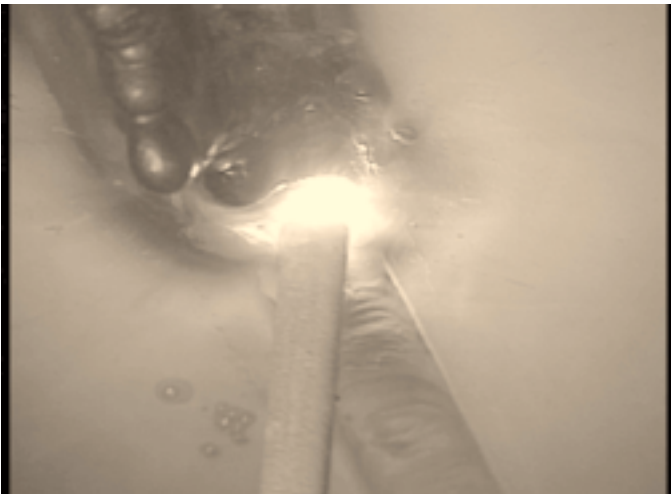


写真58：仕上げ層溶融池の外観 (A-20)

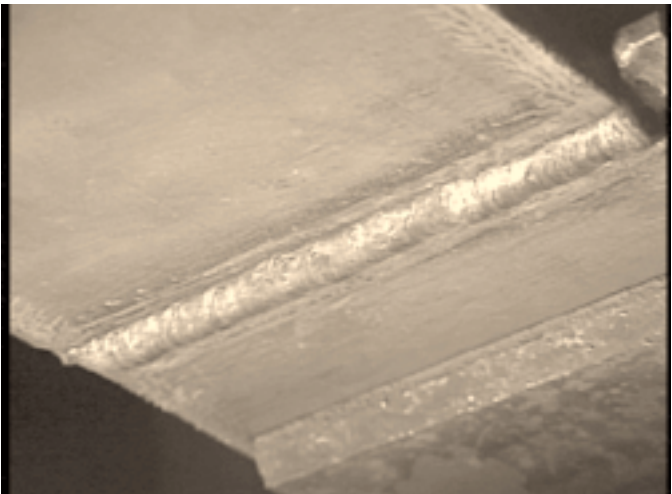


写真59：仕上げ層のビード外観 (A-20)

2層目の溶接

- ①2層目の溶接は1層目とほぼ同じ要領で運棒する。1層目より開先幅が大きくなるので両端での停止時間を十分にとり、中央部は早めに運棒する。2層目ビードが仕上げ層前の溶接となるので、他の溶接姿勢の場合同様、開先面を約1mm程度残して仕上げる。

3層目（仕上げ層）の溶接

- ①運棒方法は、2層目と同様である。ウィービング幅両端では十分な停止時間を取り、中間部はやや早めのウィービングとなる。またアンダカットの発生を防止するため、ウィービング幅は開先幅に止め、両端の停止時間での溶融池の広がりにより母材表面に余盛を形成する。溶接棒保持角度をやや前進角にとることにより、より平滑なビードが得易くなる。
- ②仕上げ層でも、長いアーク長はアンダカットの発生や溶落ちの原因となるので、溶融池に溶接棒先端は触れる程度の短いアーク長に保つことが重要である。
- ③終端部では、アークを断続して、クレータ処理を行う。

7.5 中板下向突合せ溶接(裏当て金なし)：「N-2F」

裏波溶接は、片側から溶接することにより裏側にも良好な溶接ビードを形成することができる溶接法である。主として鋼管などの中空材料の突合せ溶接に使用される。

被覆アーク溶接棒による場合は、裏波溶接専用の溶接棒が使用されることが多い。

母材ならびに溶接棒の準備

母材の形状寸法は、図13に示すとおりである。

ただし、N-2×は、N-2F、N-2V、N-2H、N-2Oを現す。

溶接棒は、1層目裏波溶接用として

低水素系裏波専用溶接棒：JIS Z3211-D4316 3.2φmm、2層目以降用として

低水素系溶接棒：JIS Z3211-D4316 4.0φmmを準備する。いずれも定められた条件で乾燥する。

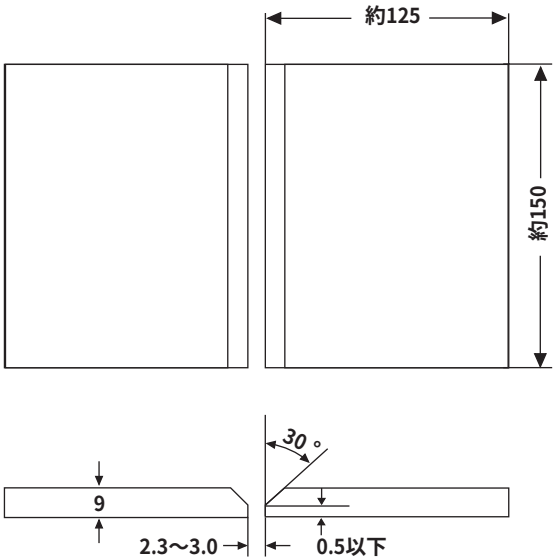


図13：中板突合せ溶接(裏当て金なし)母材(N-2×)形状寸法

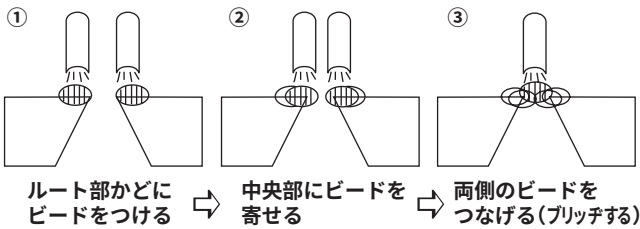


図14：N-2×母材のタック溶接



写真60：タック溶接ビード外観

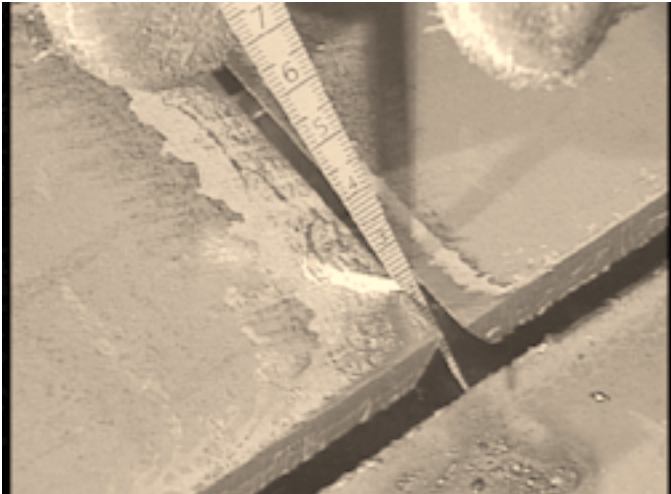


写真61：隙間ゲージの使用状況

母材のタック溶接

裏波溶接では、ルート間隔の大小・適否が溶接結果に決定的な影響を及ぼす。母材と裏当て金を溶接架台に乗せ、隙間ゲージなどを使用して適正なルート間隔に調整した上で、裏側両端2箇所を約8mm程度のビード長でタック溶接する。タック溶接ビードが小さすぎると溶接中にルート間隔が変化し、ルート間隔が狭くなって裏波ビードの溶込み不良や余盛不足が生じる。

タック溶接用溶接棒として、3.2φmmの裏波溶接専用溶接棒あるいは、一般低水素系溶接棒を使用する。

タック溶接における運棒法は、図14に示すとおりである。

裏波溶接では溶接金属量も幾分少なく、溶接変形が小さいので逆ひずみを約2度にとる。

母材の設置、ならびに溶接姿勢

A-2Fの場合と同様な溶接姿勢をとる。しかし、母材は適当な方法により、溶接架台定盤より10mm程度以上浮かせて設置する。

N-2F(裏当て金なし)の溶接

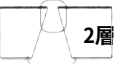
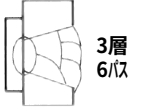
1層目(裏波溶接)の溶接

①低水素系裏波専用溶接棒3.2φmmを使用し、溶接電流：約85Amp.に設定する。また、「A-2×」母材の適正溶接電流条件等の一例を表7に示す。

②タック溶接ビード上よりアークスタートし、アーク長を短く保ちながら振り幅の小さいウィービング運棒により両側開先面を橋渡しするようにして溶着を開始する。溶接棒先端は、常にその2/3程度を溶融池上に置き、溶融池直近の開先ルート部をキーホール状に溶融する。アークおよび溶融スラグ、溶融金属の一部がこのキーホールを通して裏側に流れ、開先裏側にも溶融池が形成され、裏波ビードとなる。

良好な裏波溶接を行うためには、安定したキーホールの形成が必須であり、溶接技能者は、溶接棒のキーホールに対する相対位置、溶接棒保持角度などをコントロールすることになる。

表7：「N－2×」母材の適正溶接電流条件等の一例

母材 姿勢	開先寸法	溶接電流(Amp.)／溶接棒			積層法
	θ _v ：開先角度 R.F：ルート面 R.G：ルート間隙 θ _h ：逆ひずみ	初層 D4316 ／4 mm)	中間層 D4316 ／4 mm)	仕上げ層 D4316 ／4 mm)	
N－2F	θ _v ：60° R.F：0mm R.G：2.4mm θ _h ：2°	80～85	170～175	165～170	 3層
N－2V	θ _v ：60° R.F：0mm R.G：2.4mm θ _h ：2°	80～85	※ 120～125	120～125	 2層
N－2H	θ _v ：60° R.F：0mm R.G：2.4mm θ _h ：3°	80～85	140～150	140～150	 3層 6パス
N－2O	θ _v ：60° R.F：0mm R.G：2.4mm θ _h ：2°	85～90	※ 130～135	130～135	 2層

※この層は、省略することもある

アークの裏側への抜けは、溶接時のアーク音によっても判断でき、独特のくぐもった音が聞かれる。

広過ぎるルート間隔、高過ぎる溶接電流がなどの条件が加わると、溶接金属の溶落ちや裏波ビードの余盛過大（凸ビード形状）が生じる。これを運棒操作で是正するため、溶接棒先端位置を熔融池の後半部に移行させたり、併せてウィービング幅の拡大、両端停止時間の延長、溶接棒傾斜角度の減少などの処置がなされる。

ルート間隔が狭い場合など裏波ビードが形成され難い条件下では、溶接棒先端を熔融池先端位置に保持することにより、可能な限り裏側へのアークを流し、熔融金属の流れを増加させて、裏波ビードの改善が図られる。

ビード継ぎ目部では良好な裏波ビードが得難いが、継ぎ目部近傍での再アークを経へ、またクレータへの再溶着が終了し次第、溶接棒先端全体を急速運棒によりクレータの前方、キーホール部に押し込み、瞬間的に裏側へのアーク流を作り出すことにより比較的良好な裏波ビードを得ることができる。しかしN－2Fでは、できる限りビード継ぎ目を作らないで溶接を完了したい。



写真62：1層目（裏波溶接）の溶接棒保持角度（N－2F）



写真63：1層目の熔融池外観（N－2F）



写真64：アークの開先裏側への抜け状況（N－2F）

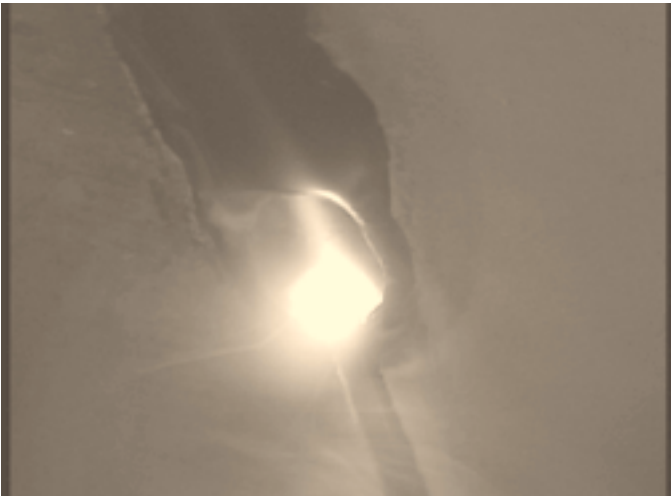


写真65：1層目の裏波ビード熔融池外観（N－2F）

2層目以降の溶接

- ①2層目以降の溶接には一般低水素系溶接棒：4φmmを使用し、溶接電流を約170Amp.に調整する。
- ②1層目のスラグを十分に除去し、A-2Fの第1層目以降の要領で溶接を完了する。3層溶接となる。

7.6 中板立向突合せ溶接(裏当て金なし)：「N-2V」

母材ならびに溶接棒の準備

母材、溶接棒の準備は、N-2Fの場合と同一である。

母材の設置、溶接姿勢

母材の設置、溶接姿勢は、A-2Vの場合と同一である。

N-2V(裏当て金なし)の溶接

1層目(裏波溶接)の溶接

- ①低水素系裏波専用棒：3.2φmmを使用し、溶接電流を約80Amp.に調整する。
- ②溶接棒ホルダへの溶接棒保持角度を、A-2Vの場合同様、約120度にとる。

- ③鉛直に設置された母材に対する溶接棒保持角度を、A-2Vの場合同様、溶接棒保持角度約75度、開先下端タック溶接ビード上より溶接を開始する。溶接はウィーピング運棒による上進溶接とし、溶接棒先端が溶融池面に接触する程度にアーク長を短く保ち、溶着金属を両側開先面に十分になじませるように運棒する。N-2Fの場合同様、十分に溶融池の形状を観察し、キーホールの形成、アークの開先裏側に抜ける音を確認しながら施工する。

- ④N-2Vでは、初層を1本の溶接棒で仕上げることは困難で、必ずビード継ぎ目が生じる。

ビード継ぎ目の運棒方法はN-2Fの場合と同様で、バックステップ法で再アークし、クレータ上に溶着した後、瞬間的に溶接速度を速めて溶接棒先端をキーホール空隙に押し込み、裏側へアークを貫通させることにより開先裏側に溶融池を形成し、ビード継ぎ目部の裏波ビードを得る。

また、1本目溶接棒のアーク切断にあたって、突然に切断するとクレータが形成され、割れや気孔が発生することがある。アーク切断に先立って、溶融池を開先面に移した上で切断すると、これらの欠陥が防止できる。



写真66：1層目(裏波溶接)溶融池の外観 (N-2V)

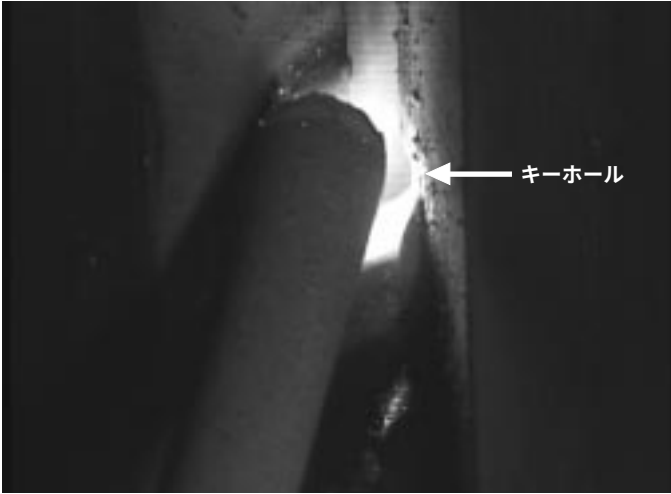


写真67：1層目表側溶融池のキーホールの形成 (N-2V)

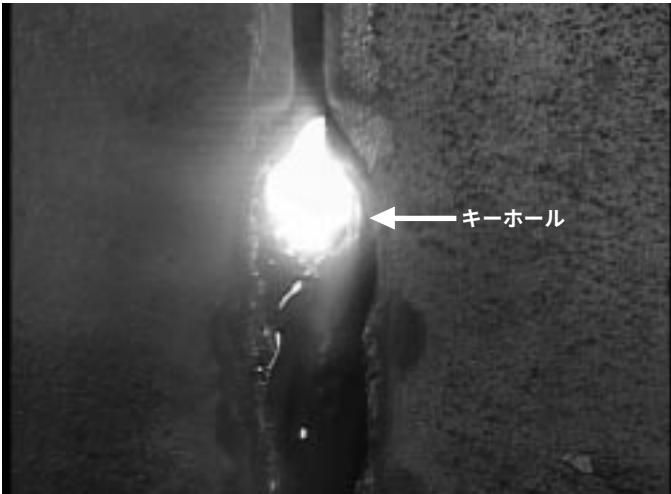


写真68：1層目裏側溶融池のキーホール形成 (N-2V)



写真69：1層目ビード継ぎ部の運棒法 (N-2V)

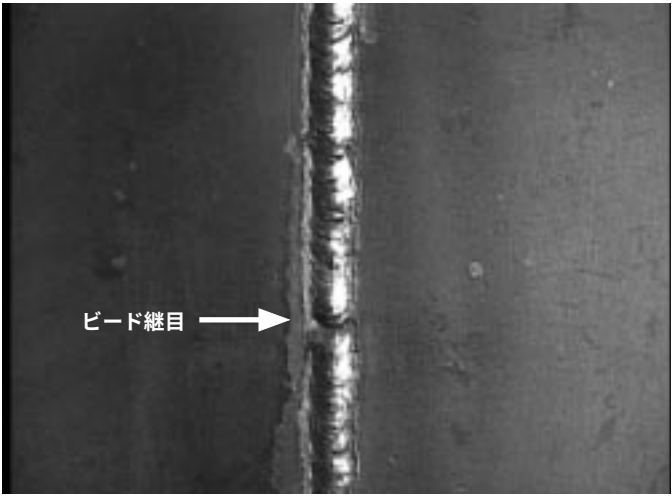


写真70：裏波ビード外観

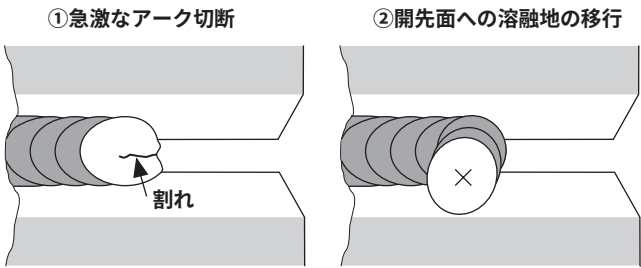


図15：裏波溶接でのアーク切断法

2層目以降の溶接

- ① 2層目以降の溶接には、一般低水素系溶接棒：4φmmを使用する。
- ② 溶接電流を約120Amp.に設定し、ウィーピング運棒による上進溶接で仕上げる。
運棒法は、A-2Vの場合と同様である。

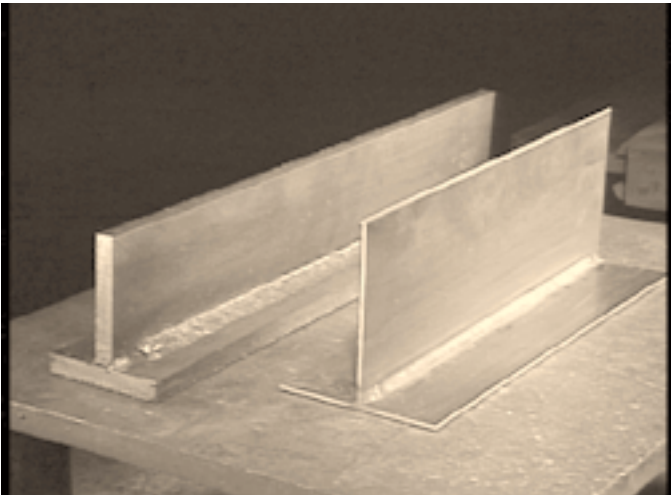


写真71：水平すみ肉溶接例 (T継手)

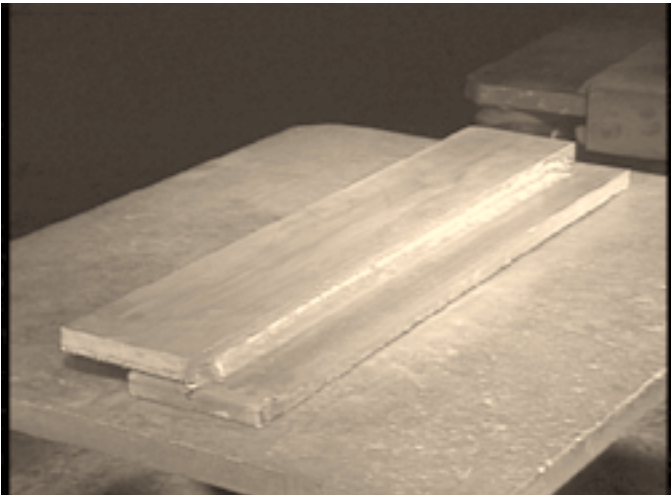


写真72：水平すみ肉溶接例 (重ね継手)

8. 水平すみ肉溶接

すみ肉溶接は、二つの母材面により構成されるコーナ部を溶接するものであり、突合せ溶接と並んで溶接構造物の基本的な溶接継手の一つである。

水平すみ肉溶接は、コーナ部を構成する母材のうちの 하나가、水平に置かれており、最も多いすみ肉溶接姿勢である。

溶接棒としては、ほとんどの被覆系が使用される。使用する溶接棒寸法・母材板厚にもよるが、1パスで溶接できる溶接ビード最大寸法(脚長)は、約8～9mm程度である。この寸法を越えると、多層・多パス溶接が行われる。

水平すみ肉 (1パス) 溶接の基本

- ① グラビティ溶接は、主として水平すみ肉溶接に使用され、構造が簡単な「溶接治具」を使用する溶接法である。傾斜したスライドバーに取り付けられたスライダ(溶接棒ホルダ)に保持された溶接棒は、重力によってすべり落ちる力を利用して、溶接棒先端を溶接線コーナに押し当てられるとともに前方に



写真73：グラビティ溶接機の水平すみ肉溶接への適用状況

運棒される。1人の作業者が4～5台程度を同時に操作できるため、良好なすみ肉溶接が高効率に施工できる。造船や橋梁など、長尺の水平すみ肉溶接の多い構造物の溶接に使用される。

グラビティ溶接には、鉄粉酸化鉄系や特殊系の、寸法5.5～8.0φmmが多用される。

グラビティ溶接の原理を理解し、この動きを再現すれば良好なすみ肉溶接が容易に得られる。

- ②水平すみ肉(1パス)溶接では、溶接棒のホルダへの装着は、下向突合せ溶接の場合とほぼ同一であり、約90～120度で保持する。
- ③溶接棒の母材に対する保持角度を、下板に対して約45～50度、溶接線進行方向に対して約70～80度に設定する。
- ④溶接電流を、下向姿勢の場合とほぼ同一に設定する。
- ⑤溶接棒先端を溶接線コーナ部に軽く押し付けた(アーク長を短く保った)まま、溶接棒の溶融につれて溶接を進行させる。同一の溶接棒を使用しても、溶接速度(運棒比：溶融した溶接棒長さに対する溶接ビード長さ)を変化させることにより脚長を変化させることができる。溶接速度(運棒比)は、被覆系、所要脚長によって変化するが、0.5～1.5程度まで変化させることができる。3.2φmm以上の溶接棒では、得られる脚長は、およそ[溶接棒径] + [1～2mm]程度となる。

水平すみ肉(多パス)溶接

- ①脚長が大きくなると多層・多パス溶接が行われる。先に述べた1層目(1パス)溶接ビードの上に、2層目を溶接する。2層目以降は、多パス施工となる。
- ②2層目1パス溶接は、1層目ビード下端を狙ってストリンガビードの要領で溶接し、スラグ除去後、2パス目を同じくストリンガビードの要領で溶接する。

- ③2層1パス目溶接では、1層目ビード幅の約1/2～2/3を重ね、さらに2層2パス目溶接により、2層1パス目ビード上に重ねて立板の所要脚長寸法分を溶着する。この時、立板側にアンダカットが発生し易いので、アーク長を短く保つ必要がある。

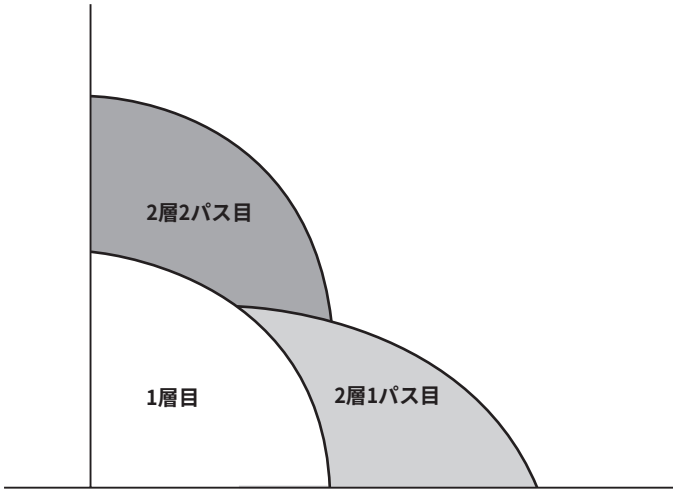


図16：水平すみ肉溶接ビードの積層法



写真74：2層1パス目の溶融池外観

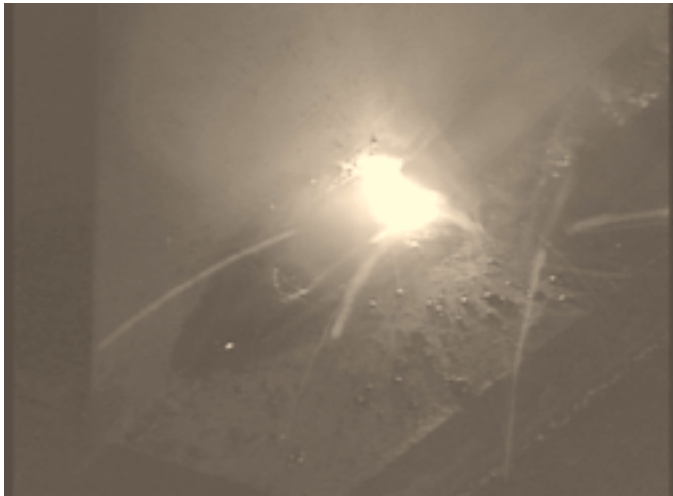


写真75：2層2パス目の溶融池外観

9. 溶接欠陥の種類と防止法

「理想的な溶接継手とは、溶接後、溶接部そのものが母材と同等の物理的性質・化学的性質を有し、所要の形状寸法を備えているもの」と定義するとすれば、これらの特性を損なういかなる状況をも溶接欠陥と云いうる。

極く一般的な溶接欠陥としては、以下のものがある。

- ①最も深刻なトラブルに結びつき易い溶接割れ
- ②溶接ビード形状欠陥としてのアンダーカット・オーバーラップ・脚長不足
- ③内部欠陥としてのブローホール・融合不良・溶込み不良・スラグ巻き込み

これらの欠陥の多くは、溶接技能者の極めて基礎的な技能・知識の欠如が主原因となる場合も多く、僅かな注意を払うだけで防止できることも多い。

代表的なものの一部を紹介する。

被覆アーク溶接における気孔欠陥の原因

- ①溶接部の汚れ：例えば、開先部の油、水分、ペイント、垂鉛めっきなど。

溶接部にアーク熱により容易にガス化する成分が存在するとブローホールなどの欠陥に結びつく。特にすみ肉溶接などでは、立板と下板の重なり部に汚れが存在するとブローホールが発生し易い。

この傾向は、垂鉛めっき材、ペイント塗布材などで著しい。

- ②不適切な溶接条件：運棒操作の不良、溶接電流条件の不良など。

溶接ビード始終端は溶接欠陥が発生し易いが、低水素系溶接棒を使用する場合は、アークスタートでバックステップ運棒を使用しないと、高い確率でブローホールが生じる。低水素系溶接棒を使用する場合は、バックステップ運棒の採用が必須と考えたい。また、低水素系以外でも、特に5φmm以上の太径溶接棒を使用する場合、バックステップ運棒を習慣化したい。

適正電流範囲外の過大溶接電流の使用は、気孔発生に結びつくことがある。特に低水素系以外の溶接棒では、溶接作業性を損なわない条件でも、過大電流の使用によりブローホールが発生し易くなる。溶接作業性のみで判断せず、溶接材料カタログなどを参考にして電流設定する習慣を付けたい。

- ③溶接棒の管理不十分：被覆剤の吸湿、被覆剤の欠損など。

溶接棒の過度の吸湿は、気孔発生の原因となる。特に低水素系では、敏感であり、溶接後のスラグの裏面に穴が見られるようになると、吸湿が進行している証拠である。

また、アークスタート失敗や衝撃などにより被覆剤が欠落した溶接棒を使用するとブローホール発生につながる。被覆剤欠損部を捨て金上などで溶融させ、完全な被覆剤部分になってから使用すること。

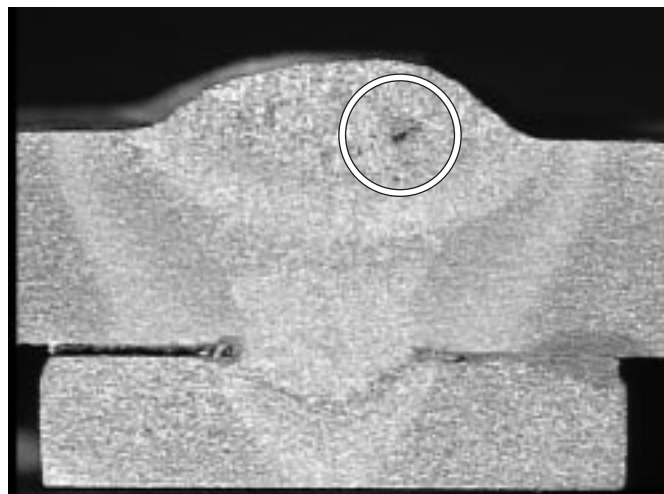


写真76：低水素系溶接棒によるアークスタート部のブローホール（断面外観）

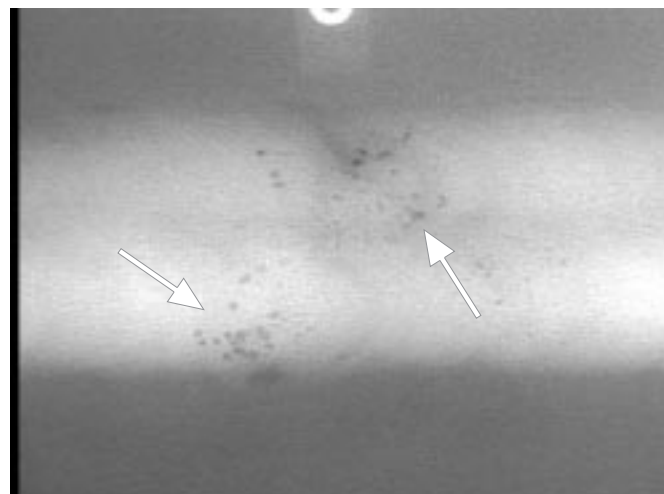


写真77：低水素系溶接棒によるアークスタート部のブローホール（X線透過試験フィルム）

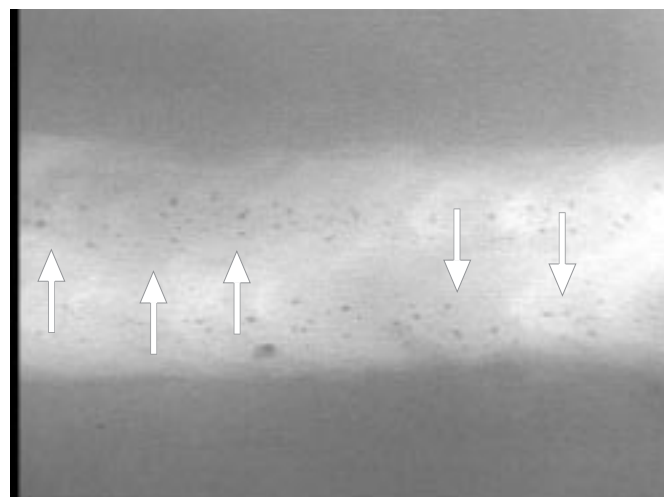


写真78：イルミナイト系溶接棒の過大溶接電流によるブローホール（X線透過試験フィルム）

溶接割れ欠陥の原因

①溶接法が何であるかを問わず、炭素鋼・低合金鋼など「焼き入れ硬化性」のある鋼材、特に強度が高くなる高張力鋼や中高炭素鋼では、溶接部に割れが発生し易い。この割れは、板厚が

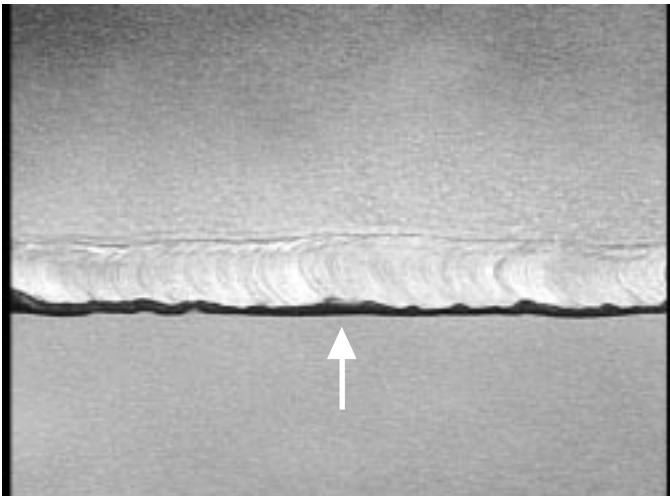


写真79：溶接熱影響部に発生した低温割れ（浸透探傷試験）

厚くなればなるほど、また低水素系以外の溶接棒の使用により、より発生し易くなる。低水素系溶接棒の場合も、吸湿すると溶接金属中の水素量が増加し、割れ易くなる。溶接棒の特性を十分に発揮されるため、使用前に適切な乾燥を施す必要がある。予熱を指示された温度より低い予熱温度や予熱の省略は、割れ発生につながる。

②溶接途中、あるいはビード終端では、急にアーク切断するとクレータ(凹み)が生じ、内部に割れが発生することがある。厚板の溶接などでは、アーク切断時のクレータ処理を十分に行うことが重要である。

融合不良、溶込み不良、スラグ巻込みの原因

①低い溶接電流の採用、早過ぎる運棒速度、長いアーク長は、溶込み深さを減じ、これらの欠陥の原因となる。また、開先面での停止不足や狭すぎるルート間隔、狭すぎる開先角度、スラグの不完全除去なども大きな要因となる。

②イルミナイト系など流動性の高いスラグが生成する被覆系では、運棒技能の未熟による場合も多く、スラグの溶融池への

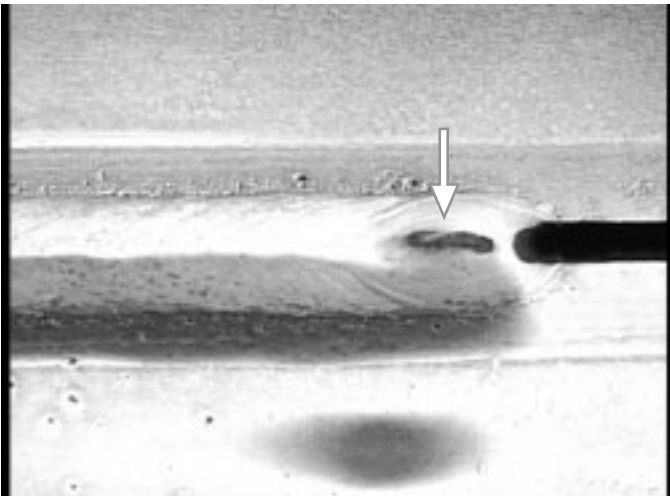


写真80：クレータ処理不良によるクレータ割れ（浸透探傷試験）

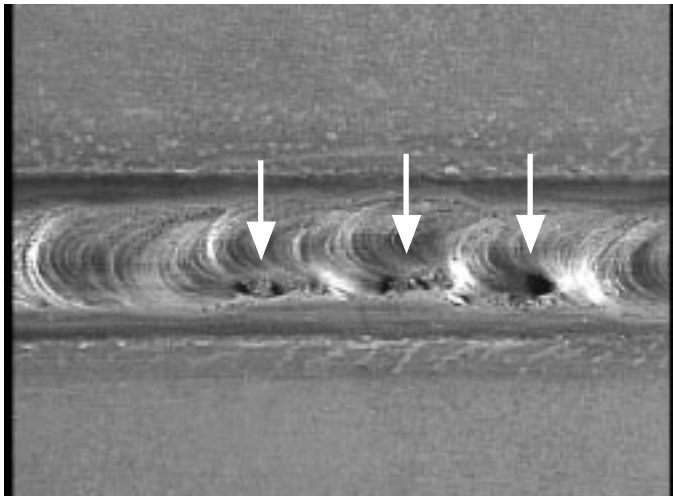


写真82：イルミナイト系溶接棒によるスラグ巻込み

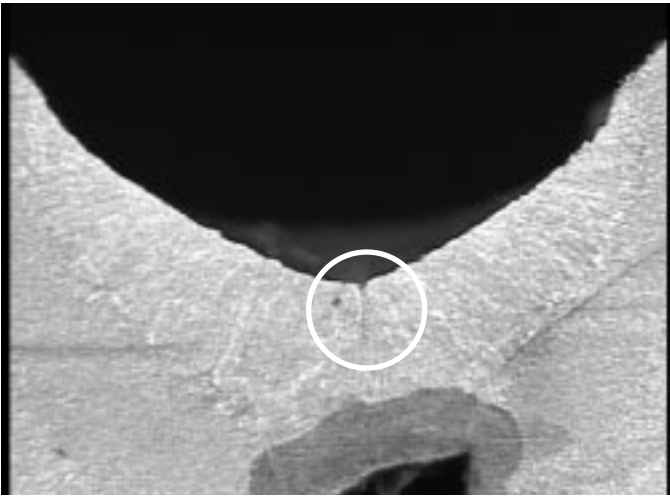


写真81：クレータ割れの断面外観

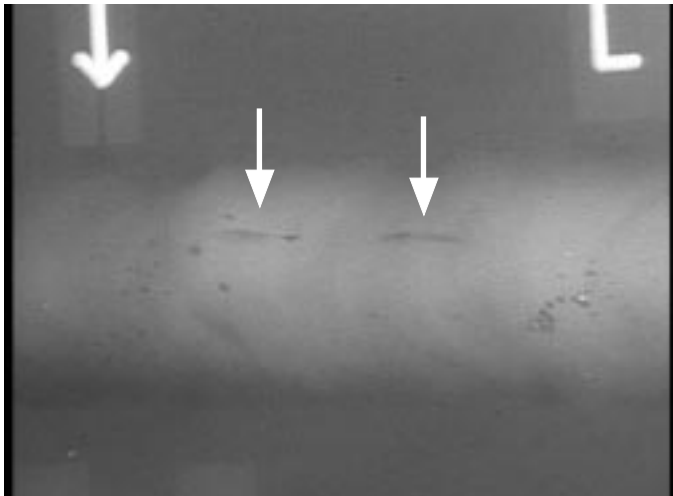


写真83：スラグ巻込み (X線透過試験フィルム)

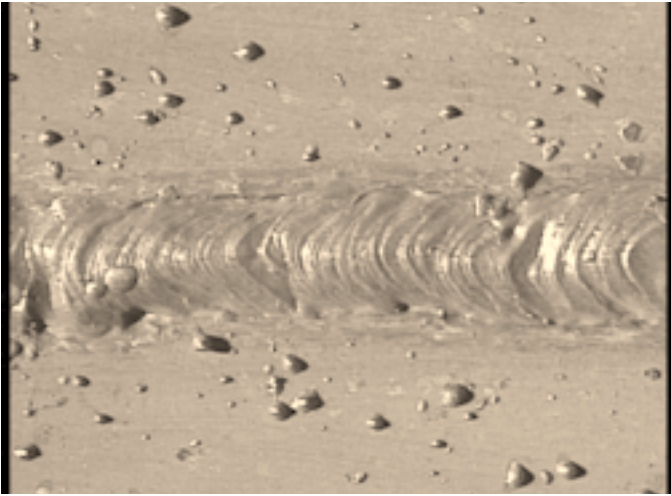


写真84：長いアーク長によるアンダカット、スパッタ（下向姿勢）

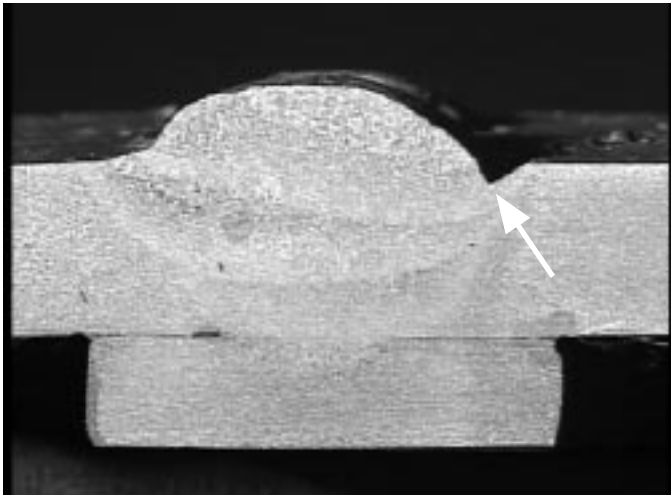


写真85：下向姿勢のアンダカット(断面外観)

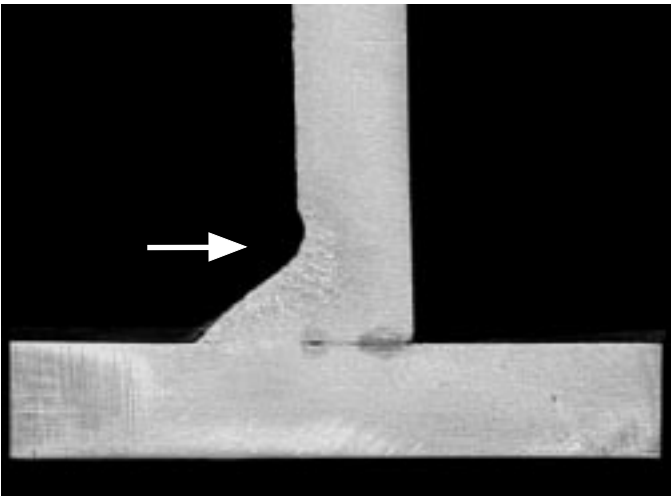


写真86：水平すみ肉溶接でのアンダカット

流れ込みに対して、アークを長くしたり、溶接速度を速めて対応すると溶込み不足(アーク直下の母材、あるいはビードが溶けない状態)となり、スラグ巻込を生じ易い。溶接棒を傾斜させて溶融スラグを後方に逃す、溶接棒先端をスラグ中に押し入れてアーク直下を十分に溶融させるなどの方法により対応できることが多い。

アンダカット・オーバラップの原因

- ①アンダカットは、水平すみ肉や下向姿勢以外の姿勢でアーク長が長過ぎたり、溶接電流が高過ぎるときに生じやすい。特に水平すみ肉溶接では、ほとんどこれが原因となっている。
- ②一方、下向姿勢以外の姿勢における場合は、これらの他に、ウィーピング運棒での両端停止時間の不足や両端での手ぶれに原因している。
手ぶれ対応のためには、両端でアークを短く保つとともに、ウィーピング運棒に際して溶接棒先端位置を溶融池内に止め、溶融池の広がり度でビード幅を確保することにより防止できる。
- ③オーバラップは、溶接電流が低過ぎる場合や、加えて溶接速度が遅い場合に発生し易い。

10. おわりに

「被覆アーク溶接」は、溶接の基本であり、アーク溶接技能者を目指す者は重要である。その被覆アーク溶接の場で培われた「溶融金属の状態(溶融池)を詳細に観察し、溶接電流の調整やアーク点の運動をコントロールして、希望する溶接ビード形状や溶込みを得る」技術は、機械化・自動化された溶接ロボットなどの適用の場にあっても、溶接装置のハードやソフトを理解するのと同様に重要なことであろう。

本ビデオは、被覆アーク溶接技能者として知っておきたい「溶接技法の基礎」を紹介したものであり、繰り返し鑑賞して頂くことにより、そのポイントを掴んでいただけるものと確信している。

以上

平成 12 年度ものづくり人材支援基盤整備事業
－技術・技能の客観化、マニュアル化等－

被覆アーク溶接

実技とそのポイント

発行 中小企業総合事業団 情報・技術部 技術振興第二課

〒105 - 8453

東京都港区虎ノ門 3-5-1 虎ノ門 37 森ビル

TEL：03-5470-1523 FAX：03-5470-1526

無断転載を禁ずる

Copyright ©2001 **中小企業総合事業団** All right reserved.

※ このマニュアルは、（社）日本溶接協会の協力を得て中小企業総合事業団が作成しました。