

原稿No.H01-02

技術資料

裏波溶接用フラックス 「ウラナミックスP-8」

石川島播磨重工業(株) 溝 豊*
Yutaka Mizo
川嶋 巖**
Iwao Kawashima
(株)ツルヤ工場 津久井宏侑***
Hiroyuki Tsukui

1. 概要

ステンレス鋼管及び薄板などの溶接は、片側溶接で施工されることが多く、一般にTIG(タングステンイナートガス アーク溶接)による裏波溶接が多用されている。ステンレス鋼など高合金材料の裏波溶接において溶接部の裏側が大気と接する環境下では、裏波ビードは激しく酸化し健全な溶接部が得られないことから、不活性ガスによるバックシールドが施される。しかし、ガスによるバックシールド施工は段取りやガスの置換に多くの時間を要し、また使用するガスの量も膨大なものとなるため、よりコストが安く、より簡便なバックシールド法の開発が望まれていた。

新たに開発したバックシールド法は、溶接物(開先の裏側)に裏波溶接専用のフラックス(ウラナミックスP-8)を直接塗布することによって、裏波ビードの酸化を完全に防止するものである。

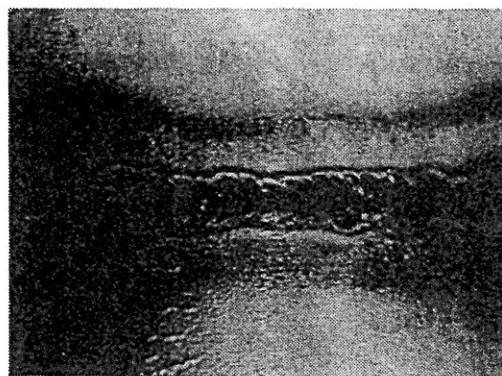
以下に概要を記す。

2. バックシールド施工の概要

ステンレス鋼の裏波溶接に対しバックシールドを施さずに施工した場合、写真1に示すように裏波ビードが激しく酸化する。一般にCr-Mo鋼以上の合金材料(Cr-Mo鋼、ステンレス鋼、ニッケル合金及び銅合金など)の裏波溶接にはバックシールドが不可欠である。

大径管のバックシールドでは、第1図に示すような

* 石川島播磨重工業(株)技術研究所研究員
** 同上 技術研究所課長
*** (株)ツルヤ工場研究部部長



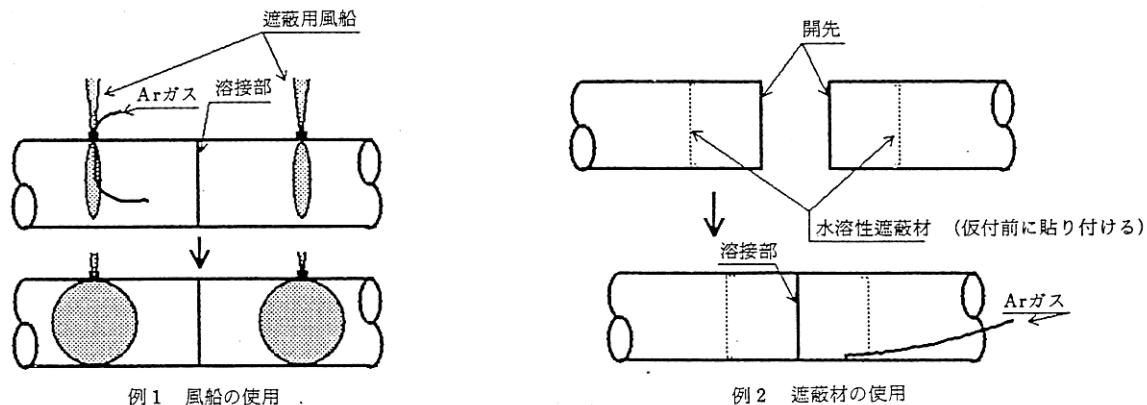
(a) 裏波ビード外観



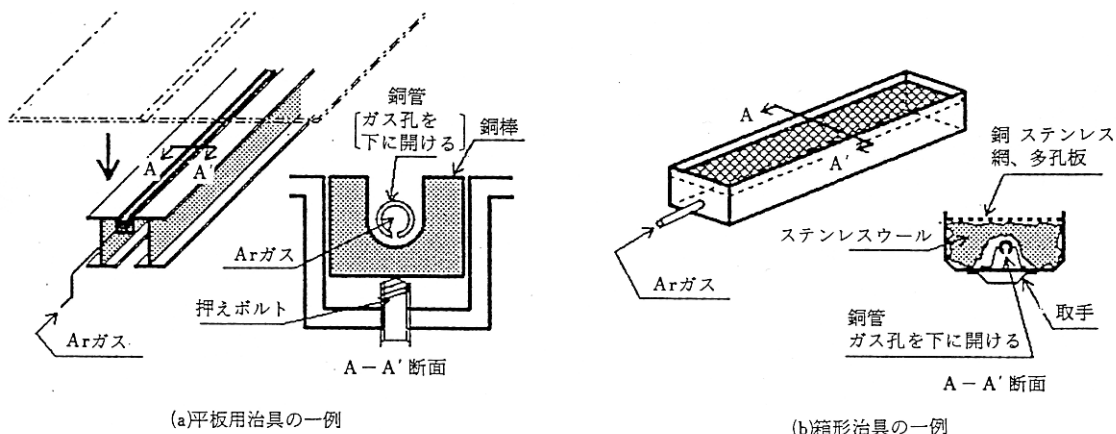
(b) 裏波ビードの断面形状

写真1 ステンレス鋼管の裏波溶接においてバックシールドを施さなかった場合の裏波ビード外観および断面形状

遮蔽治具や遮蔽材などを用いて局部的にシールドを施し、小径管ではバルブなどを利用してシールド領域を限定するか、配管系全体をシールドさせることが多い。また平板では第2図、a)に示す治具が、さらに大形の容器や搭槽類など、人の入ることのできるものでは第2図、b)に示すような治具が用いられることが多



第1図 大径管のバックシールド方法の施工例



第2図 バックシールド治具の一例

い。

バックシールドに必要なガスの量は、対象となる溶接物により大きく異なる。弊社で施工したLNG地下タンクのステンレス鋼配管溶接工事におけるバックシールドコストの割合は、第3図に示すようにバックシールドに使われるガス量が全体の75%を占めており、また溶接全体に占める当コストの割合も11%と大きい。バックシールドコストを低減するため各種の方法が使用されており、第1表に示すように、最近ではステンレス鋼用として溶加材にフラックスを充填したもの、あるいは溶加材にフラックスをコーティングした裏波溶接専用のTIG棒が市販されている。これはガスを使わずにバックシールドができコスト低減効果も充分期待できるものであるが、裏波用と2層目以降の溶接に対し溶加材の使い分けが必要であること、各材質毎に専用の溶加材が必要であること、さらに溶加材から供給されたフラックスを裏側へ廻すために開先に隙間

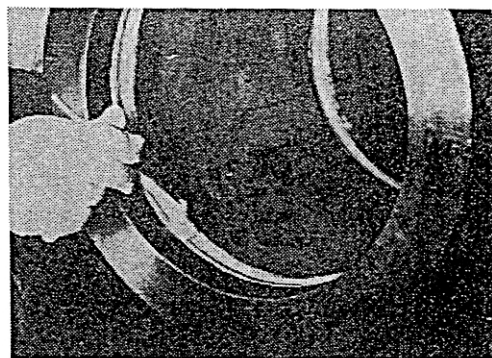
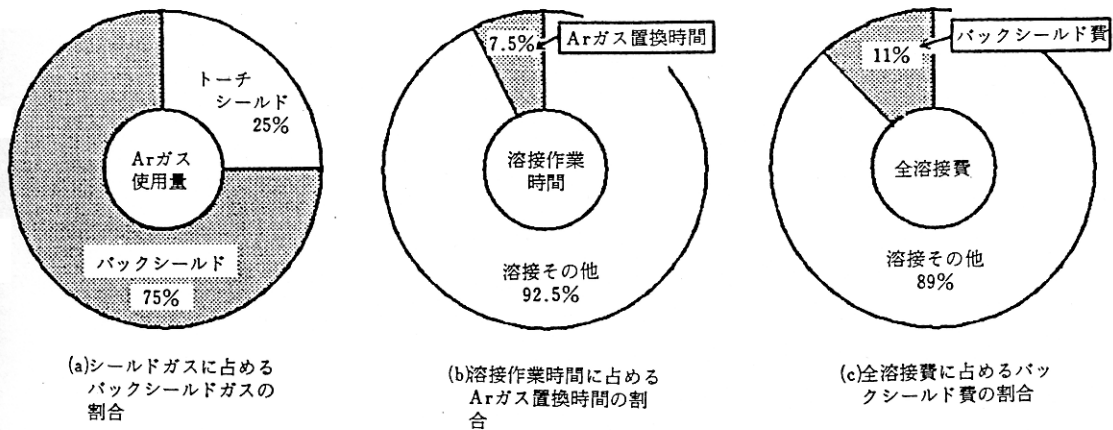


写真2 ウラナミックスの塗布状況

をもたせるか、キーホールを作りながら溶接する必要があり各種の施工上の制約がある。

3. ウラナミックスの特徴

ウラナミックスP-8はペースト状のフラックスで、写真2に示すように溶接物（開先の裏側）へ直接塗布



第3図 バックシールドコストの割合

第1表 各種バックシールド法の特徴

バックシールド法	プリパージの要・不要	遮蔽処置の要・不要	材料への適応性	裏波ビード外観	溶加棒の使い分け
Arガス	必要	必要	制限無し	ビード形状良好	制限無し
裏波専用TIG溶加棒	不必要	不必要	材質毎に使い分ける必要あり	ビード形状良好 裏側にスラグが残留	2層目以降に適用できず
ウラナミックス	不必要	不必要	一種類で広範な材質に適用可能	ビード形状良好 裏側にスラグが残留	制限無し

☐: 優れた特徴

するという極めて簡便な作業により、十分なバックシールド効果を発揮する。また、一種類のフラックスでCr-Mo鋼、ステンレス鋼、耐熱遠心力铸造管など広範な材質に適用できる。さらに、本施工による裏波溶接金属及び溶接継手部の品質は、アルゴンバックシールドによるものと同等の性能が得られる。

4. 施工法

4-1 開先の準備とフラックスの塗布

開先形状、開先の清掃・脱脂などの溶接の前工程は従来法と同じである。

フラックスの塗布法を第4図に示す。a)は開先の裏側へ塗布するもので、最も安定したシールド性を有し基本的な塗布法である。b)は開先内へ塗布するもので、補修溶接など裏側から塗布できない特殊な場合に適用され、フラックスが裏側へ廻りやすくするため1mm以上のルートギャップが必要である。また、仮付けにおいて開先が開き過ぎた場合ではシールドに必要なフラックスが不足するため、c)のように開先内と開先の裏側へ塗布することによってシールド性を多少

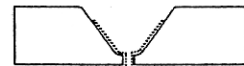
(a)開先の裏側への塗布



(b)開先の表側への塗布



(c)開先の両側への塗布



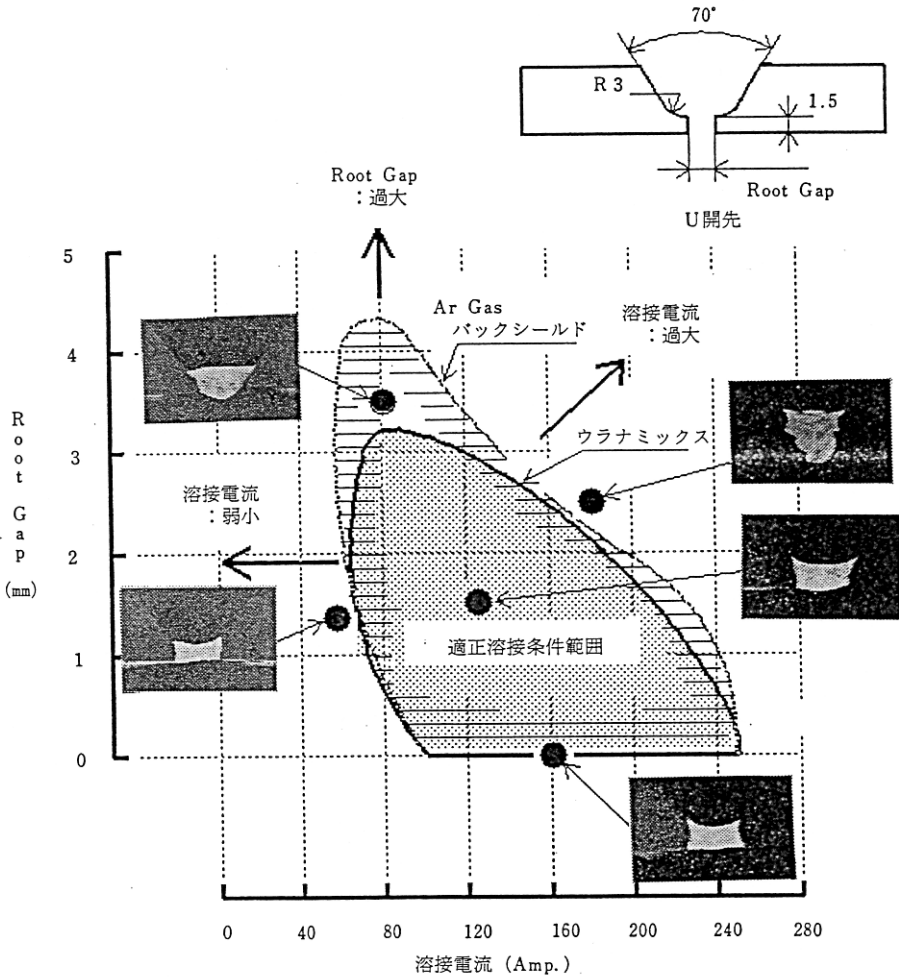
第4図 ウラナミックスの塗布法

とも改善することができる。

フラックスの塗布の量は金属面が覆われる程度としその幅は溶融する範囲のみ塗布されていれば十分であるが、塗布性を考慮し10~20mm程度が適当である。

4-2 仮付け

フラックスの塗布工程を第2表に示す。平板や大径管のように仮付け後にフラックスを塗布できる場合は、仮付け時に裏側が酸化しても本溶接によってその痕跡を完全に無くすることができる。また、小径管のように仮付け後にフラックスが塗布できない場合は、予め塗布しておき仮付けは小さめにする。



第5図 TIG裏波溶接条件 (U開先)

第2表 ウラナミックスの塗布工程

平板および 大形構造物など	仮付け → ウラナミックス の塗布 → 裏波溶接
小径管など	ウラナミックス の塗布 → 仮付け → 裏波溶接

4-3 裏波溶接

SUS304 ステンレス鋼突合せ溶接継手のU開先及びV開先における裏波溶接条件範囲を第5図、第6図に示す。U開先ではアルゴンバックシールドにおける条件とほぼ同様の範囲であるが、V開先ではルートギャップが狭いと裏波が出ずらくなるため、1mm以上のギャップが必要である。

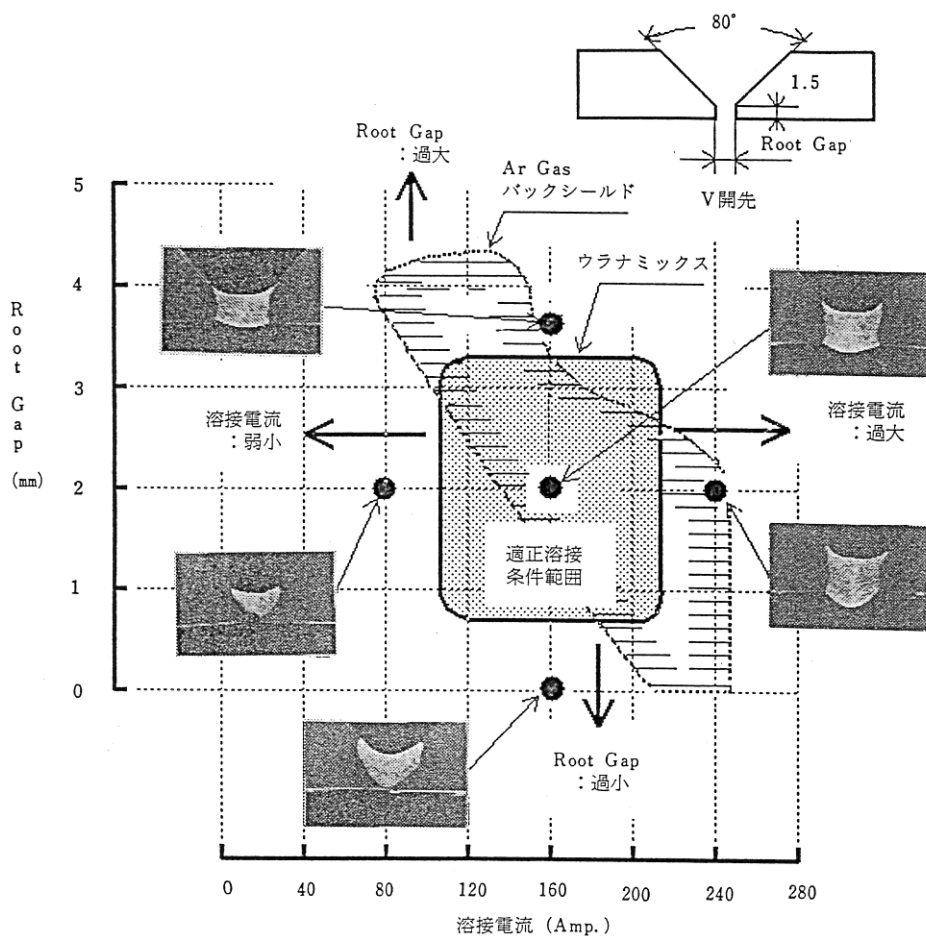
いずれの継手でも塗布したフラックスが十分溶融するように、高めの条件(溶接電流)で溶接することに

より良好な裏波が得られやすくなる。また、ルートギャップの上限は3mm程度であり、これ以下に保つ必要がある。

SUS304 ステンレス鋼管について、ルートギャップを0~3mmまで変化させ、全姿勢溶接にて裏波溶接を行った溶接継手部(2層溶接)の断面ビード形状を第3表に示す。いずれの姿勢・ルートギャップにおいても安定したビード形状を示す。

5. 裏側に付着したフラックス及びスラグの除去

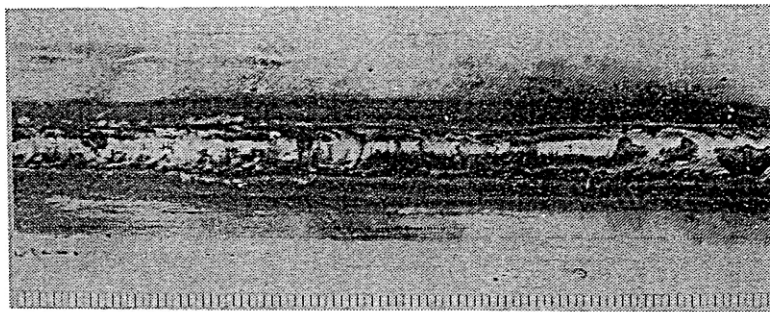
裏側に付着したフラックス及びスラグの残留は施工上重要なポイントとなる。これらの付着状態は溶接の積層により大きく異なる。写真3、a)は1層のみで



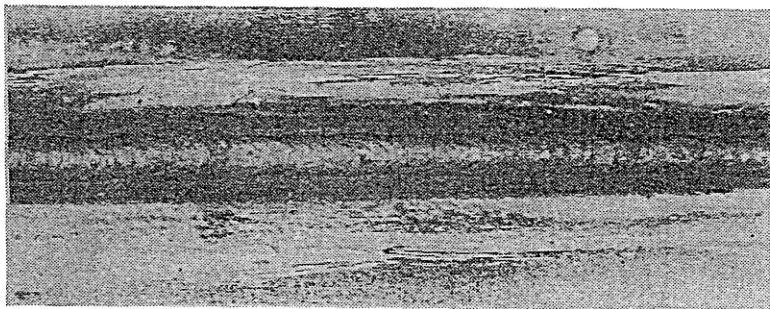
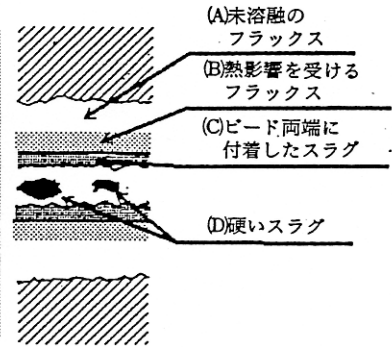
第6図 TIG裏波溶接条件(V開先)

第3表 SUS304ステンレス鋼管全姿勢溶接継手部の断面形状

溶接 姿勢	ルートギャップ				備考
	0 mm	1 mm	2 mm	3 mm	
(A) 下向					<p>溶接部</p> <p>溶接方向</p> <p>溶接層数 : 2層</p> <p>パイプ径 : 100A sch80</p> <p>溶接電流 : 110~130Amp.</p> <p>開先形状</p>
(B) 立向					
(C) 上向					

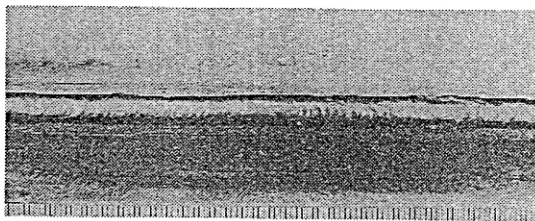


(a) 初層溶接完了後

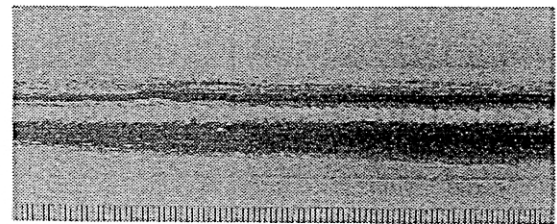


(b)全層溶接完了後

写真3 溶接部裏側の付着物の状況



(a) ワイヤブラシによる除去



(b) 酸洗による除去

写真4 全層溶接完了後の付着物の除去状況

溶接を完了させた状態で、未溶融の白色のフラックス(A)、溶接の熱影響を受けた黒灰色のフラックス(B)、裏波ビード両端の薄いスラグ(C)及び剥離しなかった硬いスラグ(D)などの付着が認められる。写真3、b)は多層溶接(2層以上)を行った状態で、スラグが剥離した後の金属面は熱影響により黒変(E)するが、上記(A)~(D)の付着物は浮き上がりほぼ剥離した状態となる。

付着物の除去方法として、ワイヤブラシ、グラインダおよび流水、酸洗などがあり、これらの除去効果を第4表に示す。初層のみの溶接では特に付着物(D)が硬く、完全に除去するにはグラインダが必要である。また、多層溶接では写真4に示すようにワイヤブラシによってほとんどの付着物(A)~(D)が除去でき、

第4表 各種除去法により除去可能な付着物

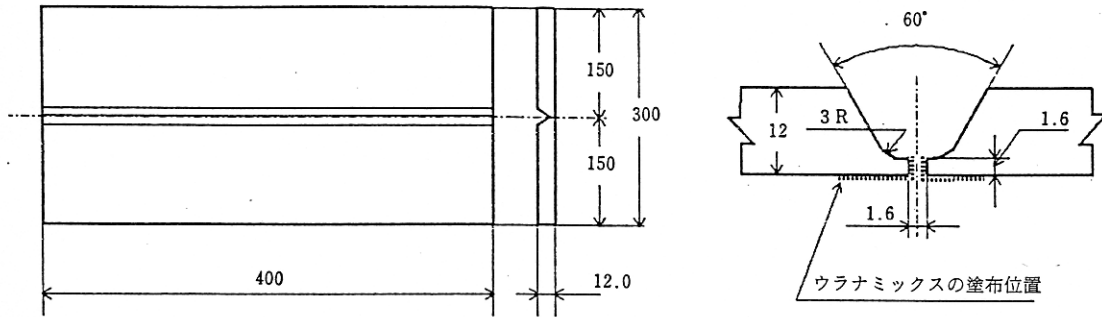
スケール除去法	初層溶接完了後	全層溶接完了後	付着物の形態
流水	効果なし	A~D (わずかに残る)	A: 未溶融のフラックス B: 熱影響を受けた黒灰色のフラックス C: 薄いスラグ D: 硬いスラグ E: 覆層により黒変した金属面
ワイヤブラシ	A, B	A~E	
グラインダ	A~E	A~E	
酸洗	A~C, E	A~E	

さらに酸洗によりビードに付着したスケール(E)が除去できる。

6. 溶接継手部の性能

SUS304 ステンレス鋼についてフラックス塗布による裏波溶接継手部の各種性能を調査した。

使用した供試材を第5表に、試験板形状・開先形状



第7図 試験板および開先形状

第5表 供試材の化学成分 (%)

供試材	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
SUS304母材(12mmt)	0.05	0.64	1.21	0.027	0.003	8.47	18.30
Y308TIG溶加材 (2.4mmφ)	0.04	0.40	1.85	0.021	0.001	9.77	19.75

第6表 溶接条件

バックシールド法	溶接法	溶接姿勢	溶加材	溶接電流 (Amp.)	アーク電圧 (V)	溶接速度 (cm/min)
ウラナミックス	TIG	下向	Y308	80~150	10~13	8~15

を第7図に、溶接条件を第6表に、試験結果を第7表に示す。放射線透過試験結果、機械的性質及び裏波溶接金属のフェライト量、化学成分、硫酸・硫酸銅腐食試験による耐割れ性など、アルゴンバックシールドによる継手と同等の性能を有する。

裏波溶接金属中の酸素および窒素量は大きな値を示すが、同材質の被覆アーク溶接棒及び裏波専用のTIG溶加材による継手と同程度の値であり、実用上問題は無いと判断される。

第7表 ウラナミックス塗布によるSUS304ステンレス鋼の継手性能

試験方法	ウラナミックス		Arバックシールド*1	
	TP No.1	TP No.1	TP No.1	TP No.2
放射線透過試験**	1 級	2 級	1 級	1 級
継手引張試験・引張り強さ(Mpa)	651.7	656.6	647.8	651.7
表曲げ試験	無欠陥	無欠陥	無欠陥	無欠陥
側曲げ試験	無欠陥	無欠陥	無欠陥	無欠陥
裏曲げ試験	無欠陥	無欠陥	無欠陥	無欠陥
縦ビード裏曲げ試験	無欠陥	無欠陥	無欠陥	無欠陥
硬さ測定** (Hv)	220~240		215~240	
Vノッチ衝撃試験** vE ₀	31.4	31.4	33.3	33.3
(1/2サイズ・J) vE ₋₁₀₀	36.3	33.3	41.2	45.1
vE ₋₁₉₆	36.3	32.3	41.2	43.1
フェライト量** (%)	一層仕上		5.7	
	全層仕上		2.7	
溶接金属の化学成分** (%・O, N: PPM)	C: 0.049	Si: 0.67	C: 0.059	Si: 0.57
	P: 0.020	Mn: 1.19	P: 0.017	Mn: 1.44
	S: 0.004	Ni: 8.51	S: 0.005	Ni: 8.69
	Cr: 19.04		Cr: 18.66	
	O: 205	N: 485	O: 16	N: 353
硫酸・硫酸銅腐食試験**	無欠陥	無欠陥	無欠陥	無欠陥
備 考	*1: 参考値 *2: 裏波溶接金属に対し実施 *3: ビードの裏側を計測			

第8表 大形容器シーム溶接への適用

機種: 大形容器シーム溶接(SUS304ステンレス鋼)	
継手形状	裏波ビード外観(初層溶接完了後)

裏波溶接用フラックス「ウラナミックスP-8」(8)

第9表 遠心分離機外胴ボウルへの適用

機種：遠心分離機外胴ボウル(SUS304ステンレス鋼溶接管)	
継手形状	裏波ビード外観(初層溶接完了後)

第10表 リフォーマチューブ/トップフランジの周溶接への適用

機種：リフォーマチューブ/トップフランジの周溶接(耐熱遠心力铸造管 HK-40)	
継手形状	裏波ビード外観(全層溶接完了後)

7. 実機への適用

本フラックスは現在、船舶機装用、LNG施設などのステンレス配管、遠心分離機、発電用タービンなどの回転機器、サイロ、ビール醸造タンクなどの大形設備等に使用されている。ここでは、弊社でウラナミックスを適用しているSUS304ステンレス鋼の縦シームの板継ぎ、遠心分離機外胴ボウル及び耐熱遠心力铸造管の周継手について第8表～第10表に施工例を示す。

8. まとめ

ウラナミックスはバックシールドコストの低減を目的に開発したものであり、フラックスを開先の裏側に塗布するだけの簡便な作業によって、X線性能や機械的性質などアルゴンバックシールド法によるものと同等の性能を有した溶接継手を得ることができる。また、フラックスの使用により溶接作業性など従来のバック

シールド法とは異なる特性も有しており、使用に際しては十分慣れることが大切と思われる。プラントメーカー、装置メーカー、浴槽・厨房設備メーカーなど、各種業界に普及しつつある。

筆者紹介

みぞ ぐち
溝 豊

現在、石川島播磨重工業(株)技術研究所溶接第二研究部研究員。昭和45年3月入社、昭和46年8月に同研究所に配属、高合金材料の溶接についての研究業務に従事、現在に至る。勤務先住所/〒235 横浜市磯子区新中原1番地。電話/045-751-1231。

かわしま いわお
川 嶋 巖

現在、石川島播磨重工業(株)技術研究所課長。勤務先住所/〒235 横浜市磯子区新中原1番地。電話/045-751-1231。

つく い ひろ ゆき
津 久 井 宏 信

現在、(株)ツルヤ工場研究部長。勤務先住所/〒336 浦和市高砂3-17-20。電話/0488-61-2451。