

本資料は 年 月 日付で登録区分、
変更する。 2001.6.20

[技術情報室]

ガラス固化体容器蓋溶接装置による 蓋溶接試験報告書（Ⅱ）

非定常蓋溶接対応試験結果

—高放射性廃液固化研究報告—

1989年11月

動力炉・核燃料開発事業団

東海事業所

く
に
香
な
ま

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)
2001



ガラス固化体容器蓋溶接装置による蓋溶接試験報告書（Ⅱ）

非定常蓋溶接対応試験結果

—— 高放射性廃液固化研究報告 ——

実施責任者 高橋 武士*
報告者 山下 照雄* 西浜 正彦**
江本 秀夫* 黒沢 英任*

ガラス固化技術開発施設（TVF）のガラス注入後の蓋溶接は、下向きノンフィラTIG自動溶接にて行うこととしている。

この蓋溶接部は、溶接条件を管理することで、その健全性を担保することとしており、既にモックアップ試験設備において、TVF実機と同形式の溶接機にて溶接条件の設定、および蓋溶接部健全性確認試験を実施し、適性な溶接条件が確立されている。

しかしながら、TVFにおいて安定な蓋溶接を実施するためには、溶接条件（定常時）の確立と合わせて、停電や溶接機のパワーケーブル断線等の非定常状態から、安全かつ安定に復帰する方法について検討を行っておく必要がある。

本報告では、溶接機のパワーケーブル・信号ケーブルの断線、トーチ冷却水の停止・漏洩、Heシールドガスの停止・過流出、その他予想される非定常状態を模擬し、その時の溶接機の停止状態、および溶接停止部、ならびに再溶接部の検査結果を評価した。

その結果、想定した非定常項目のうち半数以上が再溶接可能であり、その他再溶接が不可能なものについては、溶接装置にインタロック機能を追加することによって対応できることが明確になった。

* 環境技術開発部 環境技術第一開発室（HTS）

** 三井造船株式会社 原子力事業部

目 次

1. まえがき	1
2. 試験方法	2
2.1 溶接装置	2
2.2 非定常状態想定項目の選定および模擬方法	2
2.3 溶接供試体	4
2.4 試験手順および検査項目	4
2.4.1 溶接条件	4
2.4.2 溶接時非定常状態試験および検査項目	4
2.4.3 再溶接試験および検査項目	5
3. 試験結果および考察	17
3.1 非定常状態での溶接機停止状態および溶接停止部観察結果	17
3.1.1 駆動電源系等の異常	17
3.1.2 冷却水・シールドガス異常	18
3.1.3 溶接開先部の異常	19
3.1.4 溶接停止部の断面ミクロ・マクロ観察および化学成分分析結果	19
3.2 再溶接試験結果	19
3.2.1 溶接部外観目視検査結果	20
3.2.2 染色浸透探傷検査結果	21
3.2.3 放射線透過検査結果	21
3.2.4 ヘリウムリークテスト結果	21
3.2.5 化学成分分析結果	21
3.2.6 溶接部断面のマクロ・ミクロ観察結果	21
3.2.7 硬さ試験結果	22
3.3 総合評価	23
3.3.1 再溶接試験供試体の検査結果のまとめ	23
3.3.2 非定常事象についての対応	24
4. まとめ	75
5. あとがき	90

図・表・写真リスト

表-2-1	溶接装置の仕様	6
表-2-2	非定常状態想定項目と模擬方法	7
表-2-3	キャニスタ蓋溶接条件一覧表(基準値)	9
表-2-4	試験検査項目	10
表-3-1	非定常溶接試験結果	26
表-3-2	溶接継手部の評価基準	32
表-3-3	放射線透過検査仕様	33
表-3-4	放射線透過検査成績表	34
表-3-5	放射線透過検査判定記録	35
表-3-6	ヘリウムリークテスト成績表	36
表-3-7	化学成分分析結果	37
表-3-8	断面マクロ組織検査結果	38
表-3-9	Hv硬さ測定結果	39
表-3-10	再溶接供試体検査結果一覧表	40
表-3-11	非定常状態重要度分類および対応策	41
図-2-1	ノンフィラTIG自動溶接機概略図	12
図-2-2	溶接装置システム系統図	13~14
図-2-3	実形状ガラス固化体容器概略図	15
図-2-4	ガラス固化体容器頭部模擬供試体	16
写真-3-1	非定常時の溶接停止部外観	43
写真-3-2	再溶接後の溶接部外観	49
写真-3-3	再溶接後の溶接断面マクロ観察	63
写真-3-4	再溶接後の溶接断面ミクロ観察	73
添付-1	溶接部外観検査基準	76
添付-2	液体浸透探傷試験基準	78
添付-3	放射線透過試験基準	81
添付-4	ヘリウムリークテスト基準	82
添付-5	溶着金属の硬度試験基準	84
添付-6	成分分析基準	85
添付-7	ノンフィラTIG自動溶接機各部の詳細仕様	86

1. ま え が き

使用済核燃料再処理工場から発生する高放射性廃液をガラス固化した後、熔融ガラスを収納するガラス固化体容器には、固化ガラスの飛散防止や、放射性核種の漏洩防止等の物理的な閉じ込め機能が要求される。

そのため動燃では、種々の溶接装置の開発を行い、最終的に下向きノンフィラTIG自動溶接装置をガラス固化技術開発施設(TVF)にて採用することとした。

これまで、この下向きノンフィラTIG自動溶接装置についての溶接条件設定、および蓋溶接部の健全性確認試験等を実施してきており、蓋溶接装置としての十分な機能を有することを確認している。

今回の試験では、蓋溶接の信頼性を向上させるため、施工中に発生が予想される非定常状態を模擬し、その時の溶接機停止状態、および溶接部の状態を調査するとともに、再溶接を行った場合の溶接部の健全性の評価を行い、さらに非定常事象の防止対策の検討を行った。

2. 試験方法

2.1 溶接装置

本試験に使用したノンフィラTIG溶接装置の仕様を、表-2-1に、概略図を、図-2-1に示す。

また、溶接装置システム系統図を、図-2-2に示す。

この溶接装置は、モックアップ試験設備として設置されているものであり、TVF実機とほぼ同仕様である。

なお、溶接装置各部の機能、および詳細仕様を添付-7に示す。

2.2 非定常状態想定項目の選定および模擬方法

表-2-2に、非定常状態想定項目と今回の試験に使用した溶接装置での模擬方法を示す。

非定常状態想定項目の選定に際しては、その発生が予想されるものを「駆動電源系等の異常」「冷却水・シールドガス異常」「溶接開先部等異常」の3区分により摘出・整理した。

主な摘出項目と選定理由を下記に示す。

1) 駆動電源系等の異常

(1) 溶接機（アーク発生機能）

- ・パワーケーブル、トーチスイッチ、電流検知信号ケーブルの断線 : TVFにおいては、溶接機本体が固化セル内に設置され、制御盤はセル外に設置される。そのため動力および信号ケーブルをセル内に引き回すことになり、また溶接機自体は駆動部が多く、劣化・損傷を受け、ケーブルが断線する可能性がある。

(2) 溶接ヘッド

(X、Y、Z軸駆動機能)

- ・X、Y、Zモータケーブルの断線

: 選定理由 ー 同上
また、各軸の駆動モータの焼きつき・放射線損傷による不良も考えられる。

(3) 停電

: 停電による制御機能損失時の溶接機の停止状態（電極の溶融プールへの突っ込みなど）により再溶接が不可能となる恐れがある。

2) トーチ冷却水・シールドガス異常

(1) Heガス・冷却水調整器

- ・冷却水圧検知ケーブル、Heガス量下限検知ケーブル等の断線 : 選定理由 —前記 1) の(1)項と同様

(2) トーチ冷却水

- ・インタロック作動および無作動時における冷却水供給停止 : 冷却水配管損傷などによる冷却水停止、ならびにインタロック機能損失時における停止も考えられる。
- ・溶接部への水漏洩 : 溶接トーチ近傍での冷却水配管の破損などにより溶接部への水滴落下が考えられ、その時の溶接部が健全であるか、または再溶接の可否が問題となる。

(3) Heガス

- ・警報・停止機能無作動時のHeガス供給停止 : インタロック機能損失時における停止も考えられる。
- ・過流出 : ガス流量調整弁の破損などによる、Heガス過流出が想定され、その時の溶融プールなどへの影響や冷却効果による影響が考えられる。
- ・Heガス乱流 : 溶接機近傍の各種ガス配管の漏れや、セル内換気による空気流などにより、Heシールドガスが乱れる可能性がある。

3) 溶接開先部等の異常

(1) 溶接開先部へのガラスファイバ付着

- : ガラス溶融炉からのガラス流下時に発生が予想される糸引きガラスや棒状ガラスの開先部への付着が考えられる。

(2) 蓋形状の変形

- : TVFにおける容器フランジ部への蓋のセットは、マニプレータにて行うこととしており、この操作時の蓋の落下・変形が考えられる。

また、非定常状態の模擬方法は溶接装置の故障等が発生せず、かつ模擬性を損なわないよう簡便な方法で模擬した。

例えば、ケーブルの断線などは、配線端子の取外しなどで模擬している。

2.3 溶接供試体

本試験に供した試験体は、実形状ガラス固化体容器の頭部を模擬したものである。

図-2-3に、実形状ガラス固化体容器の概略図を示す。

また、図-2-4に、容器頭部模擬体を示す。

2.4 試験手順および検査項目

2.4.1 溶接条件

本試験における溶接供試体の温度は、室温で実施した。

また、溶接電流・電圧等の溶接条件は、表-2-3に示す条件により実施した。

2.4.2 溶接時非定常状態試験および検査項目

定常状態で溶接を開始した後、2.3項で選定した非定常状態に移行させ、その時の溶接機の停止状態、および溶接停止部の状態を観察した。

各非定常状態想定項目については、同一供試体に2～4回の繰り返し溶接試験を実施し、再現性を確認した。

その後、溶接部の停止状態（クレータ残存、ビード変形など）により分類を行い、40体の溶接供試体のうち約半数について、溶接停止部の非破壊および破壊検査を実施した。

供試体の溶接停止部の検査項目は下記のとおりである。

- (1) 化学成分分析
- (2) 断面のマクロ・ミクロ組織観察

表-2-4に、各供試体の検査項目を示す。

2.4.3 再溶接試験および検査項目

再溶接試験は、溶接部の停止状態（クレータ残存、ビード変形など）により分類を行い、11項目の非定常状態について再溶接を行った。

表-2-4にて、（*3）印を付記したものが、再溶接を行った項目である。

再溶接の要領は、溶接が非定常状態に移行し、溶接機が自動停止した後（または手動停止させた後）に溶接トーチを溶接開始点にリセットさせ、再び自動溶接を定常条件（表-2-3）にて全周にわたり行った。

再溶接を行った非定常項目の分類としては、非定常状態の条件が異なる場合でも、溶接機の停止状態および溶接停止部の状態が同じものは、1体の供試体を代表として再溶接試験を行った。

例えば、表-2-4においてITEMNo. 1-1、1-2、1-3、2-3、2-4、3-1、3-2及び4-1については、溶接停止部に共通してクレータが発生しているため、1-2の供試体を代表として再溶接を行った。

なお、ITEMNo. 2-1および2-2（X軸およびY軸モータケーブル断線）は、母材の溶け落ちと穴あきが生じており再溶接不可能なため、また、3-3および5-2（Heガス下限検知ケーブル断線およびHeガス過流出）については、溶接機停止状態および溶接停止部に異常が発生しなかったため、いずれも再溶接を実施しなかった。

また、再溶接後の供試体についての検査項目は下記のとおりである。

- (1) 外観目視検査
- (2) 染色浸透探傷検査
- (3) 放射線透過検査
- (4) ヘリウムリークテスト
- (5) 化学成分分析
- (6) 断面のマクロ・マイクロ組織観察
- (7) 硬さ試験

表-2-4に、各供試体の検査項目を示す。

表-2-1 溶接装置の仕様

項 目		内 容	性能・仕様
溶 接 方 法		ノンフィラTIG 溶接法	
溶接姿勢・方向		下向き円周突合せ	
溶接 電源 (入力)	定 格 入 力 電 圧		AC200V
	相 数		三 相
	定 格 周 波 数		50/60Hz兼用
溶接 電源 (出力)	出 力 電 源		5~500 A±2 A
	出 力 電 圧		10~35V±0.1 V
シ ー ル ド ガ ス		純Heガス	
溶 接 条 件 制 御		仮付及び本溶接10ステージの溶接電流, 電圧, 速度をマイクロコンピュータによりプログラムコントロールする。	
溶 接 部 回 転 方 法		X軸, Y軸による溶接トーチの回転による。	
X 軸 ・ Y 軸 ス ラ イ ダ	駆 動 方 法	ボールネジ	
	駆 動 モ ー タ	ステッピングモータ	
	制 御 方 法	パルス制御	1000パルス 5mm
	溶 接 速 度		0~10cm/min ± 2%
Z 軸 ス ラ イ ダ	駆 動 方 法	ボールネジ	
	駆 動 モ ー タ	サーボモータ	
	制 御 方 法	AVC (Arc Voltage Control) 兼用	
	動 作 速 度		max 54cm/min
キャニスタ位置検出 及び溶接位置設定		電極タッチ式。検出したX, Y座標から溶接位置をマイクロコンピュータにより演算する。 位置決め精度0.1mm	
溶 接 速 度			0~10cm/min ± 2%
He 流 量			5~60ℓ/min ± 5%

表-2-2 非定常状態想定項目と模擬方法 (1/2)

区分	非定常状態想定項目	模擬方法
駆動電源系の異常	1. 溶接機 (アーク発生機能) <ul style="list-style-type: none"> 1) パワーケーブルの断線 2) トーチスイッチの断線 3) 溶接指令信号の断線 4) 電流検知信号の断線 2. 溶接ヘッド (X, Y, Z, 駆動機能) <ul style="list-style-type: none"> 1) X軸モータケーブルの断線 2) Y軸モータケーブルの断線 3) Z軸モータケーブルの断線 3. 停電 <ul style="list-style-type: none"> 1) 制御装置電源の停電 	ケーブル接続端子を取り外す。 “ ケーブルに取り付けたストップスイッチにより断線状態とする。 “ モータ電源ケーブルに取り付けたストップスイッチにより断線状態とする。 “ ケーブル接続端子を取り外す。 溶接機制御装置の電源スイッチをOFFにする。
冷却水・シールドガス異常	4. Heガス・冷却水調節器 <ul style="list-style-type: none"> 1) 冷却水圧検知ケーブルの断線 2) Heガス量信号ケーブルの断線 3) Heガス量下限検知ケーブルの断線 5. トーチ冷却水 <ul style="list-style-type: none"> 1) 供給停止 (警報・停止作動) 2) 供給停止 (警報・停止無作動) 3) 溶接部への水漏洩 6. Heガス <ul style="list-style-type: none"> 1) 供給停止 (インタロック無作動) 2) 過流出 (通常条件は60 ℓ/min) 3) ガス乱流 	ケーブル接続端子を取り外す。 “ 信号ケーブルに取り付けたストップスイッチにより断線状態とする。 冷却水供給元バルブにて供給を止める。 模擬信号により冷却水通水状態に模擬し、実際の冷却水を止める。 スポイト等で溶融プール部に水滴を垂らす。 Heガス流量検知器以降のHeラインコネクタを外す。 Heガス流出量を80、100、120、180 ℓ/min の4段階で増化させる。 溶接部に扇風機で風を送る。風速は0.5 ~ 0.6m/sec. と0.7m/secの2条件。

表-2-2 非常状態想定項目と模擬方法 (2/2)

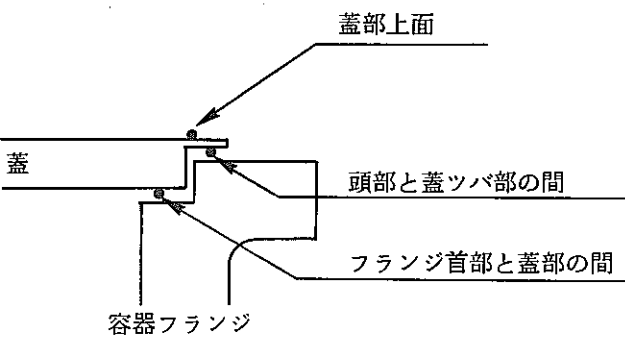
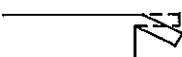
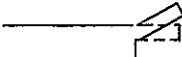
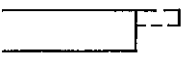
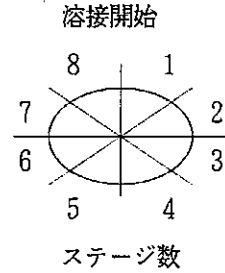
区分	非 定 常 状 態 想 定 項 目	模 擬 方 法
溶 接 開 先 部 等 の 異 常	7. 溶接開先部へのガラスファイバ付着	
	1) フランジ首部と蓋部の間	
	2) 蓋部上面	
	3) 頭部と蓋ツバ部の間	
	8. 蓋形状の変形	
	1) 蓋ツバ部の内反り	
2) 蓋ツバ部の外反り		
3) 蓋ツバ部の脱落 (幅5~6mm)		

表-2-3 キャニスタ蓋溶接条件一覧表 (基準値)

仮付条件

1ステージ : 100A, 16.0V
 3, 5, 7ステージ : 90A, 15.4V



本溶接条件

溶接開始 温度	溶接条件	ス テ ー ジ									
		初 期	1ステージ	2ステージ	3ステージ	4ステージ	5ステージ	6ステージ	7ステージ	8ステージ	ラップ
室 温	電流 (A)	215	215	205	200	195	195	185	185	185	185
	電圧 (V)	16.2	16.2	16.0	15.9	15.8	15.8	15.6	15.6	15.6	15.6
100℃	電流 (A)	210	210	200	195	190	190	180	180	170	170
	電圧 (V)	16.3	16.3	16.1	16.0	15.9	15.9	15.7	15.7	15.5	15.5
150℃	電流 (A)	205	205	195	190	185	185	175	175	165	165
	電圧 (V)	16.2	16.2	16.0	15.9	15.8	15.8	15.6	15.6	15.4	15.4
200℃	電流 (A)	200	200	190	185	180	180	170	170	160	160
	電圧 (V)	16.1	16.1	15.9	15.8	15.7	15.7	15.5	15.5	15.3	15.3
250℃	電流 (A)	195	195	185	180	175	175	165	165	155	155
	電圧 (V)	16.0	16.0	15.8	15.7	15.6	15.6	15.4	15.4	15.2	15.2
300℃	電流 (A)	190	190	180	175	170	170	160	160	150	150
	電圧 (V)	15.9	15.9	15.7	15.6	15.5	15.5	15.3	15.3	15.1	15.1

溶接速度 : 5cm/min

Heガス流量 : 60ℓ/min

表-2-4 試験検査項目 (1/2)

区分	ITEM No.	TP. No (※1)	試験項目	(*2) 検査項目								備考		
				K	VT	PT	RT	HL	CA	M	H			
駆動電源系統の異常	溶接機 (アーク発生機能)	1-1	484	溶接機パワーケーブルの断線	○									
		1-2	438	溶接機トーチスイッチの断線	○						○	○		
			488	溶接機トーチスイッチの断線	○	○	○	○	○	○	○	○	○	(※3)
		1-3	439	溶接指令信号の断線	○									
		1-4	440	電流検知信号の断線	○									
			486	電流検知信号の断線	○	○	○	○	○	○	○	○	○	(※3)
	溶接ヘッド (X・Y・Z 駆動機能)	2-1	472	X軸モーターケーブルの断線	○									
		2-2	474	Y軸モーターケーブルの断線	○									
		2-3	441	Z軸モーターケーブルの断線	○									
		2-4	—	制御電源の停電	○									
冷却水・シールドガス異常	ヘリウム冷却ガス調整器	3-1	443	冷却水圧検知ケーブルの断線	○									
		3-2	444	Heガス量信号ケーブルの断線	○									
		3-3	446 475	Heガス量下限検知ケーブルの断線	○									
	トイチ冷却水	4-1	476	供給停止 (警報・停止作動)	○									
		4-2	477	供給停止 (警報・停止無作動)	○									
		4-3	483	溶接部への水漏洩	○						○	○		
	491		溶接部への水漏洩	○	○	○	○	○	○	○	○	○	(※3)	
	ヘリウムガス	5-1	447	供給停止 (インターロック無作動)	○						○	○		
			490	供給停止 (インターロック無作動)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	(※3)
		5-2	467	流量は (通常条件 60 ℓ/min) 過流出 (80 ℓ/min)	○									
468			過流出 (100 ℓ/min)	○										
470			過流出 (120 ℓ/min)	○										
471	過流出 (180 ℓ/min)	○												

表-2-4 試験検査項目 (2/2)

区分	ITEM No.	TP. No (※1)	試験項目	(※2) 検査項目								備考	
				K	VT	PT	RT	HL	CA	M	H		
シールド	ヘリウムガス	5-3	480	ガス乱流 (風速0.5~0.6m/s)	○					○	○		
			480	ガス乱流 (風速0.7m/s 以上)	○					○	○		
			489	ガス乱流 (風速0.7m/s 以上)	○	○	○	○	○	○	○	○	(※3)
溶接開先部等の異常	溶接開先部へのガラスファイバ付着	6-1	451	溶接開先部へのガラスファイバ付着 (首部と蓋部との間)	○					○	○		
			463	溶接開先部へのガラスファイバ付着 (首部と蓋部との間)	○								
			485	溶接開先部へのガラスファイバ付着 (首部と蓋部との間)	○	○	○	○	○	○	○	○	(※3)
		6-2	462	溶接開先部へのガラスファイバ付着 (蓋部上面)	○					○	○		
			452	溶接開先部へのガラスファイバ付着 (蓋部上面)	○	○	○	○	○	○	○	○	(※3)
		6-3	453 464	溶接開先部へのガラスファイバ付着 (頭部と蓋ツバ部の間)	○						○	○	
	487		溶接開先部へのガラスファイバ付着 (頭部と蓋ツバ部の間)	○	○	○	○	○	○	○	○	(※3)	
	蓋形状の変形		7-1	457 456	蓋ツバ部の内反り	○						○	○
		448		蓋ツバ部の内反り	○	○	○	○	○	○	○	○	
		7-2	449 458 460	蓋ツバ部の外反り	○						○	○	
			454	蓋ツバ部の外反り	○	○	○	○	○	○	○	○	(※3) 7-3項と同一の供試体
		7-3	449 458 460	蓋ツバ部の脱落 (幅5mm~6mm)	○						○	○	
454			蓋ツバ部の脱落 (幅5mm~6mm)	○	○	○	○	○	○	○	○	(※3) 7-2項と同一の供試体	

(※1) TP. Noは、供試体 (頭部模擬体) 番号を示す。

(※2) 検査項目の説明

K : 非常状態の観察 (溶接機の停止状況、ビードの状態 etc.)

VT : 目視検査

PT : 染色浸透探傷検査

RT : 放射線透過検査

HL : ヘリウムリークテスト

CA : 化学成分分析

M : マクロ・マイクロ組織試験

H : 硬さ試験

(※3) 備考欄にこのマークを付記した供試体には再溶接を行っている。

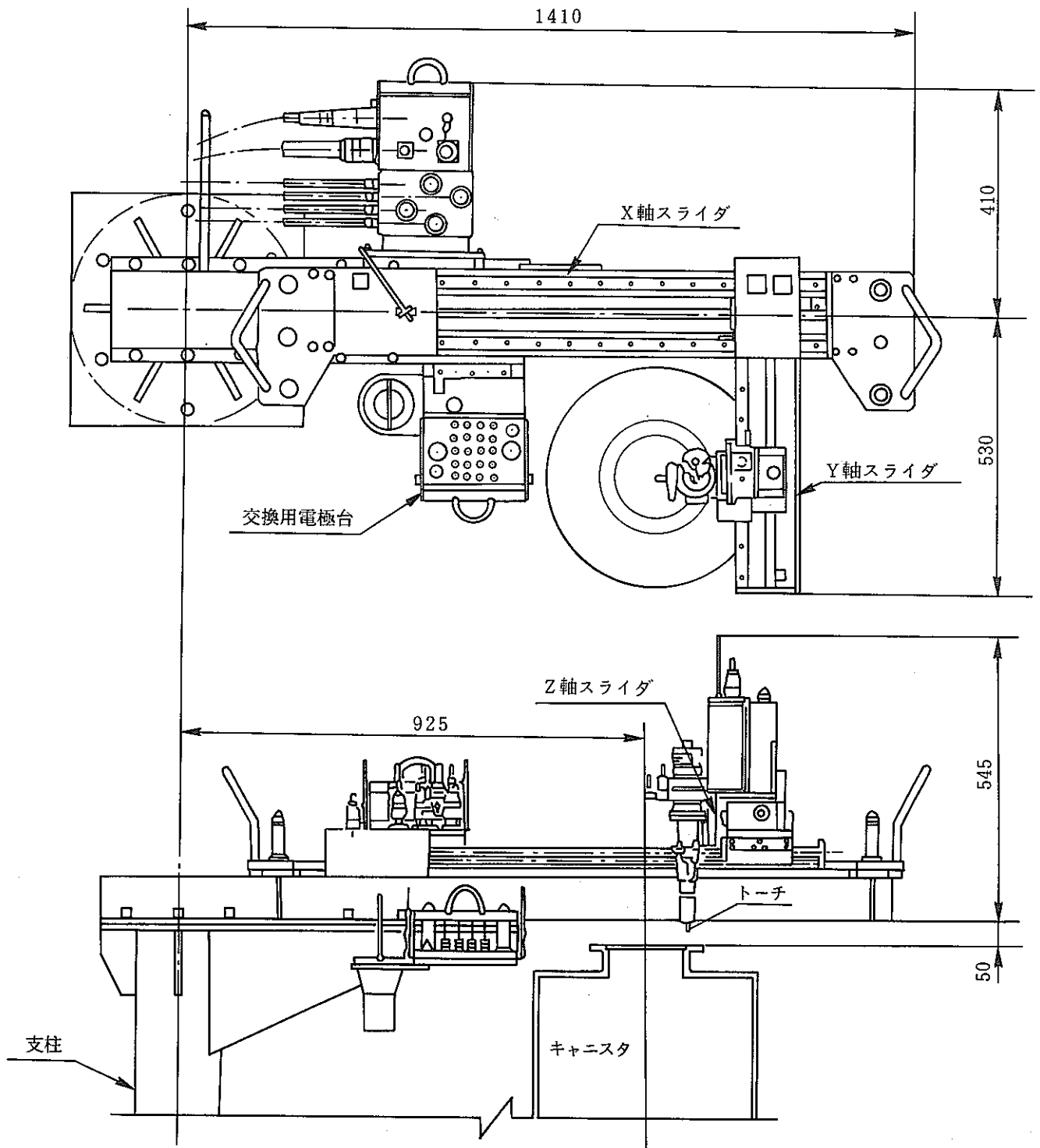
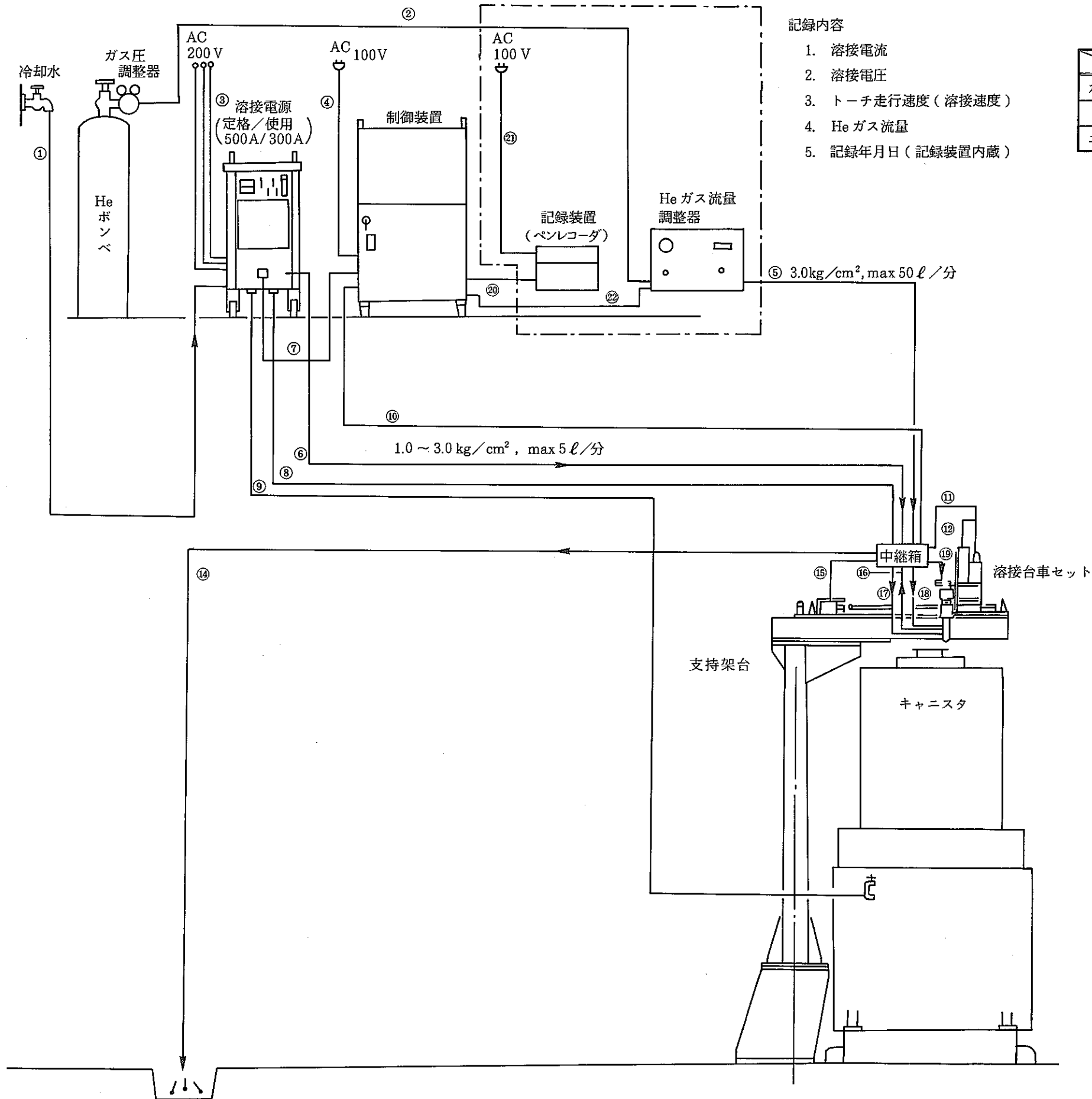


図-2-1 ノンフィラ TIG 自動溶接機概略図



- 記録内容
1. 溶接電流
 2. 溶接電圧
 3. トーチ走行速度(溶接速度)
 4. He ガス流量
 5. 記録年月日(記録装置内蔵)

配管仕様表

	使用内容
ガス	ヘリウムガス, 3.0kg/cm ² , max 50ℓ/分
水	工業(上)水, 1.0~3.0kg/cm ² , max 5ℓ/分
エア	5kg/cm ²

22	制御ケーブル	0.75 mm ²	12		制御装置→He ガス流量調整器
21	記録装置電源ケーブル	1.25 mm ²	3		AC 100 V
20	制御ケーブル	0.75 mm ²	12		制御装置→記録装置
19	ガスホース	φ4/φ6	0.8		中継箱→電磁弁
18	ガスホース	φ4/φ6	1		中継箱→溶接トーチ
17	水ホース(冷却水行き)	φ4/φ6	1		中継箱→溶接トーチ
16	パワーホース(冷却水戻り含)	φ9.5/φ16	1		溶接トーチ→中継箱
15	Y軸制御ケーブル	0.75 mm ²	8	0.5	中継箱→Y軸スライダ
14	水ホース(排水)	φ6/φ14	10		中継箱→ピット(側溝)
13	(欠番)				
12	Z軸制御ケーブル	0.75 mm ²	11	1	X軸スライダ→Z軸スライダ
11	X軸制御ケーブル	0.75 mm ²	18	1	中継箱→X軸スライダ
10	制御ケーブル	0.75 mm ²	27	10	制御装置→中継箱
9	パワーケーブル(+)	50 mm ²		10	溶接電源→キャニスタ
8	パワーケーブル(-)	50 mm ²		10	溶接電源→中継箱
7	制御ケーブル	0.75 mm ²	12	5	溶接電源→制御装置
6	水ホース	φ6/φ14		10	溶接電源→中継箱
5	ガスホース	φ5/φ8		10	溶接電源→中継箱
4	制御装置電源ケーブル	1.25 mm ²	3	10	AC 100 V
3	溶接電源ケーブル	22 mm ²	3	10	AC 200 V, 3相
2	ガスホース	φ5/φ8		8	中継ジョイント→Heガス流量調整器
1	水ホース	φ6/φ14		8	中継ジョイント→溶接電源
Na	名称	サイズ	芯数	長さ(m)	備考

図-2-2 溶接装置システム系統図

(単位：mm)

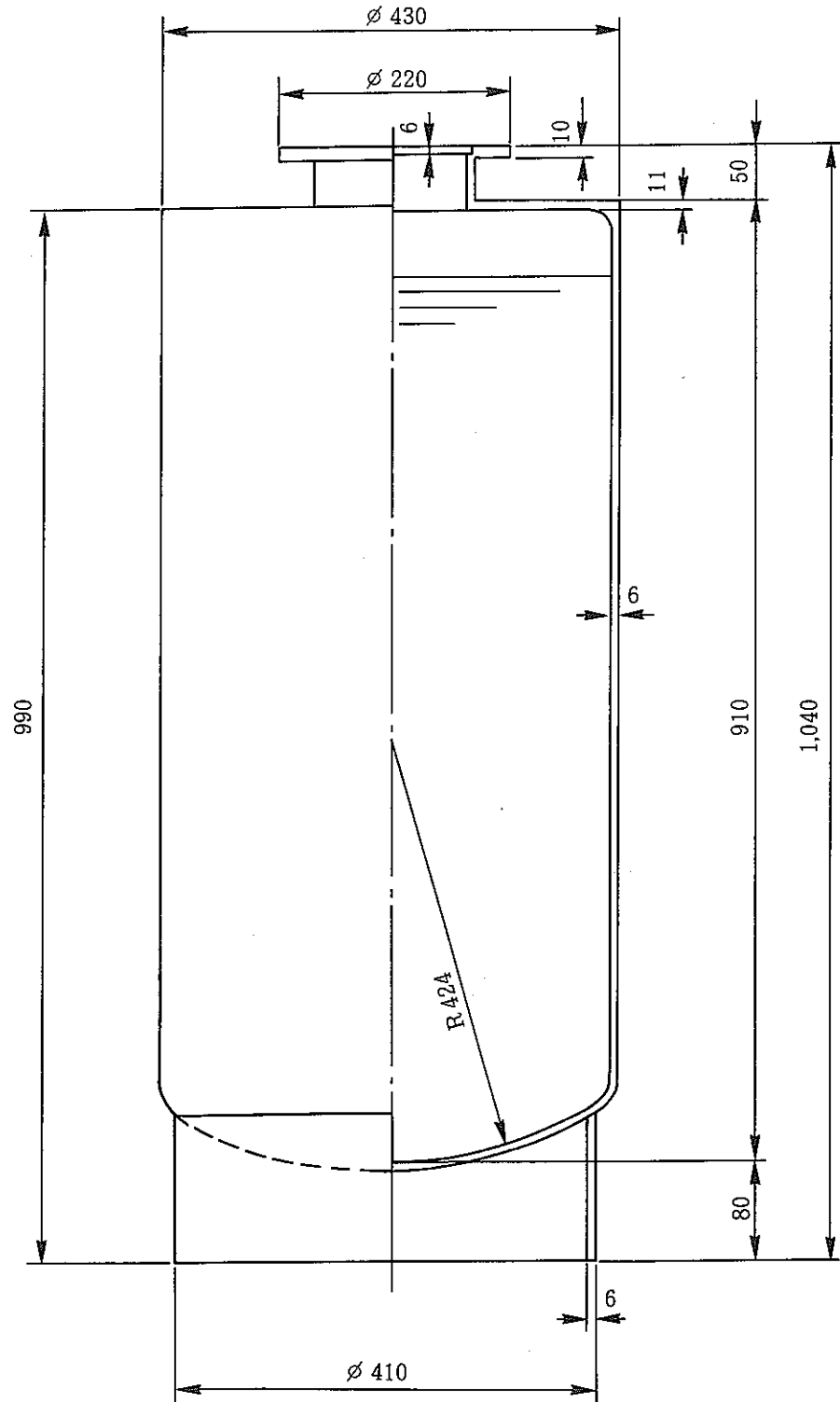
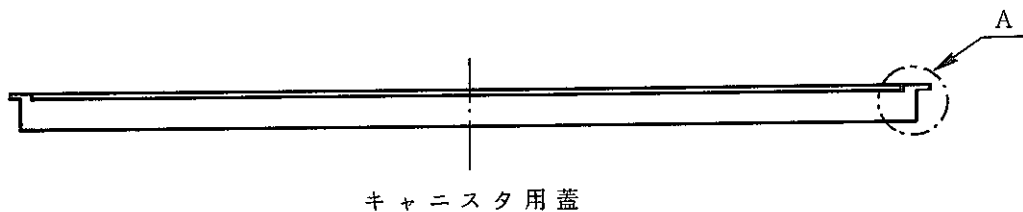
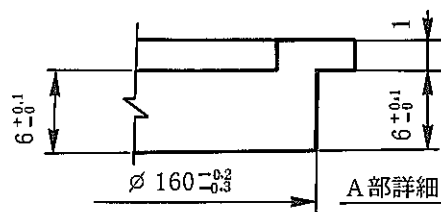
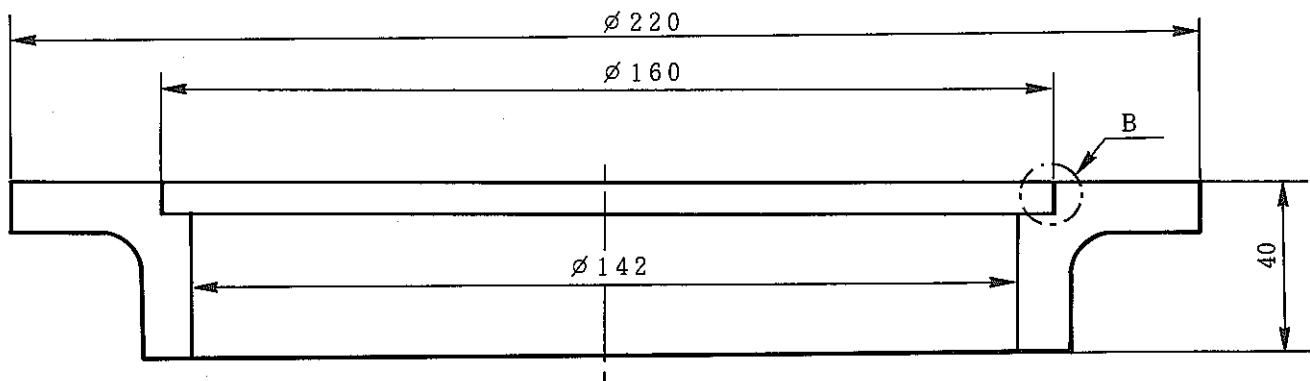


図-2-3 実形状ガラス固化体容器概略図



(材質: SUS 304 L)



キャニスタ頭部模擬体

(材質: SUS F 304 L)

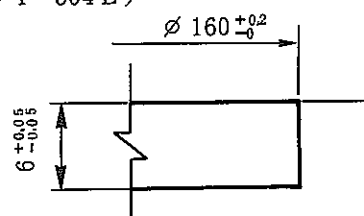


図-2-4 ガラス固化体容器頭部模擬供試体

3. 試験結果および考察

3.1 非定常状態での溶接機停止状態および溶接停止部観察結果

溶接機が非定常状態に移行した直後の溶接機停止状態および溶接停止部の観察結果を、表-3-1に、また、溶接停止部の写真記録（抜粋）を写真-3-1に示す。

3.1.1 駆動電源系等の異常

(1) 溶接機（アーク発生機能）

「アークパワーケーブル」および「トーチスイッチケーブル」の断線時には、溶接電流が瞬時に降下するため、AVC（アークボルテージコントロール）機能により、一瞬電極が溶融プールに突っ込み、インタロックにより直ぐに上昇するがアークは停止した。

また、溶接停止部にはクレータが発生した。

AVC機能の信号ケーブルである「溶接指令信号」が断線した場合は、異常時のブザーが吹鳴し、溶接が停止した。

同じくAVC機能の信号ケーブルである「電流検知信号」が断線した場合は、アークを出したままトーチが上昇していき、しばらくののち溶接が停止した。

溶接部はトーチ上昇とともにビードが拡がった。

(2) 溶接ヘッド（X、Y、Z軸駆動機能）

「X軸（Y軸）のモータケーブルが断線した場合は、インタロックが無い場合自動停止せず、X軸（Y軸）が固定されたまま溶接が進行された。

そのため、溶接トーチ軌跡が内側もしくは外側に逸脱し、蓋部などで溶け落ちが発生して再溶接が不可能となった。

溶接線検出演算制御システム、または走行制御システムが故障した場合も、モータケーブル断線時と同様な結果になると推定される。

この事象については、トーチ軌跡を逸脱した場合に溶接を停止させるインタロックが必要である。

(3) 制御装置電源の停電

制御装置が停電した場合は溶接はそのまま停止し、Heシールドガスは弁が「開」の状態のまま流れ続けた。

溶接停止部にはクレータが発生した。

3.1.2 冷却水・シールドガス異常

(1) Heガス・冷却水調整器

「冷却水圧検知」および「Heガス流量信号」のケーブルが断線した場合は、溶接が停止し、トーチが上昇した。

溶接停止部には、クレータが発生した。

「Heガス流量下限検知」のケーブル断線時については、溶接は続行された。

そのため、本信号ケーブルが断線した状態で、Heガス流量が下限値を下回った場合、溶接は続行されてしまうため溶接部のガスシールド不良や溶接部の酸化が発生する恐れがある。

(2) トーチ冷却水

トーチ冷却水の供給が停止し、警報・停止機能が作動した場合は、溶接機は停止し、溶接停止部にはクレータが発生した。

しかしながら、警報・停止機能が作動しなかった場合は、トーチ冷却水用のホース内のワイヤが加熱され、ホースが焼け焦げ裂傷した。

これは、たとえば水アカ等による冷却水ラインの詰まり、またはバルブの作動不良等により、冷却水が停止しても警報・停止機能が作動しない場合に相当する。

この事象を回避するためには、最小流量検知用のフロースイッチを追加することが有効である。また、冷却水ホース破損などによる「溶接部への水漏洩」は、溶接部に水がかかった瞬間に火花が飛散し、電極の先端が溶け落ちた。

その後も溶接は続行された。

溶接部のビード形状は、水が漏洩した部分で乱れ、その後は電極の先端の溶け落ちにより幅が広がった。

(3) Heガス

溶接中にHeシールドガスが停止し、警報・停止機能が作動しなかった場合は、電極先端の溶け落ちが発生した。

溶接停止部は、電極の溶損によりビードが横に広がった。

この事象は、Heガス流量検知器以降における配管の破損などにより、Heガスが漏洩した場合に相当する。

これについては、テストアーク台を溶接機に設け、本溶接の前にテストアークを発生させて、その時の電流・電圧値からシールドガスの健全性を確認する方法が良策である。

また、Heガスの過流出については、溶接機および溶接部共に異常はみられなかった。

Heガスの乱流については、風速0.7m/s以上の外乱気流があった場合に溶接ビードが乱れたが、0.5~0.6m/sでは、溶接部に変化は無かった。

T V F の固化セルの1/10モデルによる、熱流動解析結果(PNC ZJ 5150 86-001)では、

溶接機付近の風速は 0.3~0.5m/s程度であり、今回の試験結果からもガス乱流が発生する可能性は無いと考えられる。

3.1.3 溶接開先部の異常

(1) 溶接開先部へのガラスファイバー付着

ガラスの付着位置を3種類模擬して溶接を行った結果、「蓋上面」と「頭部とツバ部の間」の2ケースが、ビードの乱れやガラスの溶着により溶接不良となった。

これらの解決策として、ガラス流下および停止時のガラスの糸引き防止や、開先部残存ガラスをITVにより確認して、マニプレータにより除去する方法を確立することが望まれる。

(2) 蓋形状の変形

蓋ツバ部の一部が内反りになったいる場合は、蓋が容器フランジ部から浮き上がった状態で溶接されたため、形状不良となった。

蓋ツバ部の外反り部分および脱落部分では、トーチZ軸が2~3回ハンチングしたが、ビードは正常であった。

蓋形状の変形については、購入受け入れ時の検査にて十分チェックし、セル内ハンドリング時に変形や損傷が発生しないよう、注意して取り扱う必要がある。

また、ハンドリング時に蓋が落下した場合には、別の蓋を使用することが望ましい。

3.1.4 溶接停止部の断面マクロ・ミクロ観察および化学成分分析結果

非定常状態へ移行したときの、溶接停止部の断面についてミクロ(×100)およびマクロ(×1.5)観察を行った結果、写真-3-1に示すようにクレータの発生、ビードの乱れに伴う溶け込み形状の不良が認められた。

また、金属組織については、溶着部および母材・母材熱影響部とも、定常状態の場合と比べて大きな違いはみられなかった。

化学成分分析結果についても、JIS G 0321「鋼材の製品分析方法およびその許容変動値」に従い、C, Si, Mn, P, S, Cr, について成分分析を行い、母材の規定値を満足していることを確認した。

3.2 再溶接試験結果

TVFでは、ガラス固化体保管設備への受け入れ検査において、溶接部に不具合が認められた場合、および停電等により溶接が中断した場合は、再溶接を行うこととしている。

本試験では、非定常状態発生により停止した溶接部について、再溶接を行った場合でも、

溶接部が健全であることを確認することとした。

再溶接試験を行った非定常状態項目は、前出の表-2-4に示すとおりである。

また、溶接部の健全性は、表-3-2に示す評価基準を適用した。

3.2.1 溶接部外観目視検査結果

再溶接試験を行った試験供試体10体について、溶接部の外観検査を行った結果、7体が形状不良となった。

検査結果を下記に示す。

また、写真-3-2に、検査結果記録写真を示す。

ITEMNo.	TPNo.	非定常状態想定項目	再溶接後外観検査結果	非定常時の溶接部状態
1-2	488	トーチスイッチの断線	異常なし	クレータ発生
1-4	486	電流検知信号ケーブルの断線	形状不良 (ビード広がり)	ビードの広がり
4-3	491	溶接部への水漏洩	形状不良	ビードの乱れ、広がり
5-1	490	Heガス供給停止 (警報・停止機能無作動)	形状不良	ビードの乱れ、広がり
5-3	489	Heガス乱流 (風速0.7m/S以上)	形状不良	ビードの乱れ、酸化
6-1	485	溶接開先部へのガラスファイバ付着 (首部と蓋部との間)	異常なし	ガラス付着
6-2	452	溶接開先部へのガラスファイバ付着 (蓋部上面)	ガラス付着・ ビードの乱れ有り	ガラス付着、ビード乱
6-3	487	溶接開先部へのガラスファイバ付着 (頭部と蓋ツバ部との間)	ガラス付着・ ビードの乱れ有り	ガラス付着、ビード乱
7-1	448	蓋ツバ部の内反り	段違い有り	段違い有り
7-2 7-3	454	蓋ツバ部の外反り・脱落	異常なし	異常なし

これらのことから、再溶接後の溶接部外観については、溶接停止部にクレータが発生したものであれば再溶接後は健全な溶接状態となるが、停止時にビードの乱れや広がり、および段違いなどが有るものについては、再溶接後も形状不良になることがわかった。上記の様に再溶接部が溶接不良となる非定常状態を回避し、貯蔵、処分時における安全性を確保するためには表-3-11に記載の諸対策を実施することが必要である。

3.2.2 染色浸透探傷検査結果

再溶接供試体10体について、JIS Z 2343「浸透探傷試験方法および欠陥指示模様等級分類」に準じた試験を行った結果、全てについて欠陥指示模様は認められなかった。

3.2.3 放射線透過検査結果

JIS Z 3106「ステンレス鋼溶接部の放射線透過試験方法および透過試験の等級分類方法」に準じて試験を行った結果、10体のうち1体（溶接部への水漏洩）にのみ、欠陥（第4種）が認められた。

表-3-3～3-5に、検査仕様、成績書および判定記録を示す。

3.2.4 ヘリウムリークテスト結果

真空法によるHeリーク試験を行い、再溶接供試体全部について漏洩量が 7.0×10^{-10} atm. CC/S 以下であり、判定基準 1×10^{-6} atm. CC/S を下回っていることを確認した。

表-3-6に、ヘリウムリークテスト成績表を示す。

3.2.5 化学成分分析結果

JIS G 0321「鋼材の製品分析方法およびその許容値」にしたがい、C, Si, Mn, P, S, Ni, Crについて成分分析を行い、母材の規定値を満足していることを確認した。

また、非定常停止時と再溶接後についても、成分の大きな変動は認められなかった。

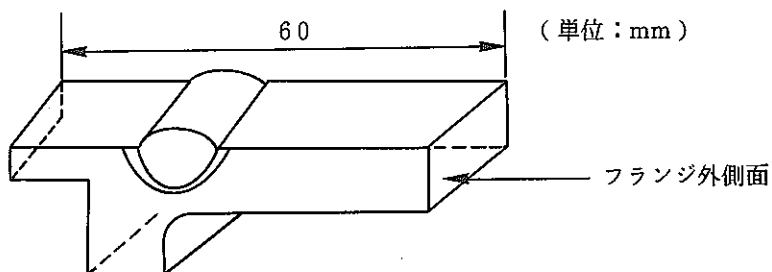
表-3-7に、化学成分分析結果を示す。

3.2.6 溶接部断面のマクロ・ミクロ観察結果

(1) マクロ観察結果

再溶接供試体10体について、各2個の断面観察試料を採取し、下図に示す形状に加工した。

王水で断面をエッチングした後、供試体番号およびスケールを入れ、(×1.5)で撮影を行った。



マクロ観察試料形状

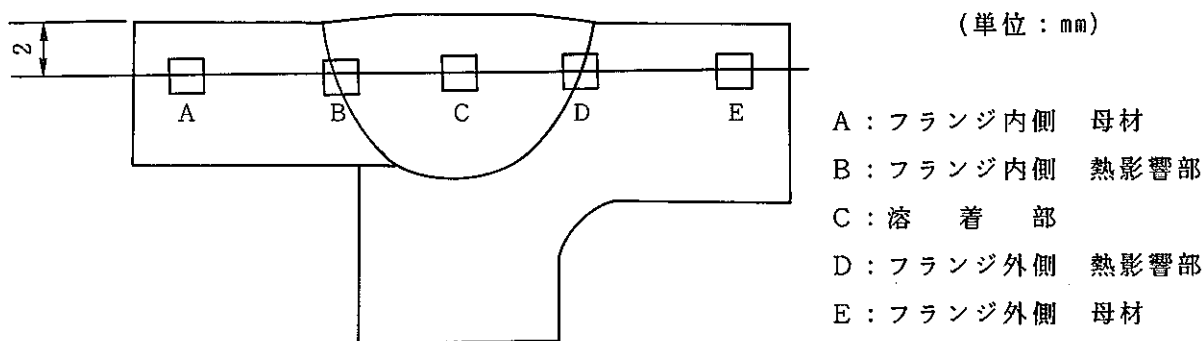
マクロ観測試料形状

観察結果は、供試体10体のうち、5体が溶け込み形状不良となった。

観察結果を、表-3-8および写真-3-3に示す。

(2) ミクロ観察結果

マクロ観察後の試験片を切出して、樹脂に埋め込み、断面を塩酸ピクリン酸アルコール溶液でエッチング処理し、下図に示す5ヵ所の組織を(×100)で撮影した。



ミクロ観測位置

観察の結果、一部の供試体については、再溶接時の入熱によってフランジ内側および外側の母材熱影響部の結晶粒の粗大化がみられた。

この粗粒化は、通常の溶接時にもよく発生する現象であるが、オーステナイト系ステンレス鋼(SUS304L)のように、溶接硬化性の無い材料については、低温割れの恐れは殆んど無いため問題とはならない。

そのほかミクロ組織に異常はみられなかった。

観察結果の代表例を、写真-3-4に示す。

3.2.7 硬さ試験結果

試験方法は JIS Z 2244 「ビッカース硬さ試験方法」に従って行った。

試験片および測定位置は下図の通りである。

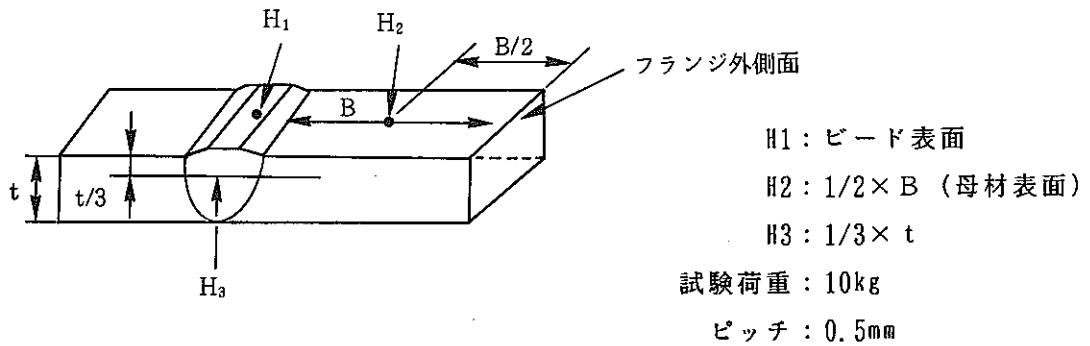


表-3-9に、試験結果の一覧表を示す。

試験の結果、溶接部 H_1, H_3 の硬度は、母材より増加しておらず、むしろ減少していた。

これにより、溶接部のじん性および延性が母材より低下していないことが確認された。

3.3 総合評価

3.3.1 再溶接試験供試体の検査結果のまとめ

表-3-10に、再溶接試験供試体の検査結果の一覧表を示す。

再溶接部に対する各検査結果をまとめると、溶接部の外観検査にてビードの乱れや拡がりなどの異常がなければ、他の検査（放射線透過試験、断面形状など）についても異常が無いことが明らかとなった。

現在、TVFにおいては、溶接部の検査としてITVによる外観目視検査およびガラス固化体容器からの漏洩核種を補集・検知するための、閉じ込め確認検査を行うこととしている。

これらのことから、TVFにおける溶接部健全性の確認方法は、妥当かつ十分であると考えられる。

また、「X軸（Y軸）のモータケーブルの断線」以外の非定常項目については、ガラスからの放射性各種の漏洩をまねくようなピンホールなどの欠陥は発生しておらず、核種の閉じ込め機能も十分に有していると思われる。

しかしながら、溶接部へのガラス付着がある場合、容器の表面汚染が問題となる。

また、溶接部の溶け込み形状の変形や、容器内側への溶け出しなどについても、健全な溶接状態とは言えず、その後の貯蔵・輸送及び処分時における、耐圧強度や耐食性に影響があると考えられる。

3.3.2 非定常事象についての対応

非定常状態の重要度を、下記のようにランク付けて分類した結果を、表-3-11に示す。

- A：再溶接が不可能な事象
- B：再溶接は可能であるが、再溶接部の検査結果が不良となる事象
- C：再溶接が可能であり、再溶接部の検査結果も良好な事象
- D：溶接機・溶接部とも異常が発生せず、再溶接が不要な事象

上記分類にて、最も問題となるのは重要度A、Bであり、22項目中9項目あった。

重要度Cは、11項目あり、再溶接後の検査結果は良好とはいえ、再溶接施工を極力避けるため、溶接機等の事前チェック（必要であればインタロックの追加）により防止する必要がある。

重要度Dについては、その事象が発生した時点では、溶接機および溶接部に異常は発生せず再溶接不要であるが、放置するとそれ以降の溶接時に不具合を引き起こす可能性があるため、事前にチェックする必要がある。

各非定常項目に対する防止対策を表-3-11に示す。特にA、Bに対する対策は必須である。防止策としては、一部インタロックを追加する必要があるが、ほとんどは、現設計ベースのインタロックおよび定検等の事前チェックにより対応可能と思われる。

下表は、一般的に推奨される溶接機の定期点検箇所と点検頻度である。

ただし、あくまでも目安であるため、TVF溶接機の特異性、使用頻度等を考慮した、独自の保守・管理要領を策定する必要がある。

一般的な溶接機の定期点検要項

項 目	内 容		点検回数
	点検箇所	消耗品の交換	
溶接電源	(1)電磁開閉器の接点の点検 (2)内部清掃 (3)絶縁抵抗の測定	接点 出力端子類	6ヵ月に1度 " "
制御装置	(1)リレー接点の点検 (2)ケーブルの損傷、コンセントの点検 (3)高周波発生回路の清掃	リレ、リレ接点	1～3年に1度 1ヵ月に1度 6ヵ月に1度
溶接トーチ	(1)電極の表面、先端の状況 (2)接続部の締付け（水漏れ、ガス漏れ） (3)ノズルのねじ部、セラミックノズルの割れ (4)冷却水量のチェック (5)トーチ本体の点検（“O”リング絶縁耐力）	電極 ガス、冷却水ホース ノズル “O”リング、パッキング	毎作業時 " " 1ヵ月に1度 "
冷却水回路	(1)冷却水ホースの破損箇所の点検 (2)圧力スイッチの動作確認 (3)冷却水循環回路タンクの水あかの点検	ホース 圧力スイッチ	3ヵ月に1度 6ヵ月に1度 "
ガス配管系統	(1)減圧弁とガス弁との接続部のガス漏れ (2)ガスホースの破損箇所の点検 (3)ガス電磁弁	パッキング類 ホース 電磁弁	毎作業時 3ヵ月に1度 6ヵ月に1度

出典：（社）日本溶接協会編 「TIG溶接の基礎と実際」

表-3-1 非定常溶接試験結果 (1/6)

区分	ITEM No.	TP, No.	試験項目	機器停止状態	溶接機状態	溶接部状態	備考	
駆動電源系等の異常	溶接機 (アーク発生機能)	1-1	484	1. 溶接機 ① パワーケーブルの断線	ケーブルが断線すると同時に、一瞬電極が溶接プールの中に突っ込み、その後に上昇、溶接が停止する。	<ul style="list-style-type: none"> ・異常時ブザーは吹鳴しない。 ・異常時ランプ スタートミス点滅 ・Heガスは出続け、溶接トーチは溶接停止後も軌跡を追い続ける。 	<ul style="list-style-type: none"> ・溶接停止部にクレーターが発生する。 	電極の先端に母材と見られる金属片が付着した。
		1-2	438 488	② トーチスイッチの断線	ケーブルが断線すると同時に、一瞬電極が溶接プールの中に突っ込み、その後に上昇、溶接が停止する。	<ul style="list-style-type: none"> ・異常時ブザーは吹鳴しない。 ・異常時ランプ スタートミス点滅 ・Heガスは出続け、溶接トーチは溶接停止後も軌跡を追い続ける。 	<ul style="list-style-type: none"> ・溶接停止部にクレーターが発生する。 	電極の先端に母材と見られる金属片が付着した。
		1-3	439	③ 溶接指令信号の断線	信号が断線すると同時に溶接が停止する。	<ul style="list-style-type: none"> ・異常時ブザー吹鳴 ・異常時ランプ AEG点滅 	<ul style="list-style-type: none"> ・溶接停止部にクレーターが発生する。 	

表-3-1 非定常溶接試験結果 (2/6)

区分	ITEM No.	TP, No.	試験項目	機器停止状態	溶接機状態	溶接部状態	備考
駆動電源系等の異常	1-4	440	④ 電流検知信号の断線	信号が断線すると同時に溶接アークを出したままトーチが上昇し続け、その後、溶接が停止する。	<ul style="list-style-type: none"> ・異常時ブザーは吹鳴しない。 ・異常時ランプ スタートミス点滅 ・Heガスは出続け、溶接トーチは溶接停止後も軌跡を追い続ける。 	・アーク上昇に伴い溶接停止部はビードが横に広がっている。	
		486					
	2-1	472	2. 溶接ヘッド ① X軸モーターケーブルの断線	ケーブルが断線すると同時に、徐々に溶接ビードが内側（外側）にずれ始め溶け落ちが発生した。そのため、手動により非常停止をかけた。	<ul style="list-style-type: none"> ・X軸が停止の状態でも溶接を続ける。 ・溶け落ちの発生によりZ軸が下降する。 	・溶接線の内側（外側）に溶け落ちが発生した。	手動により非常停止をかけない限り溶接を続けてしまう。
			② Y軸モーターケーブルの断線	ケーブルが断線すると同時に、徐々に溶接ビードが内側（外側）にずれ始め溶け落ちが発生した。そのため、手動により非常停止をかけた。	<ul style="list-style-type: none"> ・Y軸が停止の状態でも溶接を続ける。 ・溶け落ちの発生によりZ軸が下降する。 	・溶接線の内側（外側）に溶け落ちが発生した。	手動により非常停止をかけない限り溶接を続けてしまう。
2-3	441	③ Z軸モーターケーブルの断線	信号が断線すると同時に溶接が停止する。	<ul style="list-style-type: none"> ・異常時ブザー吹鳴 ・異常時ランプ AEG点滅 	・溶接停止部にクレーターが発生する。		

表-3-1 非定常溶接試験結果 (3/6)

区分		ITEM No.	TP, No.	試験項目	機器停止状態	溶接機状態	溶接部状態	備考
駆動系統の異常 冷却水・ガス ード冷却水調整器	停電	2-4	-	④ 制御装置電源の停電	信号が断線すると同時に溶接が停止する。	・制御電源が切れたため異常ブザー、ランプとも作動しなかった。	・溶接停止部にクレータが発生する。	Heガスは出続けていた。
	ヘリウム	3-1	443	3. Heガス・水調整 ① 水圧検知ケーブルの断線	ケーブルが断線すると同時にトーチが上昇し溶接が停止する。	・異常時ブザー吹鳴 ・異常時ランプ 水圧異常点滅	・溶接停止部にクレータが発生する。	
		3-2	444	② ガス検知ケーブルの断線	ケーブルが断線すると同時にトーチが上昇し溶接が停止する。	・異常時ブザー吹鳴 ・異常時ランプ ガス異常点滅	・溶接停止部にクレータが発生する。	
		3-3	446 475	③ ガス流量下限検知ケーブルの断線	ケーブルが断線後も溶接の状態は変わらない。	・変化は無い。	・変化は無い。	Heガスが下限値を超えた場合も溶接を続けてしまう。
	ド冷却水調整器	4-1	476	4. トーチ冷却水 ① 供給停止 (インターロック作動)	冷却水供給停止後トーチが上昇し、溶接が停止する。	・異常時ブザー吹鳴 ・異常時ランプ ガス異常点滅	・溶接停止部にクレータが発生する。	
		4-2	477	② 供給停止 (インターロック無作動)	冷却水供給停止後もそのまま溶接を続けた。その後トーチ冷却水用のホース内ワイヤーが加熱されホースが焼け焦げた。そのため手動により非常停止をかけた。	・トーチ冷却水用のホースが焼け焦げ破損する。	・溶接停止部にクレータが発生する。 (手動による非常停止)	手動により非常停止をかけない限り溶接を続けてしまう

表-3-1 非定常溶接試験結果 (4/6)

区分	ITEM No.	TP, No.	試験項目	機器停止状態	溶接機状態	溶接部状態	備考	
冷却水・シールドガス異常	トーチ冷却水	483	③ 溶接部への水漏洩	溶接部に水が掛かった瞬間、火花が飛散し電極の先端が溶け落ちたがその後も溶接は継続する。	・変化は無い。	・水が漏洩した部分はビードが乱れる。その後は電極の先端が溶け丸くなった状態で溶接しているためビード幅が広がっている。		
		491						
	ヘリウムガス	5-1	447	5. Heガス ① 供給停止 (インターロック無作動)	供給停止と同時に電極が溶け出し、ガスレンズやセラミックノズルに付着した。そのため手動により非常停止をかけた。	・電極が溶け出した事によりZ軸が下降する。	・溶接停止部はビードが横に広がっている。	手動により非常停止をかけた限り溶接を続けてしまう。
			491					
		5-2	467	② ガス過流出 流量は (通常60ℓ/min) 80ℓ/min 100ℓ/min 120ℓ/min 180ℓ/min	溶接状態に変化は見られない。	・変化は無い。	・流量が増えるに従ってビードに赤身がかかっている。 (焼付による酸化が緩和されていると思われる。)	
			468		溶接状態に変化は見られない。	・変化は無い。		
	470		溶接状態に変化は見られない。		・変化は無い。			
	471		溶接状態に変化は見られない。		・変化は無い。			
	5-3	480	③ ガス乱流 風量 0.5~0.6m/s	シールドガスは少々乱れるが溶接状態に異常は無い。	・変化は無い。	・ビードに乱れは無い。	手動により非常停止をかけた限り溶接を続けてしまう。	

表-3-1 非定常溶接試験結果 (5/6)

区分		ITEM No.	TP, No.	試験項目	機器停止状態	溶接機状態	溶接部状態	備考
シールド	ヘリウムガス	5-3	480 489	風量0.7m/s以上	シールドガスがみだれ断続的に火花が出た。 アーク光は丸くならず入道雲のような「もこもこ」した状態になった。 電極の先端が溶けおちたため手動により非常停止をかけた。	・電極が溶け出した事によりZ軸が下降する。	・ビードは乱れガスシールドができていないため酸化が著しい。	
溶接開先部等の異常	溶接開先部へのガラスファイバ付着	6-1	451 463 485	6. 溶接開先部へのガラスファイバ付着 ① 首部と蓋部との間	溶接状態に変化は無い。	・変化は無い。	・ビードに乱れは無いがガラスファイバの付着部は蓋が浮いたままの状態になっている。	
			452 462	② 蓋部上面	ガラスが溶け出し溶接プール表面に浮かび上がりビードが左右に乱れる。 アークの色は電極にガラスが触れると青から赤に変わる。 電極の先端にガラスが付着し溶け出したため手動により非常停止をかけた。	・電極が溶け出した事によりZ軸が下降する。	・ビードは乱れ表面にガラス付着している。	手動により非常停止をかけない限り溶接を続けてしまう。

表-3-1 非定常溶接試験結果 (6/6)

区分	ITEM No.	TP, No.	試験項目	機器停止状態	溶接機状態	溶接部状態	備考	
溶接開先部等の異常	溶接開先部へのガラスファイバ付着	6-3 453 464 487	③ 頭部と蓋ツバ部の間	ガラスが溶け出し溶接プールの表面に浮かび上がりビードが左右に乱れる。 アークの色は電極にガラスが触れると青から赤に変わる。 電極の先端にガラスが付着し溶け出したため手動により非常停止をかけた。	・電極が溶け出した事によりZ軸が下降する。	ビードは乱れ表面にガラスが付着している。	手動により非常停止をかけた限り溶接を続けてしまう。	
			7. 蓋形状					
			① 蓋ツバ部の内反り	457 456 448	内反りの部分でZ軸が2~3回上下にハンチングした。	ビードに乱れはないが内反りの部分は蓋が持ち上がったままの状態になっている。		
	蓋形状の異常	7-2	② 蓋ツバ部の外反り	449 460 458	外反りの部分でZ軸が2~3回上下にハンチングした。	ビードに乱れはない。		
③ 蓋ツバ部の脱落			449 454 458 460	7-3	脱落の部分でZ軸が2~3回上下にハンチングした	ビードに乱れはない。		

表-3-2 溶接継手部の評価基準

評価項目	合格基準
外観検査	再処理一級とする。詳細を添付-1に示す。
液体浸透探傷試験	再処理一級とする。詳細を添付-2に示す。
放射線透過試験	再処理一級とする。詳細を添付-3に示す。
Heリーク試験	再処理一級とする。詳細を添付-4に示す。
硬度試験	再処理一級とする。詳細を添付-5に示す。
成分分析	JIS G0321による。詳細を添付-6に示す。
組織観察	正常な組織であること。
溶接部溶込み深さ	6.5mm以上で、安定な形状であること。

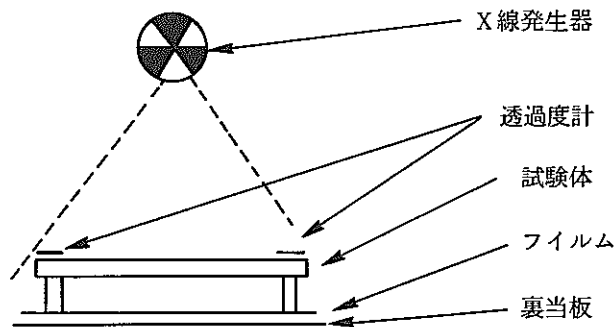
表-3-3 放射線透過検査仕様

項目	記 事					
検査箇所	溶接線全線					
検査年月日	昭和 63年 12月 27日 ~ 平成 1年 3月 9日					
検査実施者	大谷 和弘 小林 清徳					
判定者	大谷 和弘			NDI-RT 1級		
適用基準	<input type="checkbox"/> JIS-Z3104 <input type="checkbox"/> JIS-Z3105 <input checked="" type="checkbox"/> JIS-Z3106					
	<input type="checkbox"/> 消防法 <input type="checkbox"/> 高圧ガス取締法 <input type="checkbox"/> 電気事業法					
検査番号	別紙参照					
検査品寸法	別紙参照		検査材質	SUS304L		
検査材厚	別紙参照		検査面の状態	バフ仕上げ		
使用装置	<input type="checkbox"/> ¹³² Ir Ci <input type="checkbox"/> ⁶⁰ Co Ci <input checked="" type="checkbox"/> X線 200KVp 5mA					
焦点寸法	<input checked="" type="checkbox"/> 2×2mm <input type="checkbox"/>		露出時間	1.0 MIN		
透過度計	<input type="checkbox"/> F02 <input type="checkbox"/> F04 <input type="checkbox"/> S02 <input checked="" type="checkbox"/> S04 <input type="checkbox"/> A02 <input type="checkbox"/> 有孔形NO.					
階調計	<input type="checkbox"/> I型 <input type="checkbox"/> II型 <input type="checkbox"/> D型 <input type="checkbox"/>					
フィルム銘柄	<input type="checkbox"/> フジ#50 <input checked="" type="checkbox"/> フジ#80 <input checked="" type="checkbox"/> フジ#100 <input type="checkbox"/> フジ#150					
増感紙	<input type="checkbox"/> Pb _{0.03} <input checked="" type="checkbox"/> Pb _{0.1} <input type="checkbox"/>					
現像処理	現像剤	フジレンドール	現像温度	20℃	現像時間	5分
撮影方法	別紙参照					
撮影距離	SFD 380 mm					
等級分類	別紙参照					
合否	別紙参照					
備考						

表-3-4 放射線透過検査成績表

条件 TP NO.	板厚mm	材 質	核 種 電圧KVp	キュリー Ci 電流 mA	線源寸法 焦点寸法	撮影距離 mm	照射時間 min	フィルム 銘 柄	増感紙	透過度計	現像液 銘 柄	現像時間 min 現像温度 °C	備 考
448	10	SUS 304L	200	5	2mmx2mm	380	1	#80,100	Pb 0.1	S 04	フジドール	5min 20°C	
452, 454, 486	10	SUS 304L	200	5	2mmx2mm	380	1	#80,100	Pb 0.1	S 04	フジドール	5min 20°C	
487, 488, 489	10	SUS 304L	200	5	2mmx2mm	380	1	#80,100	Pb 0.1	S 04	フジドール	5min 20°C	
490, 491, 485	10	SUS 304L	200	5	2mmx2mm	380	1	#80,100	Pb 0.1	S 04	フジドール	5min 20°C	

撮影方法



<摘要>

撮影年月日 : S63. 12. 27 ~ H1. 3. 10

撮影場所 : 非破壊検査(株)京葉営業所

適用規格 : J I S - Z - 3 1 0 6

表-3-6 ヘリウムリークテスト成績表

試験箇所	試験温度	試験時間	真空度	真空度	検出度	バックグラウンド	メータ指示値	メータ振れ量	使用レンジ	封入したHe濃度	ヘリウム漏洩量
					F	BG	D	D	R	G	Q
	℃	min	Torr	Torr	atm cc/sec-div	Div	Div	Div	-	%	atm cc / sec
448	20	10	3.7×10^{-3}	1×10^{-5} 以下	7.0×10^{-11}	12	12	0	10	100	7.0×10^{-10} 以下
452	18	↑	4.7×10^{-3}	↑	6.4×10^{-11}	7	7	↑	↑	↑	6.4×10^{-10} 以下
454	20		3.7×10^{-3}		7.0×10^{-11}	12	12				7.0×10^{-10} 以下
485	20		3.8×10^{-3}		6.6×10^{-11}	9	9				6.6×10^{-10} 以下
486	18		4.6×10^{-3}		6.6×10^{-11}	5	5				6.6×10^{-10} 以下
487	20		3.4×10^{-3}		6.6×10^{-11}	8	8				6.6×10^{-10} 以下
488	↓		3.7×10^{-3}		7.0×10^{-11}	11	11				7.0×10^{-10} 以下
489	↓		3.8×10^{-3}		6.8×10^{-11}	9	9				6.8×10^{-10} 以下
490	20	↓	3.8×10^{-3}	↓	6.3×10^{-11}	9	9	↓	↓	↓	6.3×10^{-10} 以下
491	18	10	3.9×10^{-3}	1×10^{-5} 以下	6.6×10^{-11}	6	6	0	10	100	6.6×10^{-10} 以下
以下	余白										

表-3-7 化学成分分析結果

ITEM NO.	元素	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	N	O	H	備考
	TP. NO.											
1-2	438	0.015	0.45	1.45	0.030	0.011	9.52	18.18	0.0400	0.0052	0.0001	
1-2	488	0.013	0.43	1.56	0.030	0.015	9.46	18.14	0.0393	0.0055	0.0001	再溶接体
1-4	486	0.015	0.47	1.39	0.031	0.012	9.62	18.20	0.0403	0.0043	0.0001	再溶接体
4-3	483	0.016	0.48	1.54	0.029	0.013	9.57	18.18	0.0410	0.0048	0.0001	
4-3	491	0.013	0.49	1.48	0.028	0.011	9.64	18.20	0.0387	0.0039	0.0001	再溶接体
5-1	447	0.012	0.44	1.54	0.028	0.011	9.32	18.00	0.0355	0.0057	0.0001	
5-1	490	0.021	0.45	1.51	0.030	0.014	9.55	18.07	0.0352	0.0053	0.0001	再溶接体
5-3	480	0.015	0.44	1.55	0.029	0.015	9.59	18.08	0.0382	0.0054	0.0001	
5-3	489	0.019	0.51	1.53	0.030	0.012	9.68	18.13	0.0399	0.0046	0.0001	再溶接体
6-1	451	0.012	0.45	1.48	0.028	0.014	9.57	18.06	0.0356	0.0052	0.0001	
6-1	485	0.017	0.39	1.58	0.030	0.009	9.31	18.15	0.0412	0.0048	0.0001	再溶接体
6-2	462	0.013	0.43	1.55	0.029	0.015	9.51	18.04	0.0370	0.0059	0.0001	
6-2	452	0.016	0.45	1.41	0.031	0.010	9.54	18.06	0.0397	0.0166	0.0001	再溶接体
6-3	487	0.011	0.45	1.48	0.029	0.014	9.57	18.14	0.0345	0.0046	0.0001	再溶接体
7-1	448	0.015	0.47	1.54	0.029	0.012	9.55	18.21	0.0387	0.0048	0.0001	再溶接体
7-2, 7-3	449	0.013	0.46	1.52	0.027	0.014	9.56	18.15	0.0364	0.0059	0.0001	
7-2, 7-3	454	0.015	0.46	1.44	0.028	0.011	9.49	18.14	0.0394	0.0043	0.0001	再溶接体
母材	規格値	0.03以下	1.00以下	2.00以下	0.045以下	0.03以下	9.00~13.00	18.00~20.00	-	-	-	
SUS304L	ミルシート	0.011~0.012	0.63~0.65	1.54	0.028~0.030	0.004~0.005	10.09~10.10	18.28~18.34	-	-	-	3ロット
母材	規格値	0.03以下	1.00以下	2.00以下	0.045以下	0.03以下	9.00~13.00	18.00~20.00	-	-	-	
SUSF304L	ミルシート	0.012	0.66	1.55	0.030	0.02	10.26	18.25	-	-	-	1ロット

表-3-8 断面マイクロ組織検査結果

ITEM. NO.	T. P. NO.	非定常状態想定項目	種類	溶接部寸法 (mm)				溶け込み形状	備考
				深さ D	ビード巾 W	外面裕度 C ₁	内面裕度 C ₂		
1-2	488	トーチスイッチの断線	A ₁ A ₂	8.0 8.0	9.3 8.0	6.0 6.7	6.7 5.3	良	
1-4	486	電流検知信号の断線	A ₁ A ₂	7.1 6.5	21.2 21.2	4.1 4.1	4.1 5.9	不良 不良	ビード上部が横に広がり、形状がアンバランス。
4-3	491	溶接部への水漏洩	A ₁ A ₂	7.6 10.0	17.6 15.3	4.1 3.5	4.1 5.3	良	
5-1	490	Heガス供給停止 (警報・停止無作動)	A ₁ A ₂	8.2 8.8	14.7 8.8	4.7 5.3	5.3 7.1	良	
5-3	489	Heガス乱流 (風速0.7m/s以上)	A ₁ A ₂	8.8 8.8	15.3 17.6	5.3 4.7	4.1 4.7	不良 不良	ビード上部が横に広がり、形状がアンバランス。
6-1	485	溶接開先部へのガラスファイバ付着 (首部と蓋部との間)	A ₁ A ₂	7.6 6.5	11.8 14.1	5.3 5.3	6.5 6.5	良	
6-2	452	溶接開先部へのガラスファイバ付着 (蓋部上面)	A ₁ A ₂	5.9 7.1	15.9 14.7	9.4 4.1	- 4.1	不良	内側に溶け落ちている。
6-3	487	溶接開先部へのガラスファイバ付着 (頭部と蓋ツバ部との間)	A ₁ A ₂	7.6 8.2	14.7 15.9	5.9 4.7	4.7 5.9	不良 不良	ビードが横に広がっており蓋が浮いている。
7-1	448	蓋ツバ部の内反り	A ₁ A ₂	7.6 7.6	12.4 12.4	5.9 5.9	2.9 3.5	不良	蓋が浮いている。
7-2 7-3	454	蓋ツバ部の外反り・脱落	A ₁ A ₂	7.6 7.6	13.5 12.9	5.9 5.9	2.9 2.9	良	

備考

- (1) 上表は写真-3-4を寸法計測、及び観測した結果である。計測位置は右図による。
- (2) 溶け込み形状の良否の判定
以前に行った定常溶接条件にて得られたのと同様な、やや扁平で、なめらかなカップ状の形状を良とした。

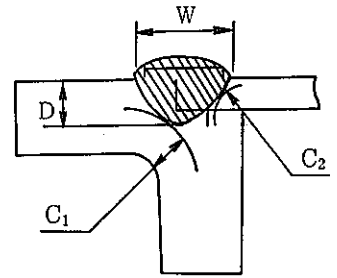


表-3-9 Hv 硬 さ 測 定 結 果

測定位置		母 材 (H2)				溶接部表面 (H1)					溶接部断面 (H3)				
NO.	TP No.	1	2	3	平 均	1	3	3	平 均	H1-H2	1	3	3	平 均	H3-H2
1-2	488	248	257	250	251.7	154	149	158	153.7	-98.0	155	145	150	150.0	-101.7
1-4	486	193	190	198	193.7	144	147	158	149.7	-44.0	144	143	144	143.7	-50.0
4-3	491	207	200	201	202.7	155	151	150	152.0	-50.7	148	144	154	148.7	-54.0
5-1	490	214	199	205	206.0	156	148	157	153.6	-52.4	150	149	140	146.3	-59.7
5-3	489	196	196	196	196.0	154	165	155	158.0	-38.0	160	163	181	168.0	-28.0
6-1	485	215	210	216	213.7	143	147	149	146.3	-67.4	163	173	151	162.3	-51.4
6-2	452	194	186	190	190.0	145	147	144	145.7	-44.3	145	153	148	148.7	-41.3
6-3	487	202	208	202	204.0	150	150	156	152.0	-52.0	145	146	146	145.7	-58.3
7-1	448	205	203	212	206.7	139	154	148	147.0	-59.7	148	145	150	147.7	-59.0
7-2,7-3	454	205	205	209	206.3	141	157	137	145.0	-61.3	147	142	137	142.0	-64.3

表-3-10 再溶接供試体検査結果一覧表

ITEM No.	T. P. No.	試 験 項 目	非破壊検査				破壊検査			
			VT	PT	RT	HL	CA	MA	MI	H
1-2	488	溶接機トーチスイッチの断線	○	○	○	○	○	○	○	○
1-4	486	電流検知信号の断線	×	○	○	○	○	×	○	○
4-3	491	溶接部への水漏洩	×	○	×	○	○	○	○	○
5-1	490	Heガス供給停止 (インターロック無作動)	×	○	○	○	○	○	○	○
5-3	489	Heガス乱流 (風速0.7 m/s以上)	×	○	○	○	○	×	○	○
6-1	485	溶接開先部へのガラス付着 (首部と蓋部との間)	○	○	○	○	○	○	○	○
6-2	452	溶接開先部へのガラス付着 (蓋部上面)	×	○	○	○	○	×	○	○
6-3	487	溶接開先部へのガラス付着 (頭部と蓋ツバ部の間)	×	○	○	○	○	×	○	○
7-1	448	蓋ツバ部の内反り	×	○	○	○	○	×	○	○
7-2	454	蓋ツバ部の外反り	○	○	○	○	○	○	○	○
7-3	454	蓋ツバ部の脱落	○	○	○	○	○	○	○	○

略語説明

○：検査結果異常無し
 ×：検査結果異常有り

VT：目視検査
 PT：液体浸透探傷検査
 RT：放射線透過検査
 HL：ヘリウムリークテスト
 CA：化学成分分析
 MA：断面マクロ観察
 MI：断面ミクロ観察
 H：硬さ試験

表-3-11 (1/2) 非定常状態の重要度分類及び対応策

ITEM NO.	非定常状態	溶接停止 (自動、 手動)	再溶接試験		重要度	非定常溶接防止対策(案)
			施工性	検査結果		
1-1	溶接機パワーケーブル断線	自動	可能	(1-2にて代表)	C	断線しているのと、溶接前の電極交換、溶接線位置割り出し等の事前動作ができない。これにて事前検知できず、溶接中に断線しても自動停止する。
1-2	トーチスイッチ断線	自動	可能	合格	C	断線しているのと、溶接機電源に溶接開始指令が行かないため、アークが発生せず異常に溶接中に断線したら自動停止する。
1-3	溶接指令信号断線	自動	可能	(1-2にて代表)	C	断線しているのと、溶接電流が4~10A程度しかならず電流記録計の監視により、事前検知できる。またこの程度の電流では溶融しない。溶接中に断線したら自動停止する。
1-4	電流検知信号断線	自動	可能	目視、マクロ検査不合格	B	断線しているのと、溶接シーケンスが停止する(溶接しない。)これにて事前検知できない。溶接中に断線したら、その信号を検知し、アーク停止するか、クレータ処理に溶接させない。
2-1	X軸モーターケーブル断線	手動	不可能	——	A	断線しているのと、電極交換等の事前動作ができない。これにて事前検知できない。溶接中に断線したら自動停止する。
2-2	Y軸モーターケーブル断線	手動	不可能	——	A	断線しているのと、電極交換等の事前動作ができない。これにて事前検知できない。溶接中に断線したら自動停止する。
2-3	Z軸モーターケーブル断線	自動	可能	(1-2にて代表)	C	断線しているのと、電極交換等の事前動作ができない。これにて事前検知できる。溶接中に断線したら自動停止する。
2-4	制御装置電源の停電	自動	可能	(1-2にて代表)	C	溶接中に停電した場合は、自動停止する。
3-1	水圧検知ケーブル断線	自動	可能	(1-2にて代表)	C	圧力検知器には、圧力がかかったら接点が閉じる型をTVF実機に使用する予定である。従って断線がなければ溶接不可の信号発信により溶接をせず、また溶接中に断線すれば自動停止する。
3-2	ガス検知ケーブル断線	自動	可能	(1-2にて代表)	C	同上
3-3	ガス流量下限検知ケーブル断線	——	——	——	D	事前チェックとしては、ガス流量調整器の流量調整ボリュームとガスインテグレーションスイッチを確認可能である。溶接中に断線しても、溶接機・溶接部とも異常は発生しない。
4-1	トーチ冷却水供給停止(インターロック作動)	自動	可能	(1-2にて代表)	C	事前に通水して、配管ラインの健全性をチェックする。配管ラインの健全性を追加し、最低流量を検知時には、溶接機を自動停止するようにする。(要検討)

表-3-11 (2/2) 非定常状態の重要度分類及び対応策

ITEM NO.	非定常状態	溶接停止 (自動、 手動)	再溶接試験		重要度	非定常溶接防止対策(案)
			施工性	検査結果		
4-2	トーチ冷却水 供給停止 (インターロック無作動)	手動	可能	(1-2にて代表)	C	同上
4-3	溶接部への水漏洩	手動	可能	目視、放射線 検査 不合格	B	事前に通水して、配管ライン(特にトーチ付近)の健全性をチェックする。
5-1	Heガス供給停止 (インタロック無作動)	手動	可能	目視検査不合格	B	ガスラインの漏れを事前にチェックする。 またテストアーク工程にて、ガスが流れない場合は、アーク電圧、電流が大きく変動するため事前検知できる。
5-2	Heガス過流出 (80~180ℓ/min.)	—	—	—	D	ガス流量を、モニタにて監視する。 過流出を検知した場合は、配管ライン、バルブを検査する。
5-3	ガス乱流 (風速0.7m/s)	手動	可能	目視、マクロ検 査不合格	B	この事象は、TVF固化セル内では、発生しにくい。 1/10モデルの熱流動解析では、セル内の溶接機付近の風速は、0.3~0.5m/s であり、この程度の風速であれば問題はない。
6-1	開先部へのガラスファイ バー付着 (首部と蓋部の間)	—	可能	合格	C	ガラスファイバーが発生しない様な、運転方法(流下開始、停止方法)を採用 するか、もしくはITVによるキャニスタフランジ部の目視検査及びマニプレ ータによるガラス除去が必須である。
6-2	開先部へのガラスファイ バー付着 (蓋部上面)	手動	可能	目視、マクロ検 査不合格	B	同上
6-3	開先部へのガラスファイ バー付着(頭部と蓋 ツバ部の間)	手動	可能	目視、マクロ検 査不合格	B	同上
7-1	蓋ツバ部の内反り	—	可能	目視、マクロ検 査不合格	B	受入れ検査時に、形状チェックを行う。 セル内ハンドリング時に蓋の落下などによりツバ部の反りや脱落が生じた場合 は、蓋の交換を行う。
7-2	蓋ツバ部の外反り	—	可能	合格	C	同上
7-3	蓋ツバ部の脱落	—	可能	合格	C	同上

ITEM No. 1-2 T. P. No. 438

「トーチスイッチの断線時」

溶接停止部：クレータ発生



ITEM No. 1-4 T. P. No. 440

「電流検知信号の断線時」

溶接停止部：トーチ上昇に伴う
ビードの広がり



ITEM No. 2-1 T. P. No. 472

「X軸モータケーブル断線時」

溶接停止部：トーチ軌道の逸脱に
よる溶け落ち

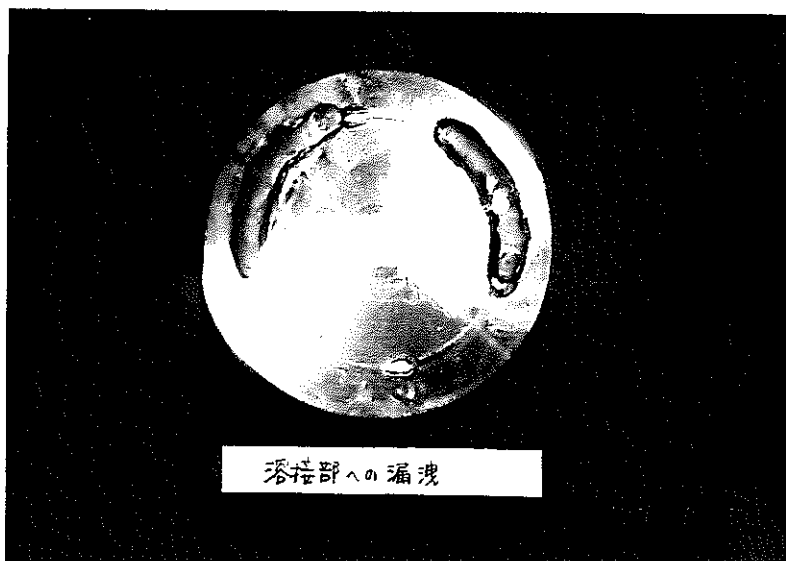


写真-3-1 (1/3) 非定常時の溶接停止部外観

ITEM No. 4-3 T.P.No. 483

「溶接部への水漏洩」

溶接停止部：ビードの乱れ・広がり



ITEM No. 5-1 T.P.No. 447

「Heガス供給停止」

溶接停止部：電極溶け落ちによる
ビードの広がり

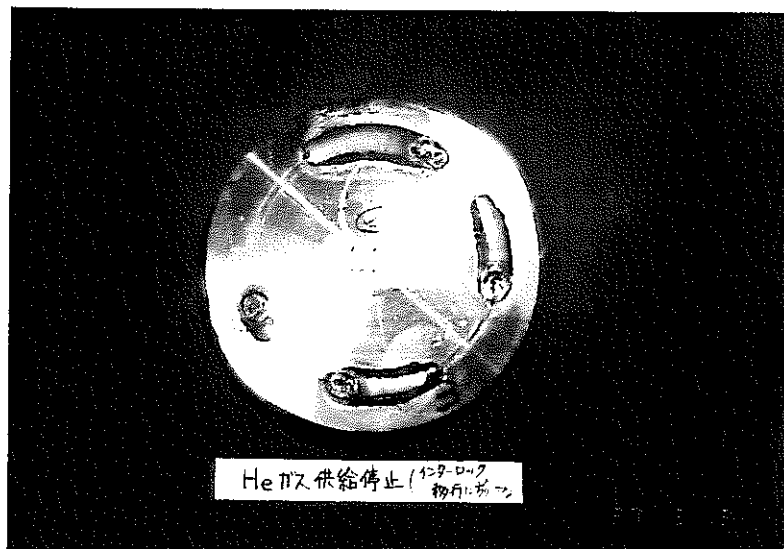


写真-3-1 (2/3) 非正常時の溶接停止部外観

PNC SN8410 89-064

ITEM No. 5-3 T.P.No. 480
「Heガス乱流」

溶接停止部：ビードの乱れ
・酸化



ITEM No. 6-2 T.P.No. 452
「蓋上面へのガラス付着」

溶接停止部：ビードの乱れ
ガラスの溶着



ITEM No. 6-1 T.P.No. 451
「首部と蓋部の間へのガラ
ス付着」

溶接停止部：蓋が浮いた状態

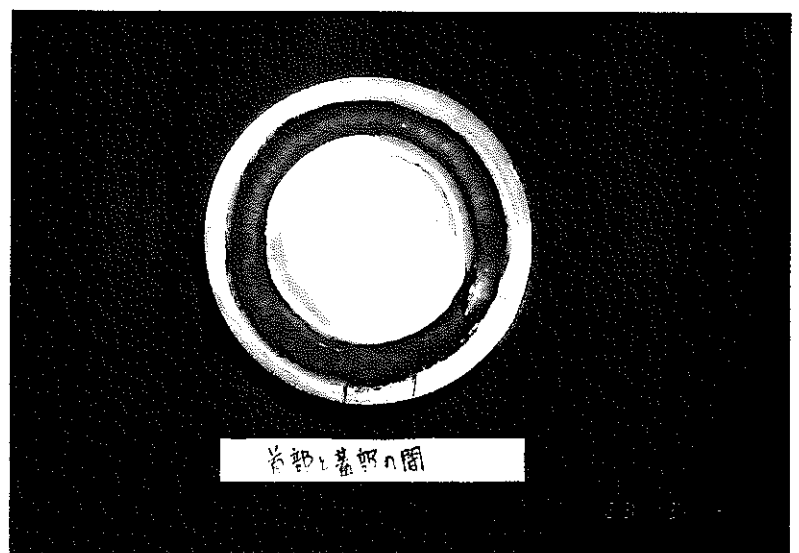


写真-3-1 (3/3) 非正常時の溶接停止部外観

ITEM No. 1-4 T.P. No. 486
「電流検知信号の断線」
① 非定常時の溶接部状態 クレーター発生
② 再溶接後の外観検査結果 異常あり

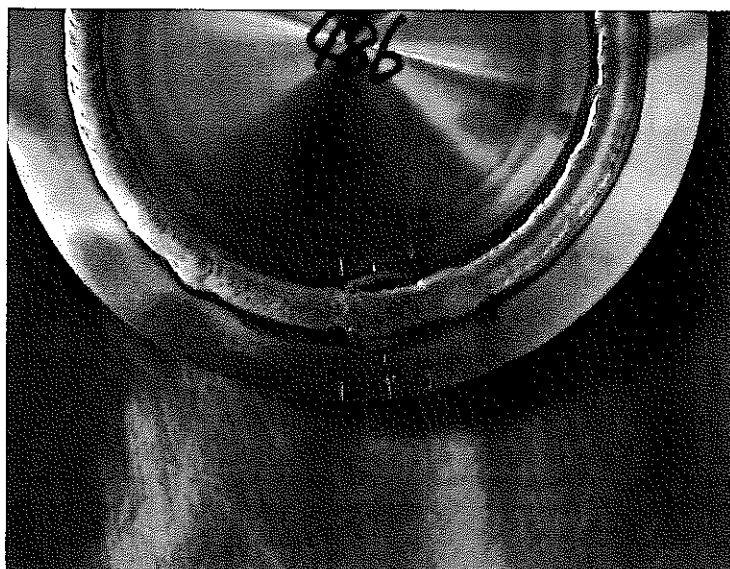


写真-3-2 (1/7) 再溶接後の溶接部外観

ITEM No. 4-3 T.P.No. 491
「溶接部への水漏洩」
① 非定常時の溶接部状態 ビードの乱れ、広がり
② 再溶接後の外観検査結果 形状不良

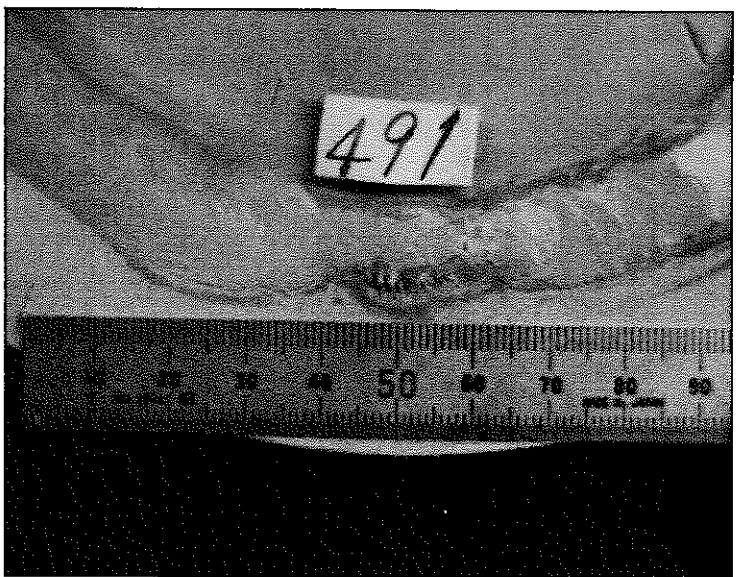
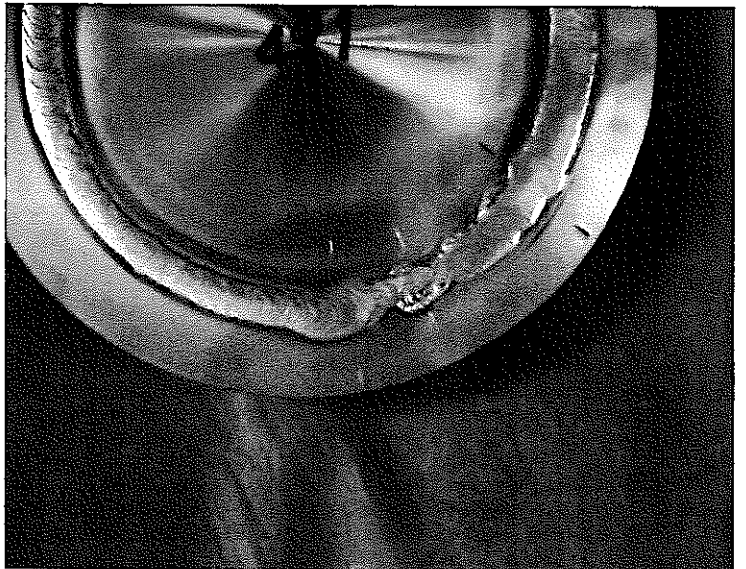
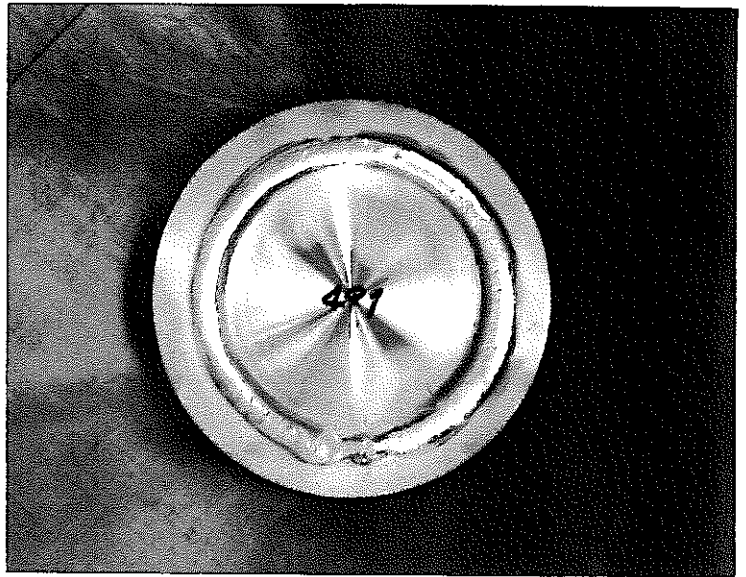


写真-3-2 (2/7) 再溶接後の溶接部外観

ITEM No. 5-1 T.P.No. 490
「ヘリウムガス供給停止」 (警報・停止無作動)
① 非定常時の溶接部状態 ビードの乱れ、広がり
② 再溶接後の外観検査結果 形状不良

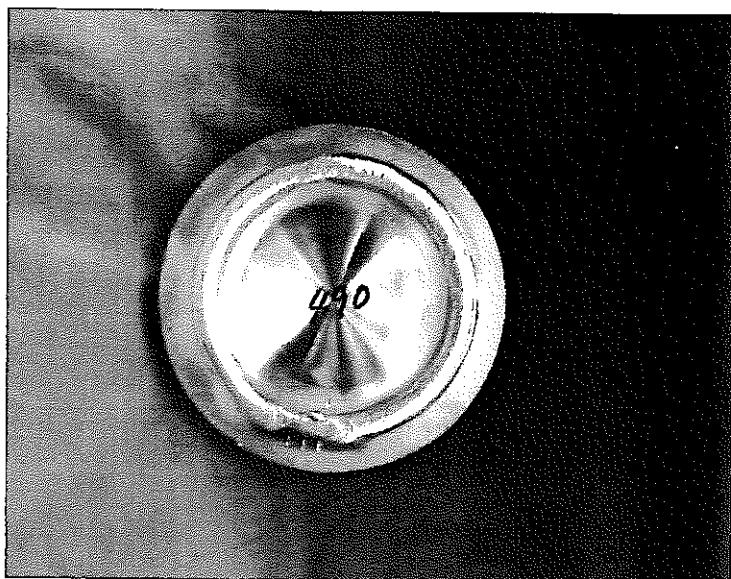


写真-3-2 (3/7) 再溶接後の溶接部外観

ITEM No. 5-3 T.P.No. 489
「ヘリウムガス供給停止」 (風速0.7 m/s以上)
① 非定常時の溶接部状態 ビードの乱れ、酸化
② 再溶接後の外観検査結果 形状不良

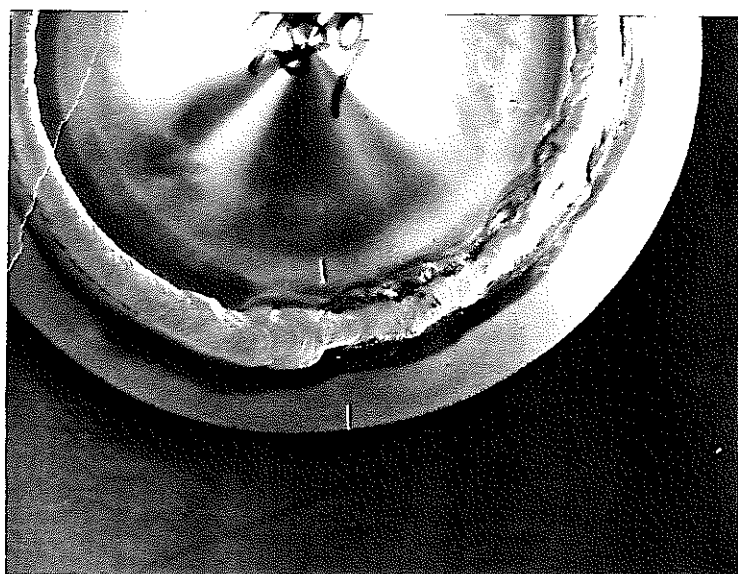
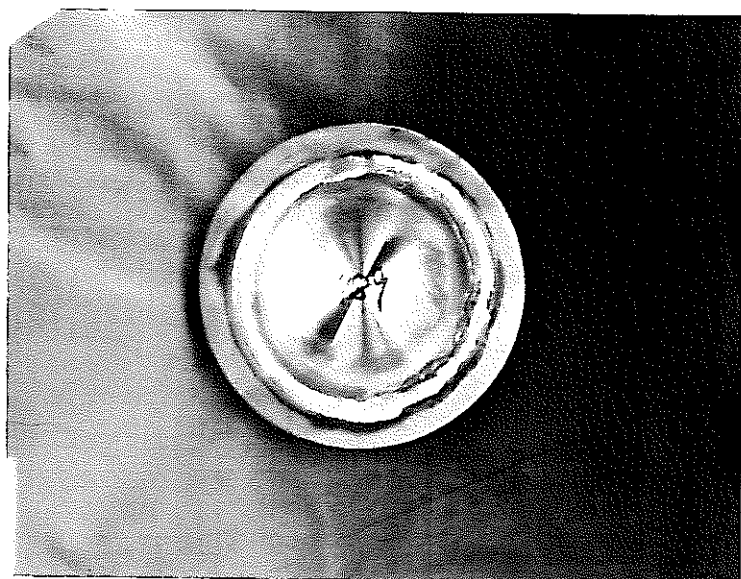


写真-3-2 (4/7) 再溶接後の溶接部外観

ITEM No. 6-1 T.P.No. 485
「溶接開先部へのガラスが附着」 (首部と蓋部との間)
① 非定常時の溶接部状態 ガラス附着
② 再溶接後の外観検査結果 異常なし



ITEM No. 6-2 T.P.No. 452
「溶接開先部へのガラスが附着」 (蓋部上面)
① 非定常時の溶接部状態 ガラス附着、ビード乱れ
② 再溶接後の外観検査結果 ガラス附着、ビード乱れ

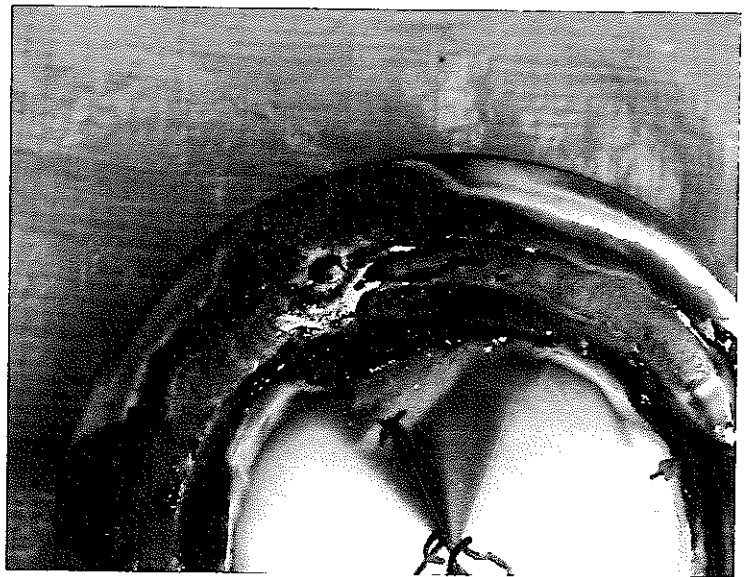
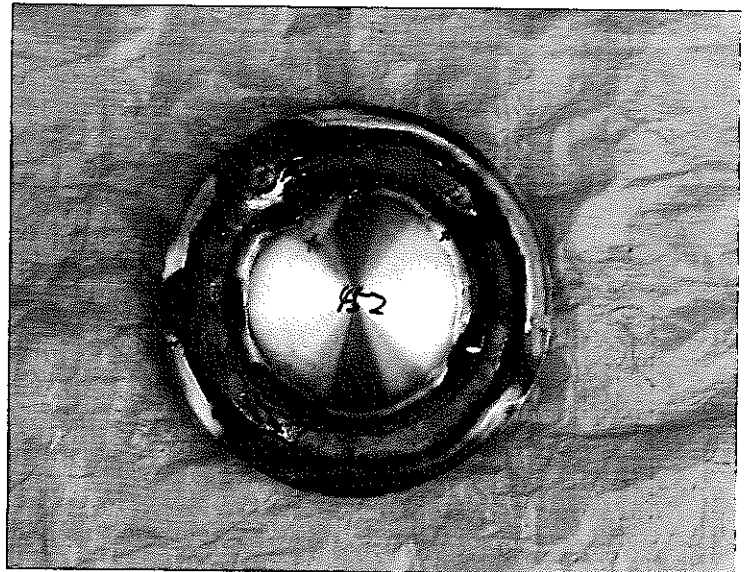


写真-3-2 (5/7) 再溶接後の溶接部外観

ITEM No. 6-3 T.P.No. 487
「溶接開先部へのガラスが付着」 (頭部とツバ部との間)
① 非定常時の溶接部状態 ガラス付着、ビード乱れ
② 再溶接後の外観検査結果 ガラス付着、ビード乱れ

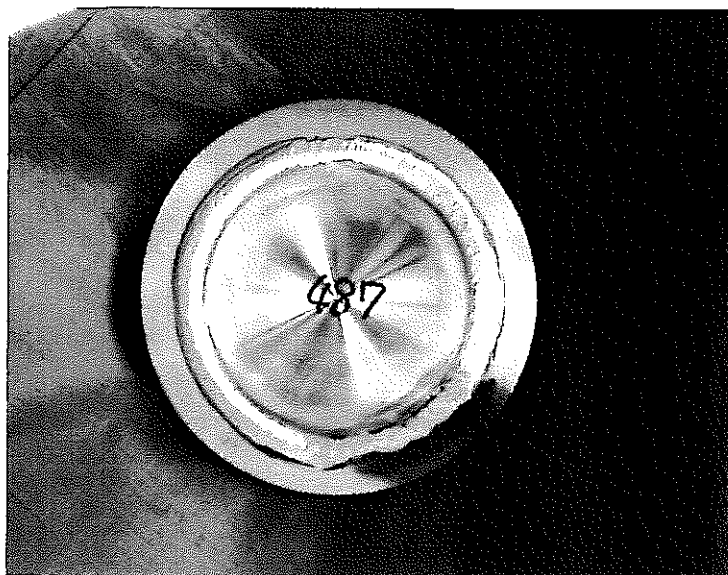


写真-3-2 (6/7) 再溶接後の溶接部外観

ITEM No. 7-1 T. P. No. 448
「蓋ツバ部の内反り」 (頭部とツバ部との間)
① 非定常時の溶接部状態 段違い有
② 再溶接後の外観検査結果 段違い有

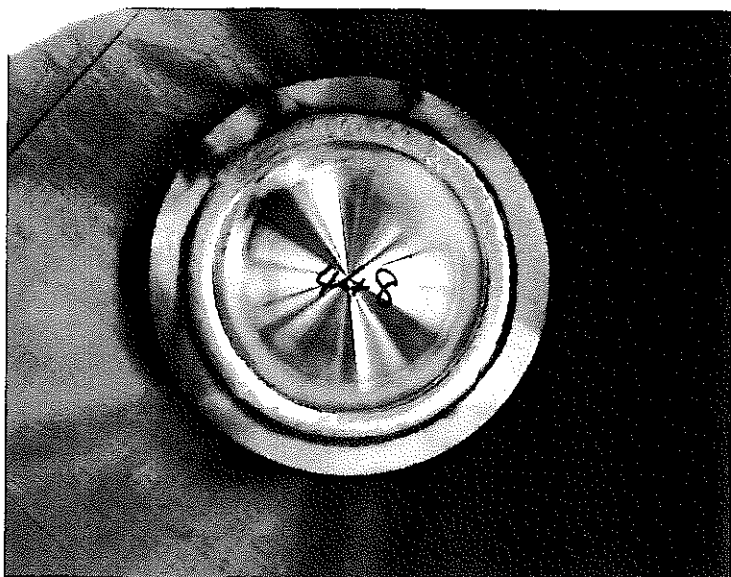


写真-3-2 (7/7) 再溶接後の溶接部外観

ITEM No. 1-2 T.P. No. 488 「トーチスイッチの断線」

良 好

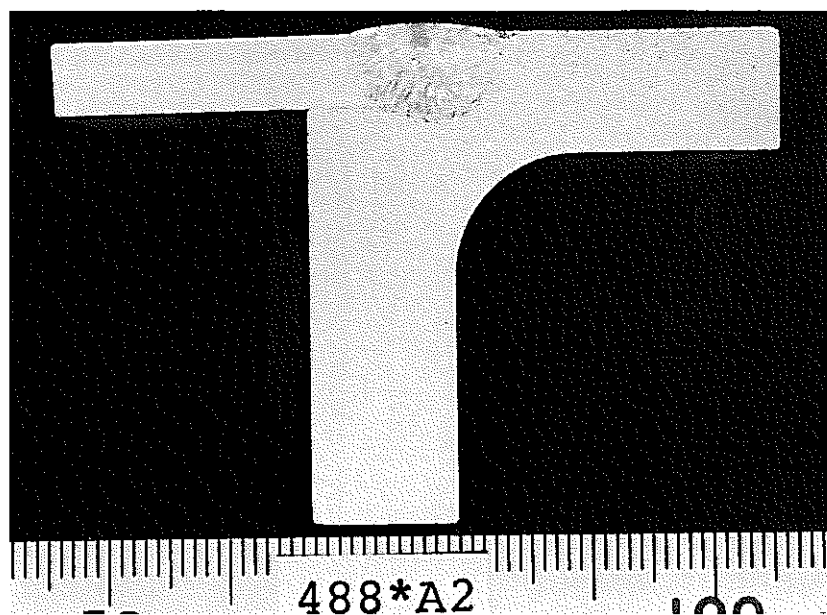


写真-3-3 (1/10) 再溶接後の溶接断面マクロ観察 (×1.5)

ITEM No. 1-4 T. P. No. 486 「電流検知信号の断線」
ビード上部が横に広がり、 形状不良である

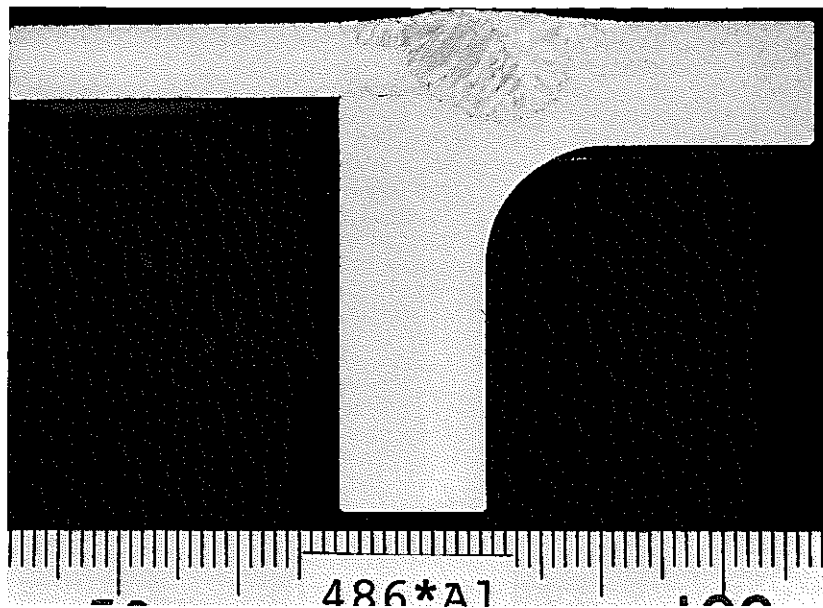


写真-3-3 (2/10) 再溶接後の溶接断面マクロ観察 (×1.5)

ITEM No. 4-3 T.P.No. 491 「溶接部への水漏洩」
良 好

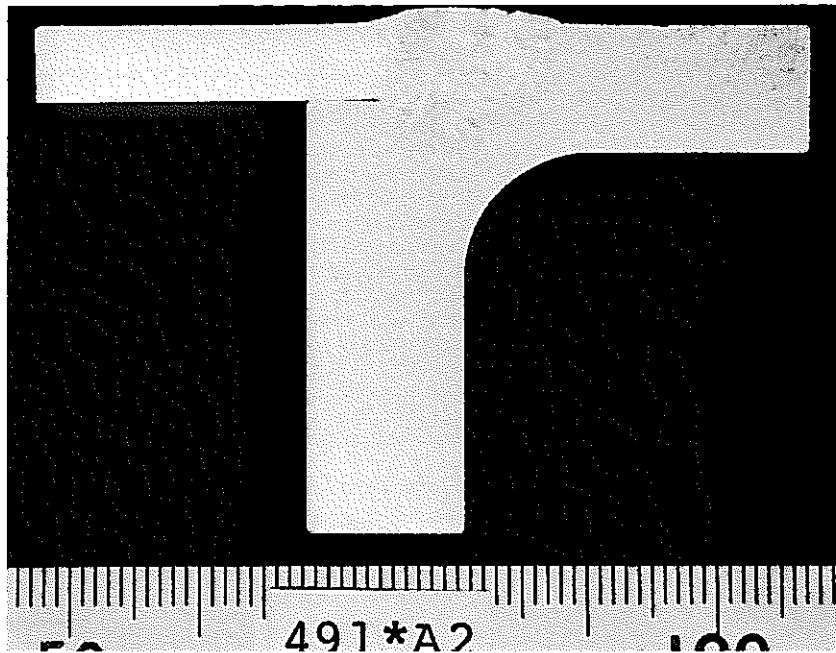
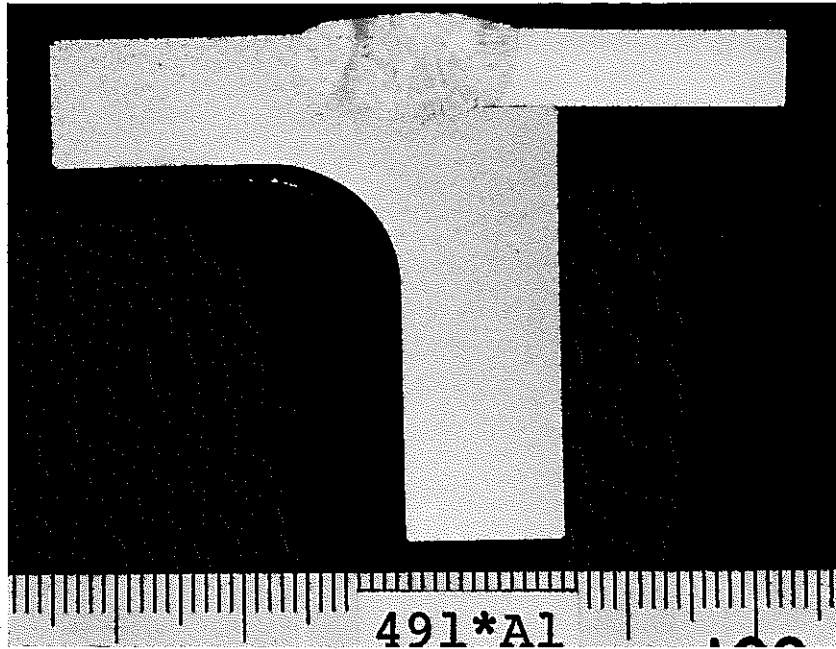


写真-3-3 (3/10) 再溶接後の溶接断面マクロ観察 (×1.5)

ITEM No. 5-1 T. P. No. 490 「Heガス供給停止」
良 好

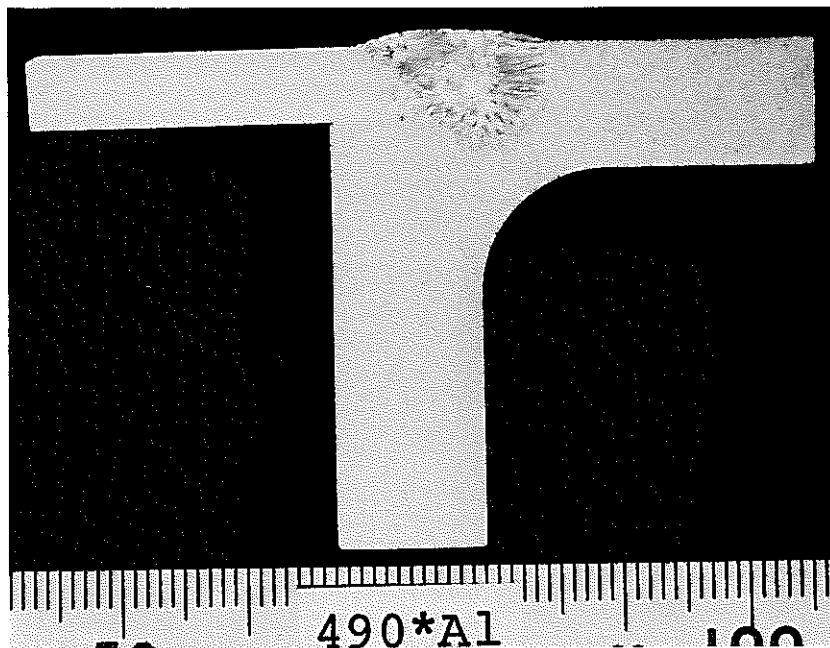


写真-3-3 (4/10) 再溶接後の溶接断面マクロ観察 (×1.5)

ITEM No. 5-3 T.P.No. 489
「Heガス乱流 (0.7m/s以上)」

ビード上部が横に広がり、
形状不良である

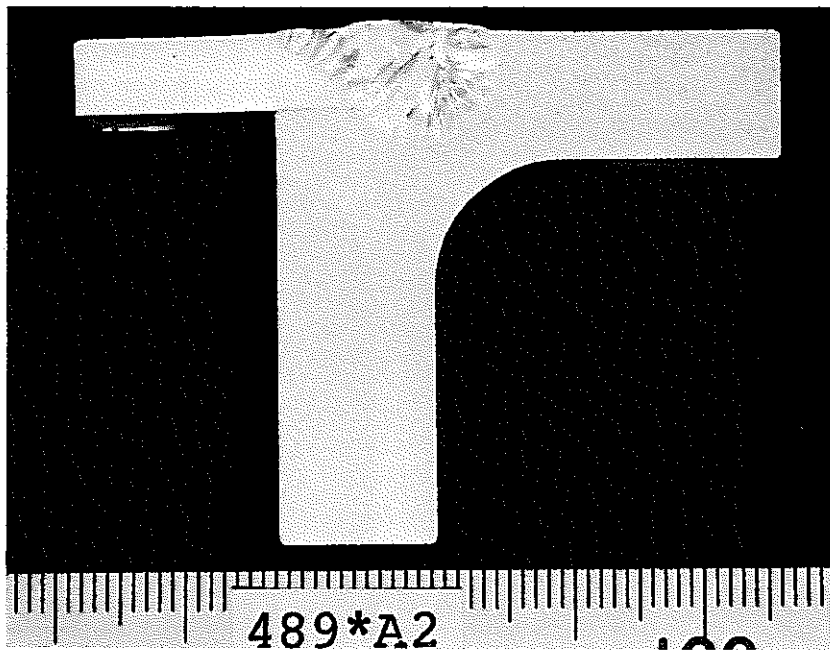
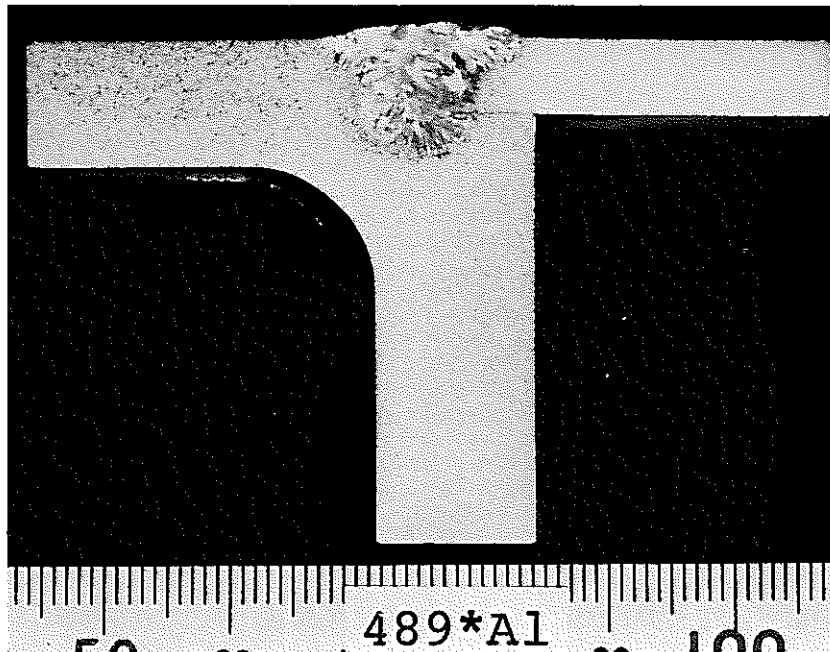


写真-3-3 (5/10) 再溶接後の溶接断面マクロ観察 (×1.5)

ITEM No. 6-1 T.P.No. 485 「溶接開先部へのガラス付着 (首部と蓋部の間)」
良 好

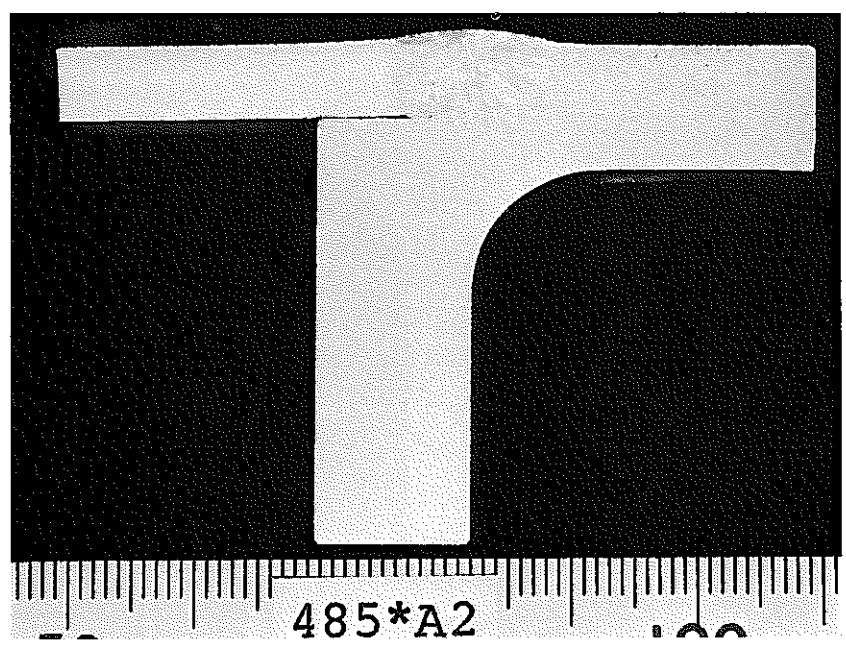
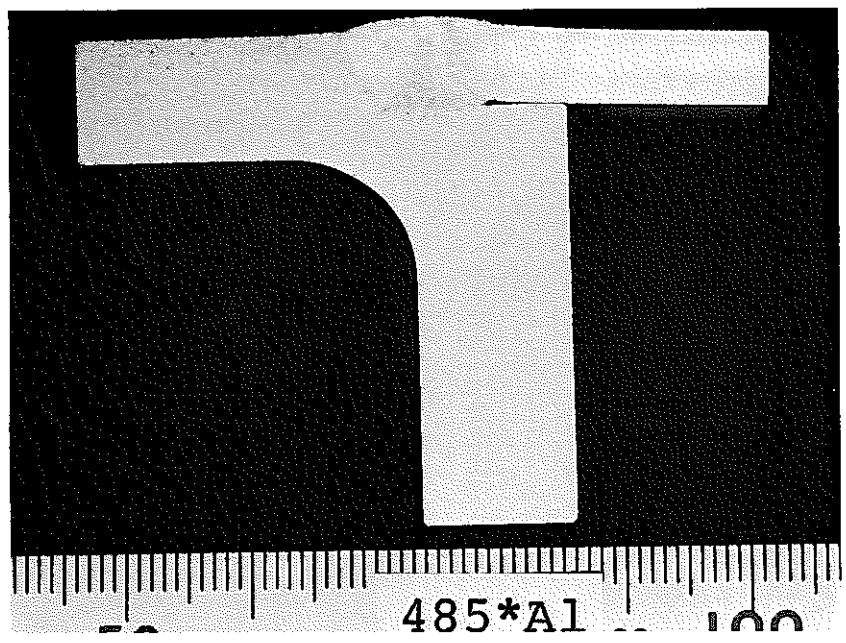


写真-3-3 (6/10) 再溶接後の溶接断面マクロ観察 (×1.5)

ITEM No. 6-2 T.P.No. 452
「溶接開先部へのガラス附着
(蓋部上面)」

内側に溶け落ちが発生している。



写真-3-3 (7/10) 再溶接後の溶接断面マクロ観察 (×1.5)

ITEM No. 6-3 T.P.No. 487
「溶接開先部へのガラス付着
(頭部と蓋ツバ部の間)」
ビードが横に広がっており、
蓋が浮いている。

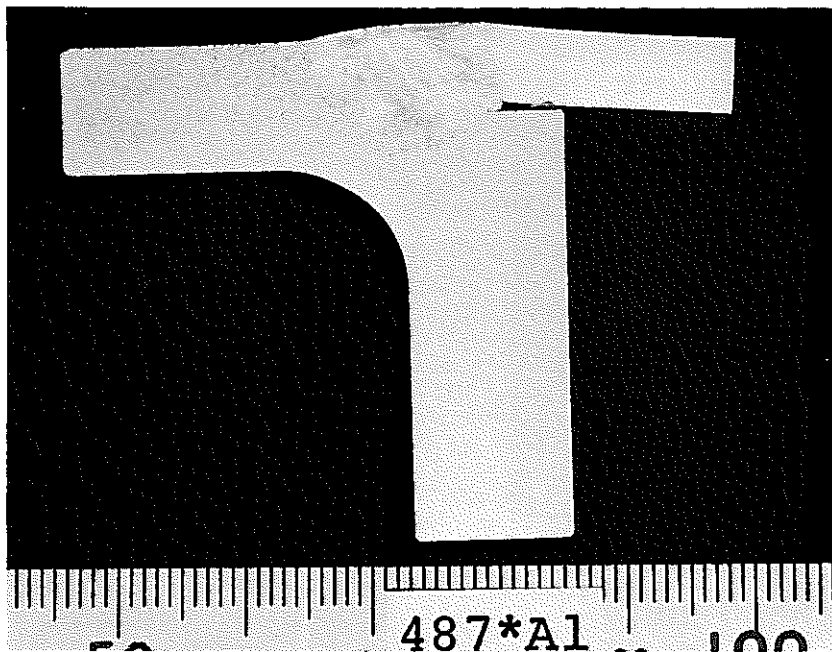


写真-3-3 (8/10) 再溶接後の溶接断面マクロ観察 (×1.5)

ITEM No. 7-1 T.P.No. 448
「蓋ツバ部の内反り」

蓋が浮いている。

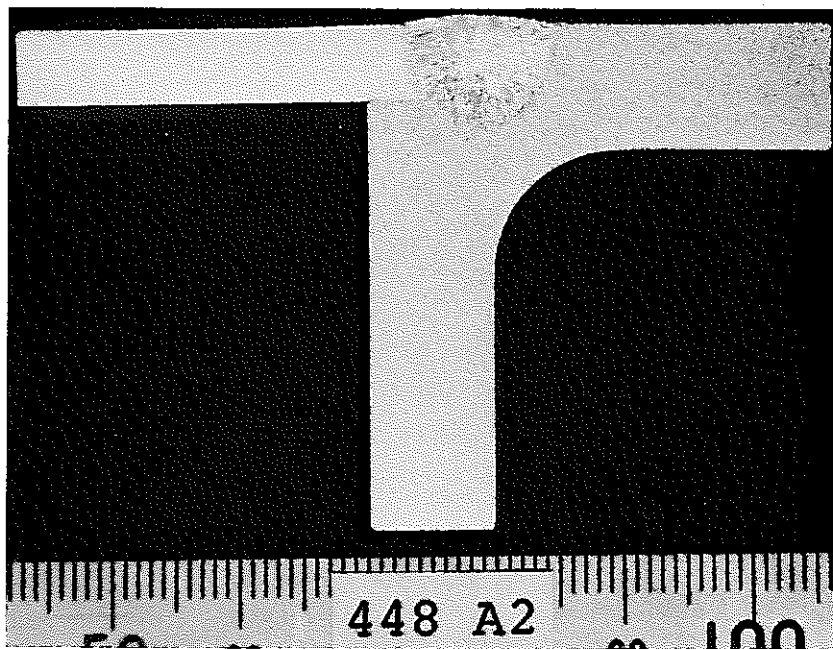
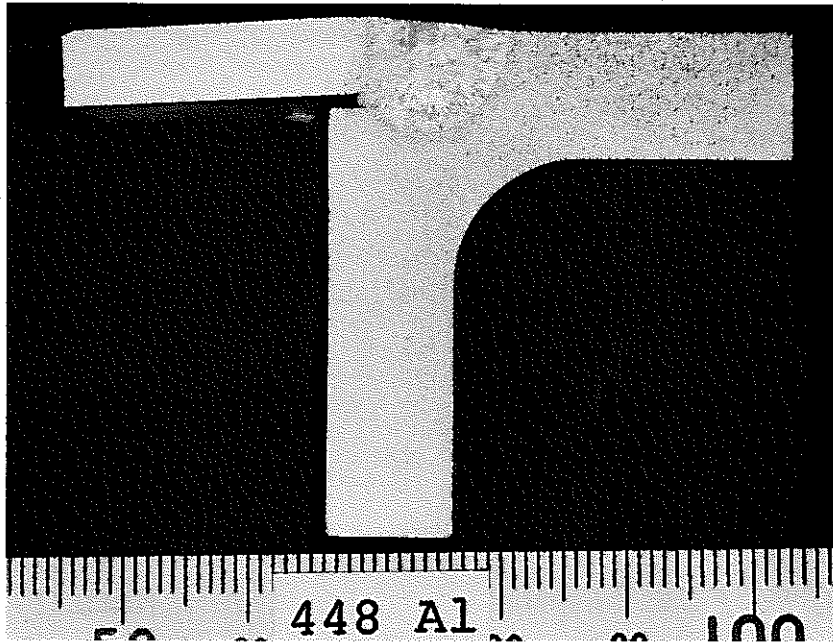


写真-3-3 (9/10) 再溶接後の溶接断面マクロ観察 (×1.5)

ITEM No. 7-2.3 T.P.No. 454 「蓋ツバ部の外反り・脱落」
良 好

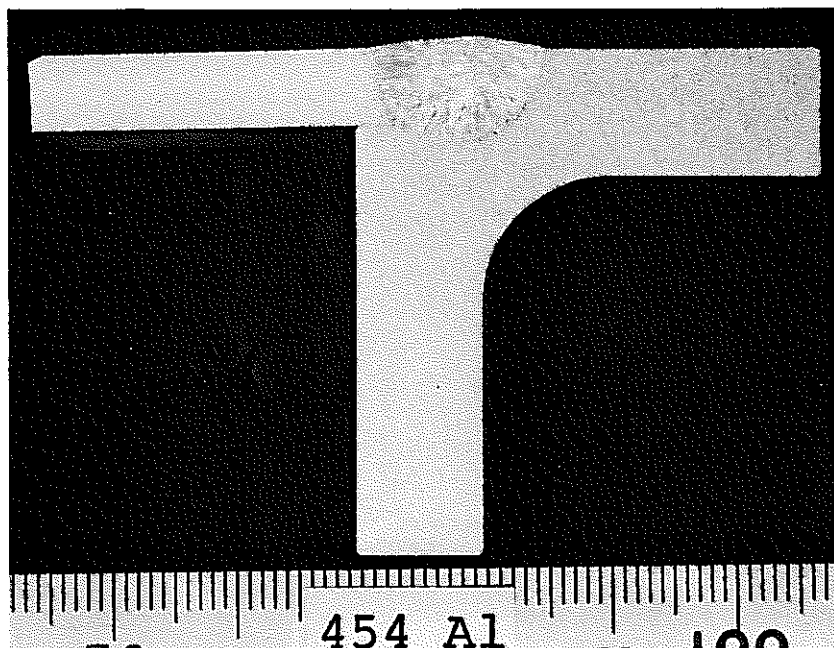
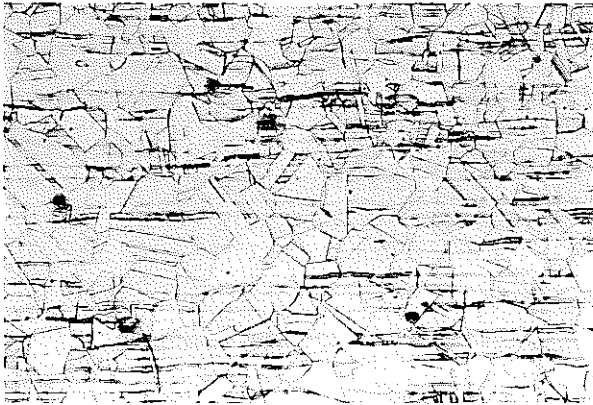


写真-3-3 (10/10) 再溶接後の溶接断面マクロ観察 (×1.5)



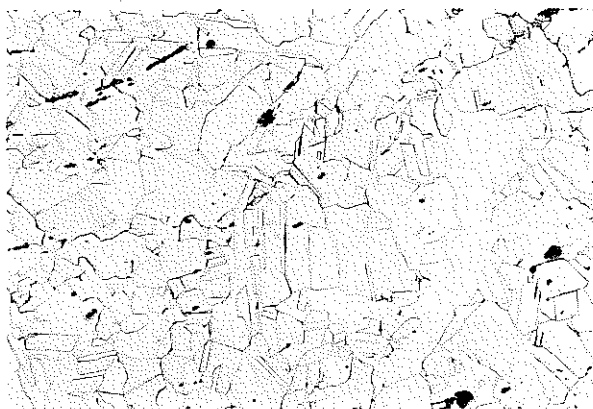
A : フランジ内側 母材



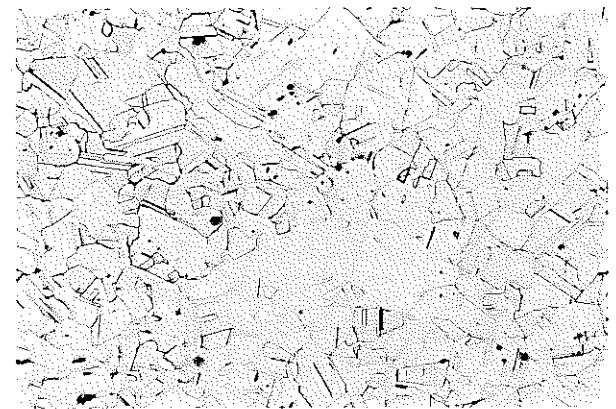
B : フランジ内側 熱影響部



C : 溶着部



D : フランジ外側 熱影響部

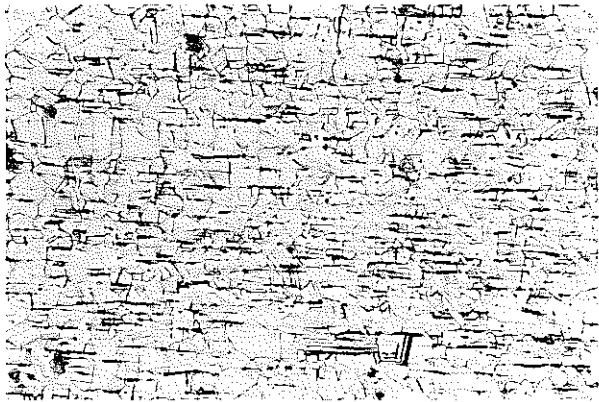


E : フランジ外側 母材

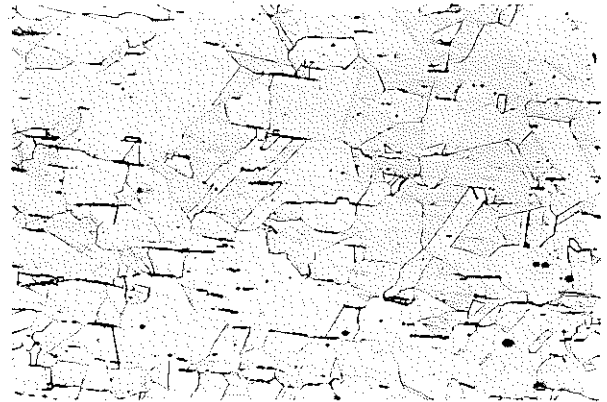
※ 熱影響部には、特に粗粒化はみられない

ITEM No. 1-4 T.P.No. 486
「電流検知信号の断線」

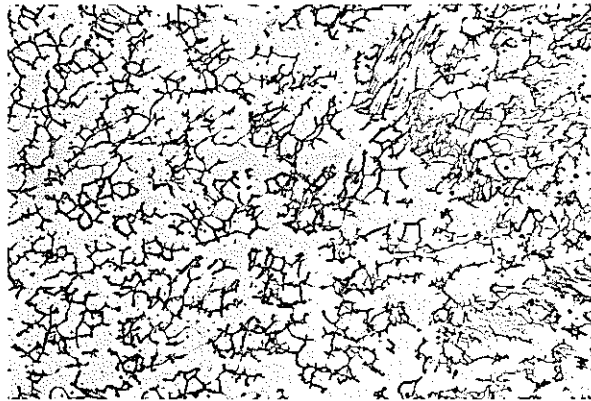
写真-3-4 (1/2) 再溶接後の溶接断面マイクロ観察 (×100)



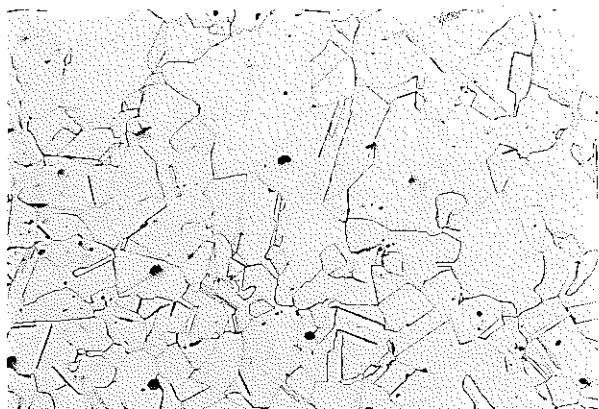
A : フランジ内側 母材



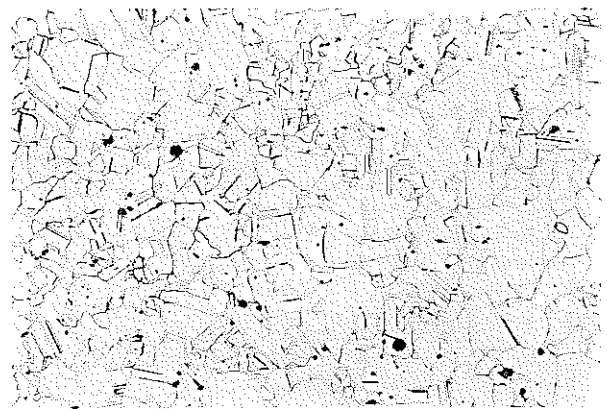
B : フランジ内側 熱影響部



C : 溶着部



D : フランジ外側 熱影響部



E : フランジ外側 母材

※ 入熱の増大などにより、熱影響部に粗粒化がみられるもの

ITEM No. 4-3 T.P.No. 491
「溶着部への水漏洩」

写真-3-4 (2/2) 再溶接後の溶接断面マイクロ観察 (×100)

4. ま と め

今回の試験により、溶接装置が非定常状態に移行した場合の、溶接機の停止状況および溶接部の状態が把握できた。

また、再溶接試験の結果、約半数の非定常状態想定項目について、再溶接部の健全性が確認できた。

さらに、再溶接が不可能となる事象および再溶接結果が不良となるような、重要な事象が明確になり、それらに対する対応策をとれば事前に回避できる見通しを得た。

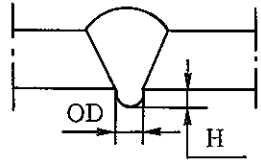
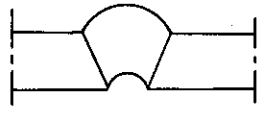
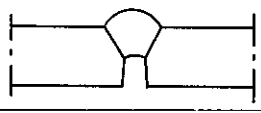
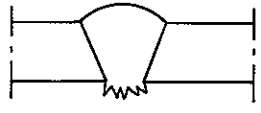
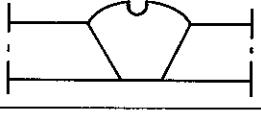
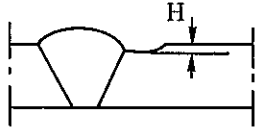
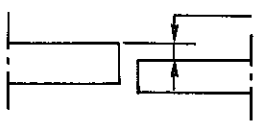
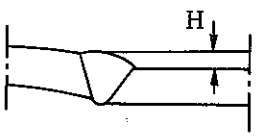
これらにより、本試験結果はTVFにおける、ガラス固化体閉じ込め機能についての信頼性向上に資するところが大きく、またTVF運転時のバックデータとしても有意義であると考えられる。

添付-1 溶接部外観検査基準

状 況	欠陥部分	標準溶接	最大許容限界
	1. 開先寸法		メーカー標準による。
	2. 余盛肉厚 S	板、および管 原材料のあらゆる 肉厚について $0 < S \leq 1.5$	板および管 $e < 3 \text{ mm} : S \leq 2.0$ $e \geq 3 \text{ mm} : S \leq 2.5$
	2'. すみ肉の 脚長 f	設計寸法に対して 上限：+3 下限：-0	設計寸法に対して* 上限：+3 下限：-0
	3. うらなみ P	管 $ND \leq 20 \text{ mm} :$ $0 < P < e/5$ 管 $ND > 20 \text{ mm} :$ $0 < P < 1 \text{ mm}$ 板 $0 < P < e/5$ $e > 7.5 \text{ mm}$ のとき の最大 $P = 1.5$	管 $ND \leq 20 \text{ mm} : P \leq 0.5 + e/5$ 管 $ND > 20 \text{ mm} : P \leq 2.5$ 板： $e < 3 \text{ mm} : P \leq 1.5 \text{ mm}$ $3 \leq e \leq 7.5 : P \leq 2 \text{ mm}$ $e > 7.5 : P \leq 3.5$

* 溶接部の管のサポート等・熱影響による腐食を考慮する必要がある場合にのみ適用する。

出典：再処理工場溶接施工技術基準（再処理一級）

状 況	欠 陥 の 状 態	許 容 限 度
	4. ドロップ型	$OD \leq 3 \text{ mm}$ 管： $ND \leq 20 \text{ mm} : H \leq +e/5 + 1 \text{ mm}$ $ND > 20 \text{ mm} : H \leq +e/5 + 2 \text{ mm}$ とする。 板については最大 $H = +e/5 + 2 \text{ mm}$
	5. 裏波部のへこみ	不 合 格
	6. 溶けこみ不足	不 合 格
	7. 気孔噴出	不 合 格
	8. アークストライク および偶発的アークストライク	不 合 格
	9. クレーターまたはクラック	不 合 格
	10. アンダーカット *	圧力 10 kg/cm^2 以上の場合：認めない 圧力 10 kg/cm^2 未満の場合： $H \leq 0.5 \text{ mm}$ ただし接液側は認めず
	11. 段ちがい	$H \leq +e/5$ (許容限度 $H : 1 \text{ mm}$)
	12. 不良接合	$H \leq +e/5$ (許容限度 $H : 1 \text{ mm}$)

* 技術検定試験、溶接施工法の確認に関してはアーク溶接の場合のみ0.5mmまで認める。

添付— 2 液体浸透探傷試験基準

(J I S Z 2 3 4 3)

1. 探傷剤の塗布方法および探傷剤

(1) 探傷剤の塗布方法

探傷剤の塗布は、原則として市販のエアゾール缶による吹付け塗布とする。ただし、浸透液の塗布に限り、ハケ塗りをを用いてもよい。

(2) 探傷剤および洗浄液

検査に用いる探傷剤（浸透液、現像液）および洗浄液は、被検査体に対して腐食性がなく、かつ人体に害のないものとする。

探傷剤および洗浄液に含まれる塩素、硫黄、フッ素の含有量は第1表に示す範囲とする。

第1表 探傷剤および洗浄液中の塩素、硫黄、フッ素の許容含有量

塩素含有量	≤ 100
硫黄含有量	≤ 10
フッ素含有量	≤ 100

単位 (p p m)

2. 検査方法

(1) 手 順

検査の手順は、つぎに示す順序で行う。

- ① 準備：被検査体の前洗浄および乾燥
- ② 浸透処理
- ③ 浸透液の除去
- ④ 乾燥
- ⑤ 現像処理
- ⑥ 観察
- ⑦ 記録
- ⑧ 後処理

(2) 準 備

- ① 浸透液を塗布する前に、浸透液が欠陥内部に浸透するのを妨げる油膜類、塗料、錆、スケールその他の汚れなどの付着物を、十分に取り除く。
- ② 表面の付着物の種類、程度、および被検査体の材質を考慮し、溶剤による洗浄、蒸気洗浄、塗膜除去剤、アルカリ洗浄などの適当な方法で付着物の除去を行う。ただし、オーステナイト系ステンレス鋼を洗浄する場合は、アセトンまたは原子力用に使用する洗浄液とする。なお、処理後は溶剤、洗浄液、水分が残ることのないよう十分乾燥させる。

(3) 操 作

操作は、2 (1)項に定める手順に従って、つぎのように行う。

① 浸透処理

- a. 浸透液の塗布は付法、形状および検査位置などによって、浸漬、吹付け、ハケ塗りなどの方法で行い、浸透に必要な時間、被検査部分を浸透液でぬらしておく。
- b. 浸透時間は、被検査体の材質、温度によって異なるが、通常第2表に示す時間を標準とする。

第2表 浸透時間

被検査体の温度	
15℃以上、35℃未満	15分以上
3℃以上、15℃未満	20分以上

- c. 必要な浸透処理時間経過後すみやかに洗浄処理および現像処理を行う。

② 浸透液（過剰）の除去

- a. 洗浄は、表面に付着している過剰の浸透液を除去する程度とし、欠陥中に浸透している液を流出するような過度の洗浄は行わない。
- b. 特に、洗浄が困難な場合を除いては、原則として、洗浄液をしみ込ませた布（白ウエス使用）を用いて拭き取るものとし、被検査体を洗浄液に浸漬したり、多量の洗浄液をハケ吹付けなどで直接塗布しない。

c. 乾燥処理

乾燥は自然乾燥、または乾いた布（白ウエスを使用）で拭き取り、加熱乾燥は行わない。ただし、被検査体の表面状態、および湿度のために迅速乾燥を必要とするときは、熱風乾燥を行ってもよいが、直接焰による乾燥は行わない。

d. 現像処理

- (a) 現像粉末が揮発性溶剤と十分懸濁するよう現像液を十分攪拌する。
- (b) エアゾールで現像液を吹付けるときは、被検査体の表面から約30cm離して行い、薄く均一に塗布する。
- (c) 原則として現像液のハケ塗りは行わない。
- (d) 現像時間は、特に定めるものを除き、通常、浸透時間の1/2あるいは、10分間とし、このいずれか長い方とする。

(4) 後 処 理

探傷剤はアセトンなどの溶剤で十分除去しなければならない。

(5) 観 察

探傷観察は2.(3)、②、d項で定める現像時間を経過したのち、十分観察できる光線下で行う。

3. 判定基準

欠陥による赤色像が認められないこと。

4. 検査記録

(1) 検査記録

検査記録は必要な場合、つぎの各事項を記入する。

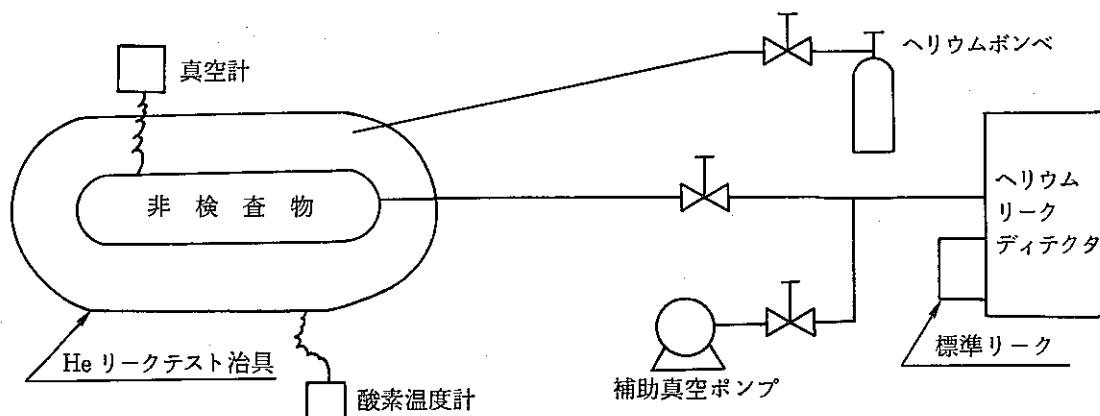
- ① 検査月日
- ② 検査員氏名
- ③ 被検査体の品名、材質、数量、検査位置、なお溶接部検査の場合は、その箇所がわかるような表示を行う。
- ④ 探傷剤の品名
- ⑤ 探傷条件
 - (a) 検査場所
 - (b) 前洗浄処理の方法
 - (c) 浸透時間、温度
 - (d) 浸透液除去の方法
 - (e) 乾燥方法（乾燥時間）
 - (f) 現像時間
- ⑥ 検査結果

添付 - 4 He クーク試験基準

気密 (ヘリウム) 試験記録 - 真空法 -

1. 検査方法

(1) 検査装置を下図の様に配置する。



(2) 補助真空ポンプで被検査対象物及びホース内部を真空にする。真空度は 1×10^{-4} Torr 以上とする。

(3) ヘリウムリークディテクタ内部をディテクタ内部の拡散ポンプで真空にする。真空度は 2×10^{-4} Torr 以上とする。

(4) 最高検出漏洩量の算出

$$\text{最高検出漏洩量} = \frac{SL}{D - BG} \quad (\text{atm} \cdot \text{cc} / \text{sec})$$

SL : 標準リーク量 (atm · cc / sec)

D : 標準リーク継続時のメータ指示値 × 倍率

BG : バックグラウンドの指示値

(5) 検査対象物とビニールとの空間にヘリウムを封入し封入前後の酸素濃度を測定し、ヘリウム濃度を決定する。

$$\text{ヘリウム濃度 } F = \frac{O_1 - O_2}{O_1} \times 100 \quad (\%)$$

O_1 : ヘリウムを封入する前の酸素濃度

O_2 : ヘリウムを封入した後の酸素濃度

(6) ヘリウムを検査対象とビニールとの間に封入してから10分以上放置し、漏洩の有無を確認する。

$$\text{漏洩量} = \frac{S L}{D - B G} \times (D' - B G') \times \frac{100}{F} \quad (\text{atm} \cdot \text{cc} / \text{sec})$$

D' : 漏洩量測定時のメータの指示値

B G' : 漏洩量測定時のバックグラウンドの指示値

2. 判定基準

漏洩量が 10^{-6} atm・cc/sec以下の場合には合格とする。

3. 試験記録

漏洩量算出に必要な項目を全て含んでいること。

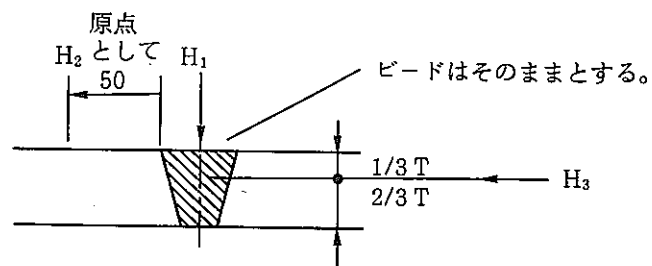
添付 - 5 溶着金属の硬度試験基準

1. 検査方法

J I S Z 2243 ブリネル硬さ試験方法又は、
 J I S Z 2244 ビッカース硬さ試験方法

2. 判定基準

ビードの硬度 H_1 と母材の硬度 H_2 の硬度差が 3 点測定平均値で下記の値を満足すること。



$$H_1 \text{ (又は } H_3) - H_2 \leq H_B 30$$

$$\leq H_V 30$$

(H_B : 3 mm を超える板のビード部の硬度)

添付一 6 成分分析基準

J I S G 0 3 2 1 鋼材の製品分析方法及びその許容変動値 (抜粋)
 (1 9 6 6) Product Analysis and its Tolerance for Wrought Steel

表一 4 製品分析の許容変動値

成 分	化学成分規定値の最大値 %				許容変動値 %	
					下 限	上 限
C	0.030	をこえ	0.030	以下	—	0.005
	0.20	をこえ	0.20	以下	0.01	0.01
	0.60	をこえ	0.60	以下	0.02	0.02
			1.20	以下	0.03	0.03
S i	1.00	をこえ	1.00	以下	—	0.05
			4.50	以下	0.10	0.10
M n	1.00	をこえ	1.00	以下	—	0.03
			3.00	以下	0.04	0.04
P			0.040	以下	—	0.005
S			0.040	以下	—	0.005
N i	1.00	をこえ	1.00	以下	—	0.03
	5.00	をこえ	5.00	以下	0.07	0.07
	10.00	をこえ	10.00	以下	0.10	0.10
	20.00	をこえ	20.00	以下	0.15	0.15
	27.00	をこえ	27.00	以下	0.20	0.20
	30.00	をこえ	30.00	以下	0.25	0.25
			40.00	以下	0.30	0.30
C r	4.00	をこえ	10.00	以下	0.10	0.10
	10.00	をこえ	15.00	以下	0.15	0.15
	15.00	をこえ	20.00	以下	0.20	0.20
	20.00	をこえ	27.00	以下	0.25	0.25
M o	0.20	をこえ	0.60	以下	0.03	0.03
	0.60	をこえ	1.75	以下	0.05	0.05
	1.75	をこえ	4.00	以下	0.10	0.10
C u	0.50	をこえ	0.50	以下	—	0.03
	1.00	をこえ	1.00	以下	0.05	0.05
			2.50	以下	0.10	0.10
W	1.75	をこえ	5.00	以下	0.10	0.10
T i	最小値規定の場合				0.05	—
N b + T a	最小値規定の場合				0.05	—
A l	0.10	以上	0.30	以下	0.05	0.05
N	0.19	をこえ	0.25	以下	0.02	0.02

添付 7 ノンフィラ T I G 自動溶接装置 各部の詳細仕様

1. 溶接ヘッド

(1) X軸スライダ

溶接トーチをX軸方向に移動させるスライダであり、容器のX軸方向中心位置確認、トーチ回転及び、電極交換時のX方向アドレス設定を併せて行うスライダである。スライダ仕様を表-A-1に示す。

(2) Y軸スライダ

溶接トーチをY軸方向に移動させるスライダであり、容器のY軸方向中心位置確認、トーチ回転及び、電極交換時のY方向アドレス設定を併せて行うスライダである。スライダ仕様を表-A-2に示す。

(3) Z軸スライダ (A. V. C 兼用)

溶接トーチをZ軸方向に移動させるスライダであり、容器蓋の有、無確認、電極交換時の電極の有、無確認、及び溶接中の蓋、電極間の定アーク長制御を行うスライダである。

スライダ仕様を表-A-3に示す。

(4) 溶接トーチ

溶接トーチは、遠隔操作による電極交換を考慮してハイロータ (電極脱着用ロータ) と1体化した。

トーチ本体は、水冷式であり溶接最大電流500Aまで使用可能である。

(5) 電極ストックユニット

電極ストックユニットは、20本の使用前電極がセットでき電極差込部には、スプリング効果を有するホルダーを使用しているため、溶接トーチによる電極脱着時に無理がかからない構造としている。

なお、遠隔による電極ストックユニットの交換が可能な構造としている。

2. 制御装置

(1) 溶接機電源制御

溶接機電源 (直流イナートガスアーク溶接機) の溶接電流値設定には直流電圧を印加して行っており、精度の良い設定が可能である。

又、クレータ時の溶接電流は、スローダウン制御を行うため、なめらかなビード外観を得ることが可能である。

電流制御の仕様を表-A-4に示す。

(2) 溶接走行 (X、Y軸) 制御

溶接トーチにより容器の位置を検出し、その中心を求め、これを中心に定められた溶接線 (円) を溶接条件に従って走行する。

トーチ走行制御の仕様を表-A-5に示す。

(3) A V C (Z軸) 制御

溶接中の電極、容器間の距離はアーク電圧をフィードバック制御する A V C (Arc Voltage Control) 方式を採用する。

なお、クレータ時における A V C は、溶接シールドガス (He) を流しながら、溶接終了においては電極が熔融プールに突込まないような方式とする。

A V C 制御の仕様を表-A-6に示す。

(4) 溶接線検出演算制御

搬入されてきた容器の位置を、X、Yスライダにて検出し、溶接線、及び振り付け溶接位置を割り出す制御であり、容器の位置検出のセンシングにはタングステン電極自身をセンサーとして使用する。

容器位置検出中にはトーチの現在位置を、検出演算後は容器の中心位置をディスプレイ画面に出力する。

(5) 電極交換制御

電極ストックユニットに、最高20本までφ3.2mmのタングステン電極がセットでき、また、電極ホルダのアドレスを指定することにより、X、Y、Z各スライダ制御を行い、自動的に電極交換を行う。

(6) 溶接条件の記録、再生

振り付け溶接条件、本溶接の各ステージの溶接条件プログラムをカセットテープに記録、保存及び、再生を行う。

(7) 溶接条件の記録

カセットテープ又は、マイコンに記憶された溶接条件を装置に内蔵されたプリンターで打出すことにより、溶接条件の記録を保存することができる。

表-A-1 X軸スライダ仕様

項目	内容	性能・仕様
駆動方式	ボールネジ	外径16、リード5、610 ^L
駆動モータ	5相ステッピングモータ	励磁最大静止トルク 7.6 kg _{cm} ロータ慣性モーメント J. 400 g _{cm²}
制御方式	パルス制御	0.36°ステップ角、1000パルス5mm
ストローク		300mm
両端停止	リミットスイッチ	SHL-Q2255
軌道台	L、Mガイド	400 ^L 1組

表-A-2 Y軸スライダ仕様

項目	内容	性能・仕様
駆動方式	ボールネジ	外径16、リード5、820 ^L
駆動モータ	5相ステッピングモータ	励磁最大静止トルク 7.6 kg _{cm} ロータ慣性モーメント J. 400 g _{cm²}
制御方式	パルス制御	0.36°ステップ角、1000パルス5mm
ストローク		610mm
両端停止	リミットスイッチ	SHL-Q2255
軌道台	L、Mガイド	820 ^L 2組

表-A-3 Z軸スライダ仕様

項目	内容	性能・仕様
駆動方式	ボールネジ	外径10、リード2、223 ^L
駆動モータ	サーボモータ	DC24V、5W
動作速度		MAX 57 cm/min
ストローク		100mm
アーク長制御	アーク電圧制御	
トチ長さ位置制御	ポテンショメータ	330° / 5kΩ
両端停止	リミットスイッチ	S5GL-13
軌道台	クロスローラベアリング	1組

表-A-4 電流制御仕様

項目	性能・仕様	備考
パルス周波数	max 5 Hz	
パルス幅	0.1~0.9秒	ピーク、ベース独立設定
アークスタート法	電極タッチスタート	
初期電流	max 10秒	電流値任意設定
ピーク電流設定	max 300A	マイコン指令
ベース電流設定	max 300A	マイコン指令
ラップ溶接距離	max 16mm	電流値任意設定
クレータ処理	max 256秒	ラップ電流からスローブダウン

表-A-5 トーチ走行制御

項目	性能・仕様	備考
インチング速度	max 30 cm/min	パルス速度 1000 pps
電極交換速度	15 cm/min	パルス速度 500 pps
キャスタ位置検出速度	15 cm/min	パルス速度 500 pps
溶接速度	0~10 cm/min	

表-A-6 A V C 制御仕様

項目	性能・仕様	備考
インチング速度	max 40 cm/min	
制御範囲	7V~20V (電圧)	
条件設定	ピーク、ベース2条件設定	電流パルス同期 (選択付)
電圧異常検知	有	電極溶着防止

5. あ と が き

本報告書では、ガラス固化体容器の蓋溶接を行うノンフィラTIG溶接装置について、非定常状態移行時の溶接停止状態、および再溶接試験結果をまとめた。

本溶接機は、昭和61年から溶接条件の設定などのR&Dを実施してきており、「ガラス固化体容器蓋溶接装置による蓋溶接試験報告書（I）（PNC SN8410 89-007）」にその成果をまとめている。

本報告は、前記の報告書（I）に続く第2編であるため、併せて参照していただくと御理解が早いと思われる。