

2021年度成果報告会

地熱発電技術研究開発/ 地熱エネルギーの高度利用化に係る技術開発/ 未利用地熱エネルギーの活用に向けた 坑口装置の研究開発

(株)ティクスIKS

問い合わせ先
株式会社ティクスIKS 吉田
E-mail:yoshida@tix.co.jp
TEL:0257-48-2121

事業概要

1. 期間

開始 : 2020年(R2年) 4月
終了 : 2021年(R3年) 5月

2. 最終目標

pH3程度までの強酸性環境に耐えられるゲートバルブを製作する。

本研究開発の手法（鍛造化+レーザー盛金）を用いることで、従来の延長技術（耐酸性材料で製作）の半分のコストで耐酸性ゲートバルブを製作する。

3. 成果・進捗概要

- ・レーザー溶接機：内径用ヘッダー（大径）の導入完了
- ・インコネル625における盛金評価完了（施工試験合格）
- ・バルブ溶接、施工法試験合格
- ・試作バルブ1台完成

研究開発概要

未利用地熱エネルギーの活用に向けた技術開発 <NEDOホームページより抜粋>



図 NEDOで採択した酸性熱水活用に向けた各開発テーマの位置付け

評価スケジュール

	2020年度				2021年度
	1Q	2Q	3Q	4Q	1 Q
1. レーザー溶接機導入					
内径用ヘッダー(大径)導入			→		
2. 盛金の評価					
・通常ヘッダーの施工法確立	→				
・内径用(小)ヘッダーの施工法確立	→				
・内径用(大)ヘッダーの施工法確立				→	
3. 試験用バルブの製作					
・溶接接合部の施工法確立			→		
・ロボット条件出し、設計	→	→	→	→	→
・バルブ製作				→	→
4. 実地試験場所調査・選定	→	→	→	→	→

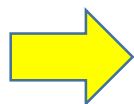
目標の達成度

研究開発項目	最終目標	達成度及び対応方針
1. レーザー溶接機の導入及び盛金条件の確立	・ 通常盛金及び内径盛金の評価を可能にする	○ (完了) ・ 装置の導入完了
2. 盛金の評価	<ul style="list-style-type: none"> ・ 通常盛金ヘッダーで施工法を取得 盛金高さ：2.4mm以上 ・ 内径用ヘッダーで施工法を取得 盛金高さ：2.4mm以上 	○ (完了) ・ 外部機関の施工法試験完了
3. 実地試験用バルブの製作	<ul style="list-style-type: none"> ・ 溶接接合部の施工法を取得 ・ 試作バルブの完成 	○ (完了) ・ 外部機関の施工法試験完了 ・ 試作バルブ1台完成
4. 実地試験場所調査・選定	・ 試験場1件以上選定完了	△ (完了) ・ バルブの設置にリグが必要 莫大なコストが掛かるため、掘削中の現場において、他の評価と同時に進めるべき

耐酸性バルブ製作における課題

通常のゲートバルブは鋳鋼で製造している

- 耐酸性材料（二相ステンレスやインコネル等）でゲートバルブを製造
 - ✓ 一般的に鋳造が難しく価格が高い
 - ✓ 難削材のため無垢材からの加工は難しい



工数・コストが嵩んでしまう

耐酸性バルブ製作における課題

コスト削減として、流体の通る内面のみを耐食金属で盛金するのが良いのだが・・・



鋳鋼の場合、形状が複雑（特にゲートバルブ内面：右図）
内面盛金ができない。

無理に盛金したとしても、**割れが発生し品質に問題**あり。

耐酸性バルブ製作のコンセプト

➤ バルブ部品を鍛造化

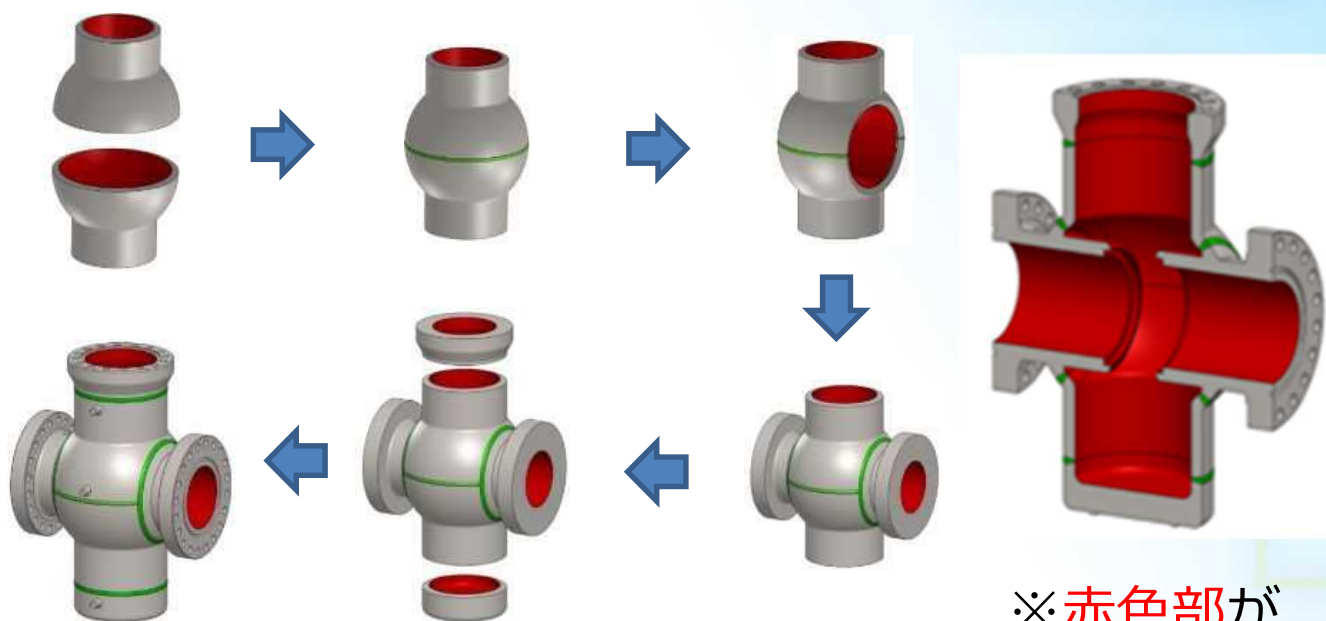
- ・ シンプルな形状のため、インコネル等の耐酸性材料で**内面を全面盛金が可能**
※当社独自の技術

➤ レーザー盛金溶接を適用

- ・ 母材への溶け込み量が少なく、**熱影響による変形が少なく高品質な盛金**を実現
- ・ ある程度複雑な形状にも対応可能

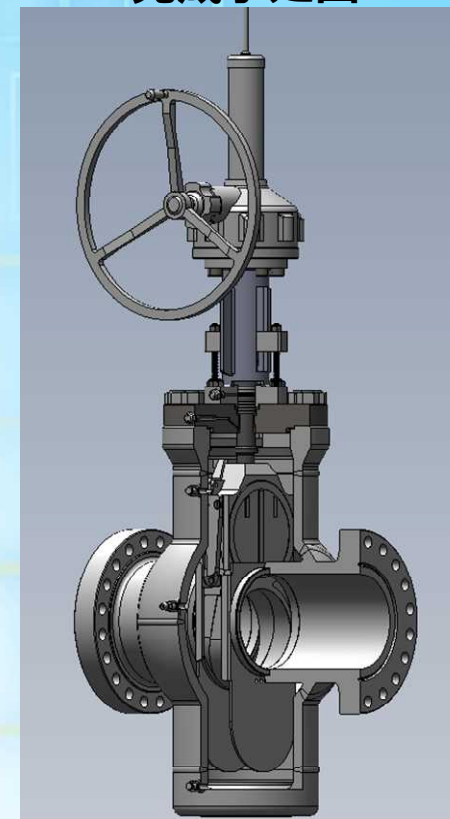
ティクス製鍛造バルブの特徴

鍛造製の場合、シンプルな形状の部品を組み合わせ
て製作するため**内面全面の盛金**可能



※赤色部が
耐食盛金

完成予定図



研究開発の内容

ph3までの強酸性に耐えられるバルブを低コストで製作するために以下を実施

1. レーザー溶接の導入及び盛金溶接の確立

レーザー溶接機を新規導入し、溶接条件を確立
※2020年度は内径用ヘッダー（大径）のみ

2. レーザー盛金の評価（溶接施工法取得）

3種類の溶接用ヘッダーによる耐食盛金の施工法を確立

3. 実地試験用バルブの製作

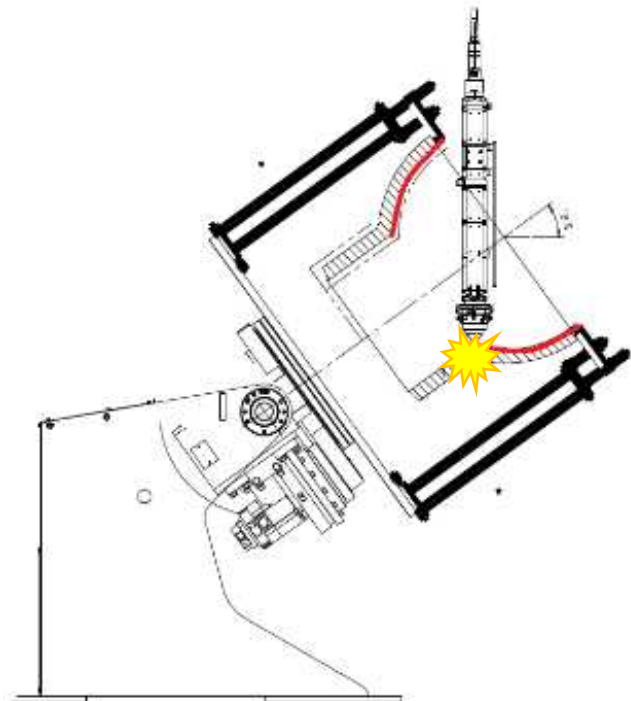
内面を耐食盛金した部品同士を接合する施工法を確立
試作バルブを1台 完成

1. レーザー溶接機の導入

通常ヘッダー

Φ6mm 母材に垂直に盛金する

※2019年度に導入済み



レーザー溶接機の導入（内径用）

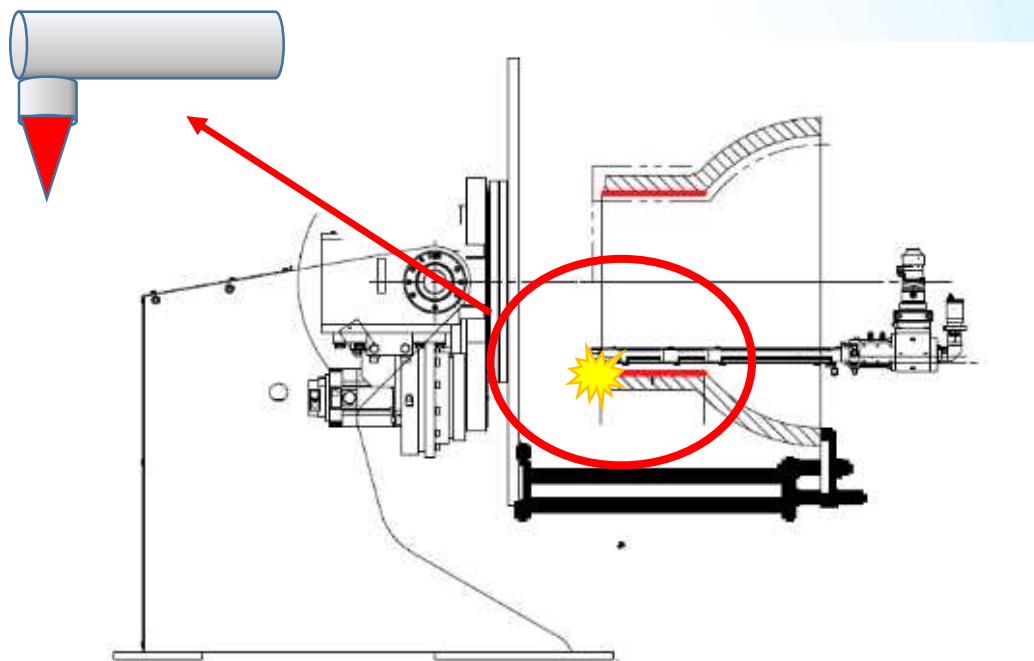
※内径用ヘッダーは世界においても導入例が少ない

内径用ヘッダー（大・小）

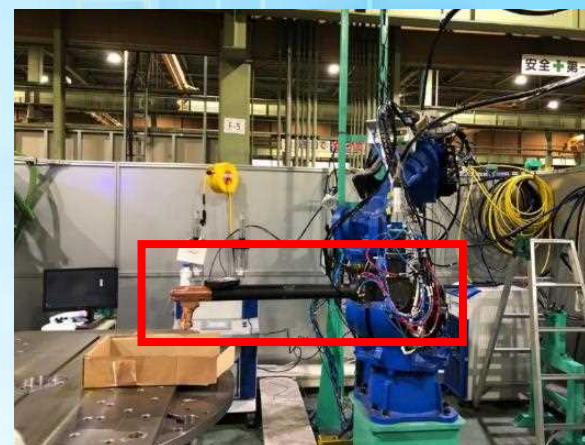
円筒形状の内面が盛金可能

大口徑：φ6mm 最小内径φ250mm

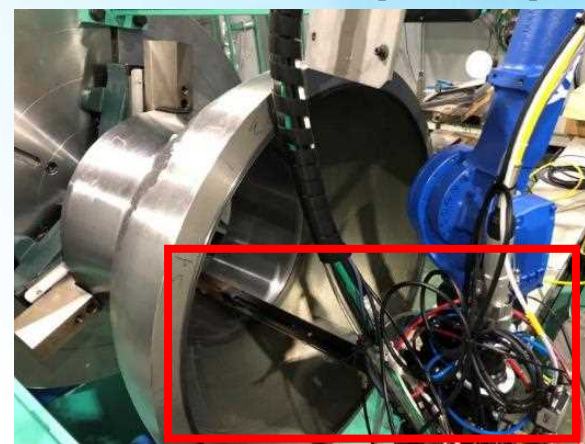
小口径：φ3mm 最小内径φ50mm



内径用ヘッダー(大口徑)



内径用ヘッダー(小口径)

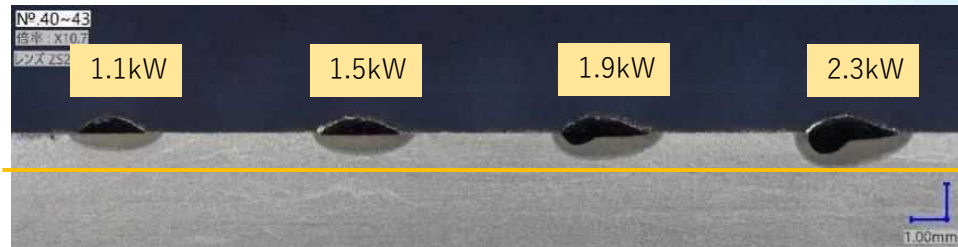


2. レーザー盛金の評価

盛金条件出し

盛金結果へ影響するパラメータが多く、
条件を出すために**数多くのTPによる評価**を実施

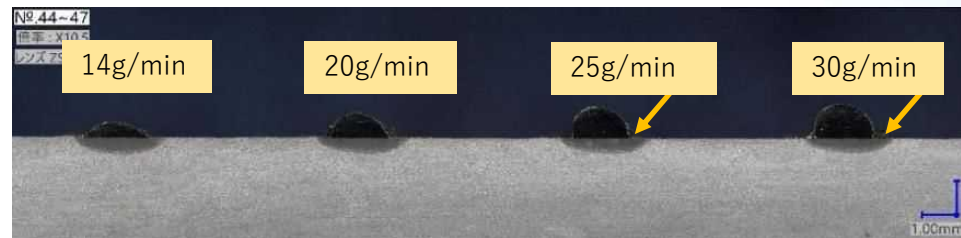
◆ レーザー出力による違い



レーザー出力を上げすぎると
溶け込みが深くなり、
希釈率が増えてしまう

➡ **耐食性が低下**

◆ パウダー供給量による違い



パウダー供給量が多すぎると高さは
出るがオーバーラップになる

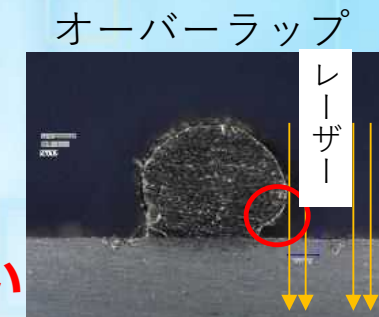
➡ **欠陥が入りやすい**

◆ キャリアガスの流量による違い



ガスの流量が多すぎると
ビード形状が不安定

➡ **外観不良、欠陥が入りやすい**



盛金溶接条件

インコ625 盛金高さ：2.4mm以上、希釈率：10%以下

通常ヘッダー

ヘッダー	レーザー出力	速度	パウダー	シールドガス	シフト量	積層数	盛金高さ	希釈
	(kW)	(cm/min)	(g/min)	(L/min)	(mm)		(mm)	(%)
通常	2.7	90	23	18	3	3	2.58	6.9

内径用ヘッダー小口径

ヘッダー	レーザー出力	速度	パウダー	シールドガス	シフト量	積層数	盛金高さ	希釈
	(kW)	(cm/min)	(g/min)	(L/min)	(mm)		(mm)	(%)
小径	1.27	100	10	10	1.3	4	2.65	4.5

内径用ヘッダー大口径

ヘッダー	レーザー出力	速度	パウダー	シールドガス	シフト量	積層数	盛金高さ	希釈
	(kW)	(cm/min)	(g/min)	(L/min)	(mm)		(mm)	(%)
大径	2.2	90	24	35	2.4	4	2.41	6.9



盛金基礎評価

盛金の品質が**実際のバルブに適用するのに十分**であることを確認するため以下の条件で**施工法試験を実施（合格）**

評価項目	評価基準（インコネル625）	合否
硬度測定	盛金部：HRC35以下、母材部：HRC22以下 (HV345以下) (HV248以下)	合
曲げ試験	3mmを超える熱影響部の開口した不連続がないこと 溶接金属部の開口が1.5mm以下であること ボンド部に3mmを超える開口がないこと	合
マクロ観察	断面の溶着金属及び熱影響部を目視し、 融合が完全であり、割れがないこと	合
化学成分分析	インコネル625：Fe ≤ 5.0%	合

外部公的機関（新潟県工業技術総合研究所）に、
上記の評価基準における溶接施工法試験を依頼

3. 実地試験用バルブ製作

鍛造バルブ部品の内面を耐酸性金属で盛金した、
実地試験用バルブを制作

1. 鍛造バルブ部品の内面を盛金

通常ヘッダー、内径用ヘッダーを用いて、
インコネル625を盛金

2. 鍛造バルブ部品の溶接（溶接施工法取得）

内面を耐酸性盛金した部品同士を溶接

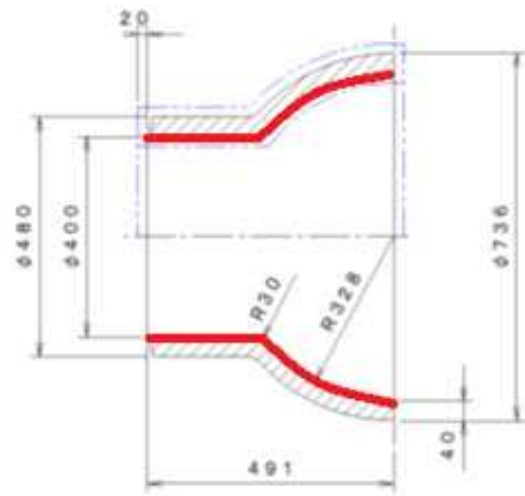
3. 実地試験用バルブの製作/組立

試作バルブを1台 完成

内面盛金のジョブプログラム作成

ロボットとポジショナを同期させて自動で盛金を行う

※ワーク毎に条件出し



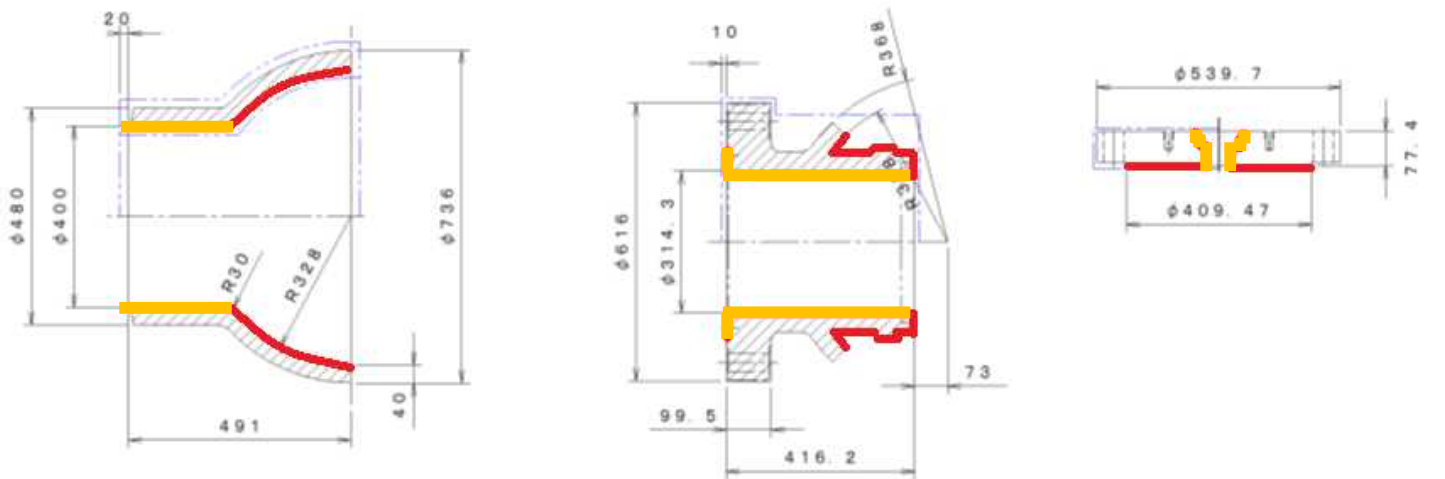
ポジショナ

ロボット

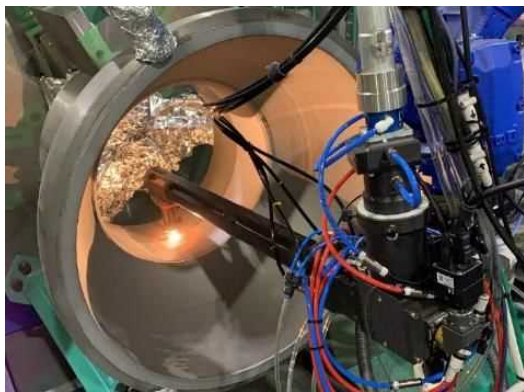
内面盛金部品

- 通常ヘッド盛金部
- 内径ヘッド盛金部

盛金予定図



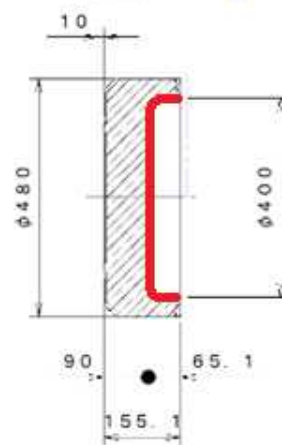
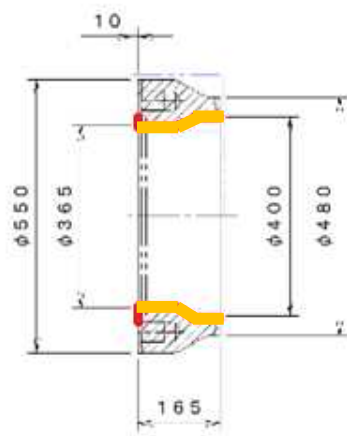
盛金



内面盛金部品

- 通常ヘッド盛金部
- 内径ヘッド盛金部

盛金予定図



盛金表面



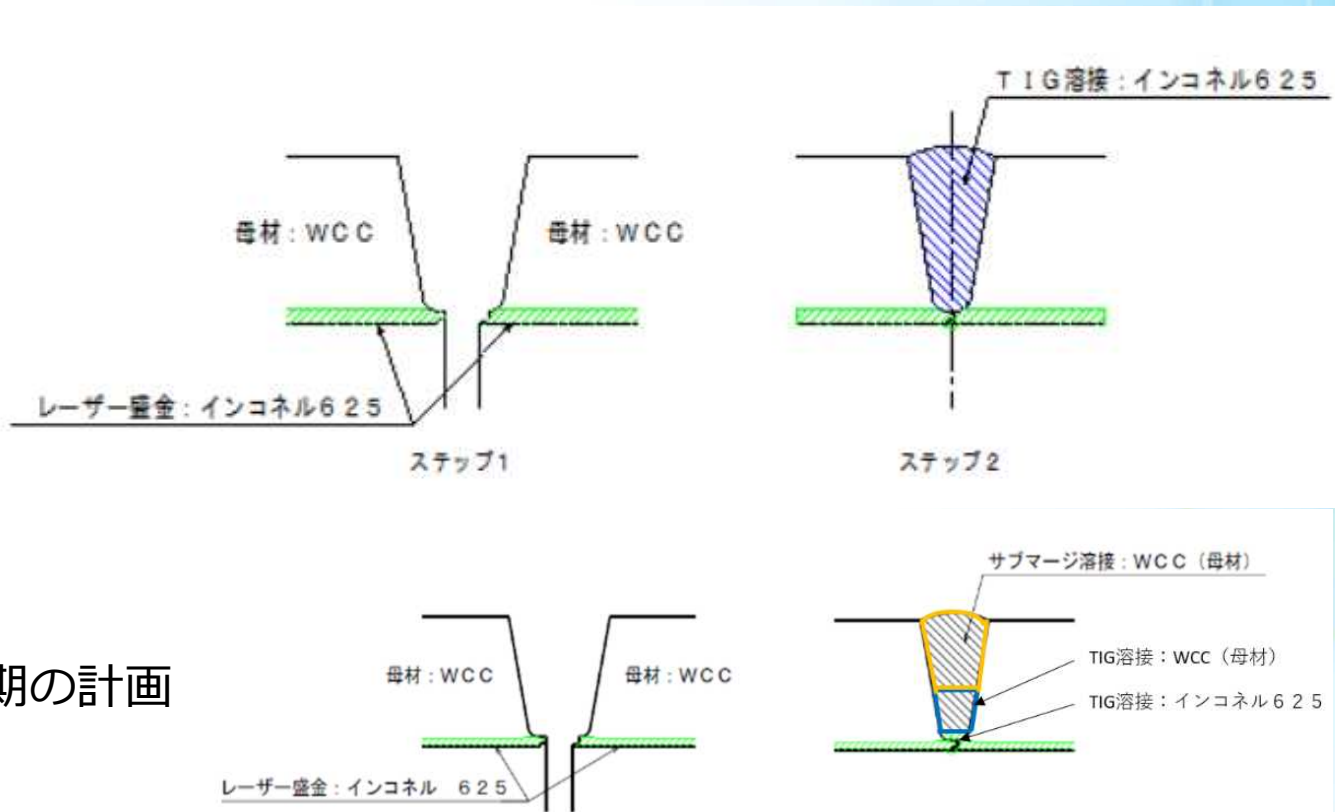
表面が滑らかに
肉盛りが出来る

盛
金



溶接部評価

内部を耐食性金属で盛金した部品を溶接し、十分な品質であることを確認するため、製品と同じ構造を持つテストピースを製作し、溶接部の評価を行う



緑色部:溶接部

初期の計画

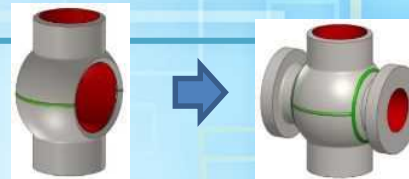
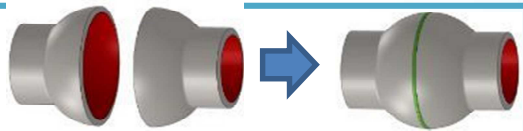
溶接部評価

溶接接合部が**実際のバルブに適用するのに十分**であることを確認するため以下の条件で**施工法試験を実施（合格）**

評価項目	評価基準（インコネル625）	合否
硬度測定	盛金部：HRC35以下、母材部：HRC22以下 (HV345以下) (HV248以下)	合
引張試験	母材の最小規定引張強さ（485MPa）を下回らないこと	合
曲げ試験	試験片の側面でいかなる方向に測定しても、3mmを超える溶接部、熱影響部の開口した不連続がないこと	合
マクロ観察	<ul style="list-style-type: none">・ 全て完全溶け込み溶接であること・ 内外面のアンダーカットが当該部分の最小肉厚を割り込んでいないこと・ ピンホールと露出したスラグがないこと	合

外部公的機関（新潟県工業技術総合研究所）に、
上記の評価基準における溶接施工法試験を依頼

実地試験用バルブ製作



鍛造バルブ仕様



口径	12" (12-3/8")
圧力クラス	900
使用条件	地熱発電用：pH3以下対応

ボディー	ASTM A216 Gr. WCC (FORG)	接液部をインコネル625 盛金
ボンネット	SM490A	接液部をインコネル625 盛金
シート（弁座）	SUS310S	弁座面をステライト No.6 盛金
ゲート（弁体）	ASTM A487 Gr.4 クラスD	ステライト No.6 盛金及び接液部をインコネル625盛金
ステム（弁棒）	インコネル625	

試作バルブの評価

現地に設置するための初期性能を確認

1. 性能検査 合格

- ・ ボディー耐圧試験
- ・ シート漏れ試験
- ・ 作動試験



2. 肉厚測定

実地試験時の評価のため
外部から超音波による
肉厚を測定。

製品を模擬したTP



今後の予定：鍛造バルブの実地試験

1. 実地試験の目的

製造した耐酸性バルブを、実際の酸性井で使用し、十分な品質（耐酸性、寿命等）を有しているか確認する

2. 実地試験の方法

ph3以下、もしくはph3程度の地熱井に耐酸性バルブを設置し、1～2年間程度稼働する

稼働後に耐酸性バルブを回収し、内面に盛金した耐酸性金属の肉厚減少量を測定、寿命の見積りを行う

3. その他

試験を行う地熱井は、酸性（ph3程度）だけでなく、噴気性も十分であることが必須となる

実験時に使用するケーシング等、他のツールについても同時に試験することが望ましい

実用化に向けた課題・取組み

1. 課題

製作費の削減

- ・ 内径盛金ヘッダーの歩留り改善（現状30～40%）
- ・ 盛金厚さ見直し（現状2.4mm）
- ・ 溶接接合部の施工時間短縮
- ・ 加工修正時間の短縮

2. 取組み

- ・ 内径盛金ヘッダーの歩留りを改善するため、メーカーの協力を得てレーザースポット径と角度の改造を実施
- ・ 試作バルブの減肉量を実地試験前試験後に測定・比較し最適な肉盛厚さを見いだすことで工数削減をはかる
- ・ サブマージやMIG溶接での熱影響を低減し、TIG溶接より短時間で施工できる条件の検討
- ・ 加工や肉盛を効率よく行うため、製造工程の見直し

【参考】盛金基礎評価の方法

* TP形状 : 170mm×150mm×20mm

①TPへ盛金



②切断/研磨



曲げ試験(側面)



マクロ観察(断面)



硬度検査(断面)



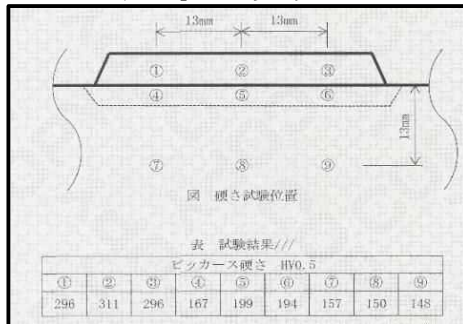
【参考】 盛金基礎評価：施工法取得①

【硬度測定】

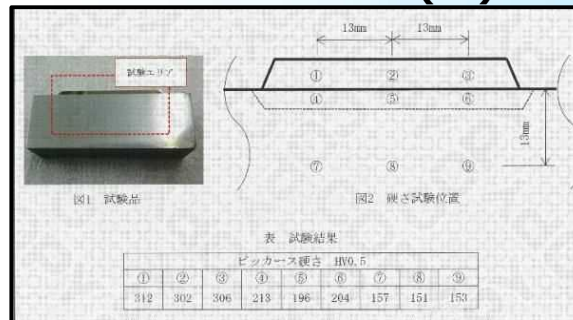
硬度値の規格 溶接部①～⑥：HV345以下
母材部⑦～⑨：HV248以下

硬度値規格内で合格

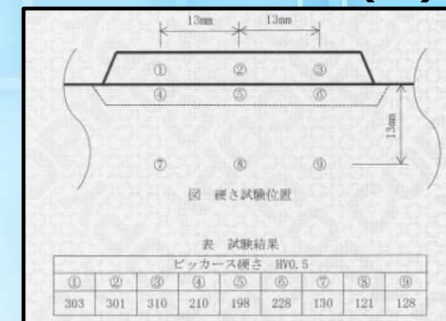
通常ヘッダー



内径用ヘッダー(小)



内径用ヘッダー(大)



【曲げ試験(側曲げ)】



外観不良なく、合格



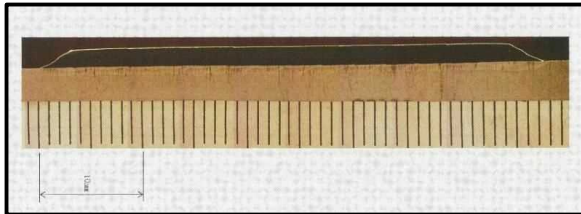
試験依頼先：新潟県工業技術総合研究所

【参考】 盛金基礎評価：施工法取得②

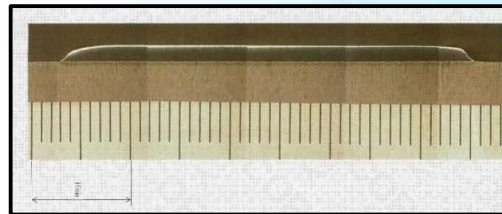
【マクロ観察】

欠陥不良なく合格

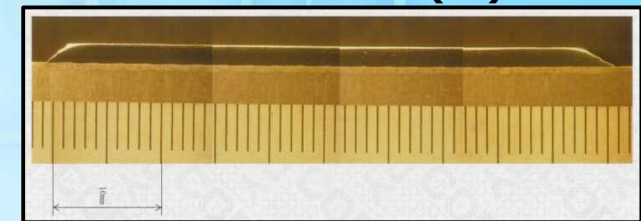
通常ヘッダー



内径用ヘッダー(小)



内径用ヘッダー(大)



【化学成分分析】

基準値内で合格

インコネル625

	Ni	Cr	Mo	Fe
参考基準値	58以上	20～23.0	8.0～10.0	5.0以下

通常ヘッダー

Ni	Cr	Mo	Fe
64.4	21.7	9.08	0.93

内径用ヘッダー(小)

Ni	Cr	Mo	Fe
63.4	21.1	8.97	0.94

内径用ヘッダー(大)

Ni	Cr	Mo	Fe
63.1	21.0	8.94	0.87

試験依頼先：新潟県工業技術総合研究所

【参考】溶接施工法：評価手順

実際の製品と同様の溶接条件でテストピースを製作し
施工法試験を実施

リング材内面肉盛



溶接部加工・検査



溶接接合



切断・加工



施工法試験片完成



【参考】溶接施工法結果

引張試験、曲げ試験、硬度測定、マクロ観察 **合格**

【引張試験】 基準：HV485以上

表 試験結果

記号	幅 b [mm]	厚さ t_0 [mm]	引張強さ R_m [MPa]	破断 位置
1	19.0	20.0	600	母材
2	19.0	20.0	607	母材

【曲げ試験】

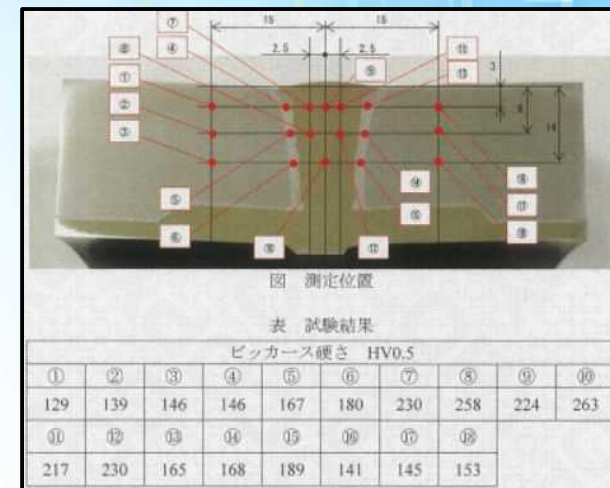
溶着金属及び熱影響部に割れ無し

表 試験結果

試験品			押しジグの直径 (mm)	曲げ角度 (deg)	湾曲部外側 溶接部の欠陥
曲げ方向	記号	幅×厚さ(mm)			
側曲げ	1	20.0×10.0	40	180	割れ2.1mm
側曲げ	2	20.0×10.0	40	180	なし
側曲げ	3	20.0×10.0	40	180	なし
側曲げ	4	20.0×10.0	40	180	なし

【硬度測定・マクロ】

溶接部：HV345以下
母材部：HV248以下



試験依頼先：新潟県工業技術総合研究所