

発電ボイラー内水管パネルの自動肉盛施工技術

Automatic reinforcement welding technology for water wall panels inside boilers



技術開発センター
河村 太一郎
Taichiro Kawamura

技術開発センター
木下 利哉
Toshiya Kinoshita

要旨

廃棄物焼却プラントは現在、ダイオキシン類排出規制により高温燃焼化が進み、それにとまって生じる熱エネルギーのボイラー発電への利用などエネルギーへの変換の高効率化が進んでいる。しかし、焼却炉内の高温燃焼化に伴って廃棄物発電用熱回収ボイラーの高温・高圧など厳しい腐食摩耗が問題になっている。

当社ではこの問題に以前から取り組んでおり、更なる向上を目指した結果、焼却炉内のボイラー壁水管パネルの自動肉盛施工技術を確立した。

Synopsis:

Waste incineration plants are required to burn waste at high temperatures according to statutory regulations to control dioxins emissions from burning waste. Study to recover and use heat energy generated from burning waste efficiently in power generation is under way. The high-temperature burning however has lead to a serious problem that those heat recovery boilers installed inside incinerators are severely corroded and worn out as they are exposed to high temperature and high pressure.

Challenging the problem since years ago, we, FUJICO, after tenacious improvement efforts has successfully established an automatic welding technology to reinforce water wall panel surfaces inside boilers installed at incinerators.

1 緒言

国内の一般廃棄物の総排出量は年間約5000万トンで、ダイオキシン類発生量の約90%が廃棄物焼却プラントから発生しているのが現状である。

そのため、廃棄物焼却プラントではダイオキシン類抑制のために焼却炉内の燃焼温度800℃以上、2秒以上滞留、CO濃度ピーク値100ppm以下にすることが法律で規定されている。この背景があり、炉内は高温域となり燃焼ガス中のダストや高濃度塩化水素ガスによって炉内金属部は高温過酷な腐食環境下にあるため耐腐食性が要求されている。

また、廃棄物焼却プラントでは炉内の熱エネルギーを有効利用するため廃棄物発電用熱回収ボイラーを利用して発電しているが、発電効率を向上させるためには、ボイラー管などの使用温度条件及び管内圧の高圧化を向上させる必要がある。

このように、廃棄物焼却プラントや発電用熱回収ボイラ

ー設備の高温腐食環境ではNi-Cr、Ni-Cr-Moなどの合金が優れていることが知られているが、これらは高価な材料であるためコスト面での問題が生じる。

そこで当社では以前より、廃棄物焼却炉内の廃棄物発電用熱回収ボイラー壁水管パネルに耐腐食性を有した材料の表面処理として溶接・溶射に取り組んでいる。本報告書では、製品に応用する際の肉盛溶接に関して品質レベル（希釈率低減）や外観の均一性を改善することおよび大型パネルでの施工トライを目的として、自動肉盛溶接技術を開発したので報告する。

2 ボイラー壁水管パネルとは

このボイラー壁水管パネルとはボイラー内壁に張り巡らされた、内部に水を循環させた鋼管と鋼板の溶接構造物のことで概略図および外観写真をFig.1に示す。

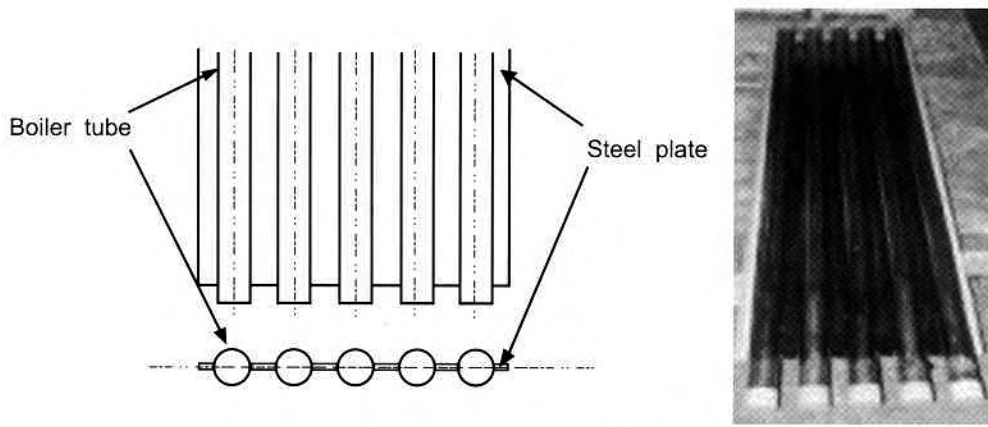


Fig.1 Appearance of water wall panel

2.1 過去の問題点および目標値

品質向上に向けてこれまで取り組んできた達成状況と目標値をTable 1に示す。目標設定値は某プラントメーカーの仕様を基準として設定している。Table 1から分かるようにパネルサイズの実績、溶接希釈率および外観性状が未達となっていた。希釈率とは表面肉盛材料中Ni,Cr等の耐食性に有効な元素の含有量が、溶接対象材料中のFeを混合することにより減少することである。

Table 1 Results obtained and target value

Items	Max. Panel size so far	Target value
Large-size panels	W500×L1500(6 tubes)	W1500×L3500(14 tubes)
Dilution rate	15%~20% (Welding thickness 2mm)	≤10% (Welding thickness 2mm)
Shrinkage of the width direction	No target	≤8mm
Bead appearance	Uneven	Uniform appearance

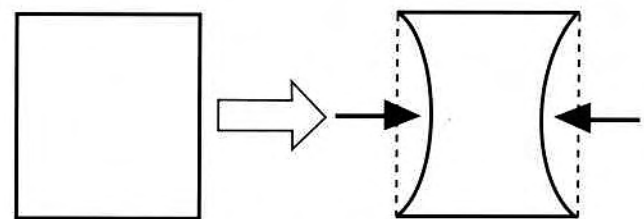


Fig.2 Water wall panel distorted after welding

2.2 目標達成への改善点

目標および目標達成(希釈率パネルの幅方向の縮み、ビード外観性状)のための改善方法をTable 2に示す。ここで、幅方向の縮みとは溶接熱により発生するもので、Fig.2にその形態の模式図を示す。この縮みが大きく発生するとボイラ内壁への取付けが困難となり製品としての不具合となるため抑制する必要がある。

Table 2 Improvements in welding method to enhance water wall panel performance

Reduction of dilution rate	<ul style="list-style-type: none"> Downward vertical welding Ac pulse MIG welding machine Water cooling
Control of shrinkage and distortion	<ul style="list-style-type: none"> Jig set at fins at both ends Water cooling
Appearance after improvement	<ul style="list-style-type: none"> Contact type profiling machine

3. 水管パネル表面処理

3.1 供試材料

材質：STB340EG (管部)、SS400 (フィン部)
 寸法：φ63.5×3500L×100P (14本組)×4t (管部)
 36.5W×3500L×6t (フィン部)

3.2 溶接範囲

溶接範囲は、Fig.3に示すように全長3500Lに対し、長さ方向に中央部から片側1000Lの合計2000Lと幅方向は1500Lである。

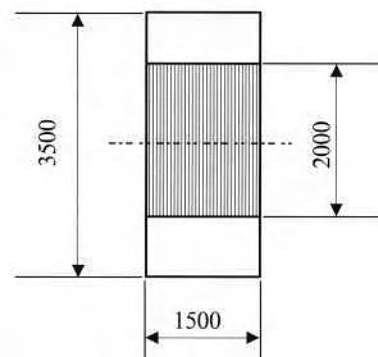


Fig.3 Welding range

3.3 溶接条件

溶接施工時の条件を以下に示す。
 溶接材料：インコネル625 φ1.2mm
 電流：100～200A
 電圧：20～30V
 溶接速度：300～500mm/min

3.4 拘束治具設置外観

拘束治具は、長さ方向と幅方向に格子状に設置している。
 拘束治具設置外観（幅方向を6本（左写真）、14本（右写真）で拘束したものをFig.4に示す。

4. 肉盛溶接結果

選定した溶接条件により、2000×1500（14管パネル）の範囲に肉盛溶接を行い、品質を確認するために以下の項目について調査を行った。

4.1 希釈率

Table 3は前述した溶接条件での希釈率分析結果であり、分析方法はICP（高周波プラズマ発光分析法）である。分析試料は、肉盛部の表層1mm以内から採取した切屑で、分析は3回行った。平均希釈率5.4%で目標10%以下を満たす良好な結果が得られた。

Table 3 Analysis results of dilution rate of weld metal

weld metal	Ni	Cr	Mo	average Unit(%)
N=1	62.2	20.06	7.91	5.1
dilution rate	5.41	7.51	2.47	
N=2	62.5	20.07	7.85	5.2
dilution rate	4.96	7.47	3.21	
N=3	62.0	19.95	7.82	5.8
dilution rate	5.72	8.02	3.58	
Average (dilution rate)	5.36	7.67	3.09	5.4

4.2 長さ方向歪み及び幅方向の縮み抑制効果

長さ及び幅についてFig.5に示すように定義した。

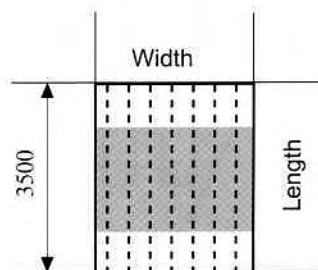


Fig.5 Determination of length and width

(1) 長さ方向の歪み

Fig.6はパネル中央部の歪み測定方法及び測定位置を示しており、Table 4に歪み量の最大値（中央部）を示す。拘束治具の強化とSR（応力除去焼鈍）を行うことで、拘束治具解体後の歪み量を抑えられることが確認できた。

Table 4 Comparison of distortion before and after welding

	Condition	Maximum[mm]	
		Left	Right
Central part	Before welding	3	5
	After welding	32.5	35
	After stress relieving	34	None
	After demolition	36	75～80

(2) 幅方向の縮み

拘束方法による縮み量の差をTable 5に示す。強化前は全幅最大6mm、強化後は全幅最大3.5mmで目標の全幅8mm以内を確実に満たす結果が得られ、拘束を強化することで縮み量を抑制できることが確認できた。

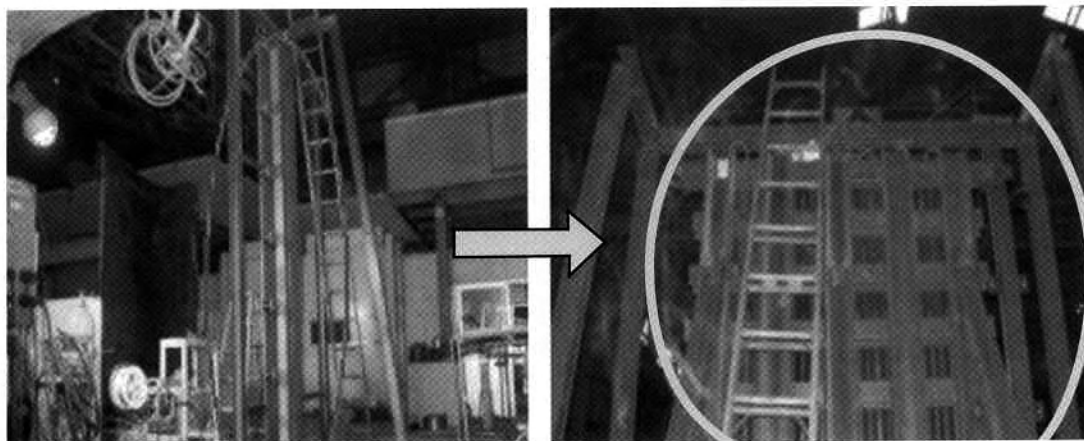


Fig.4 Welding jig installed

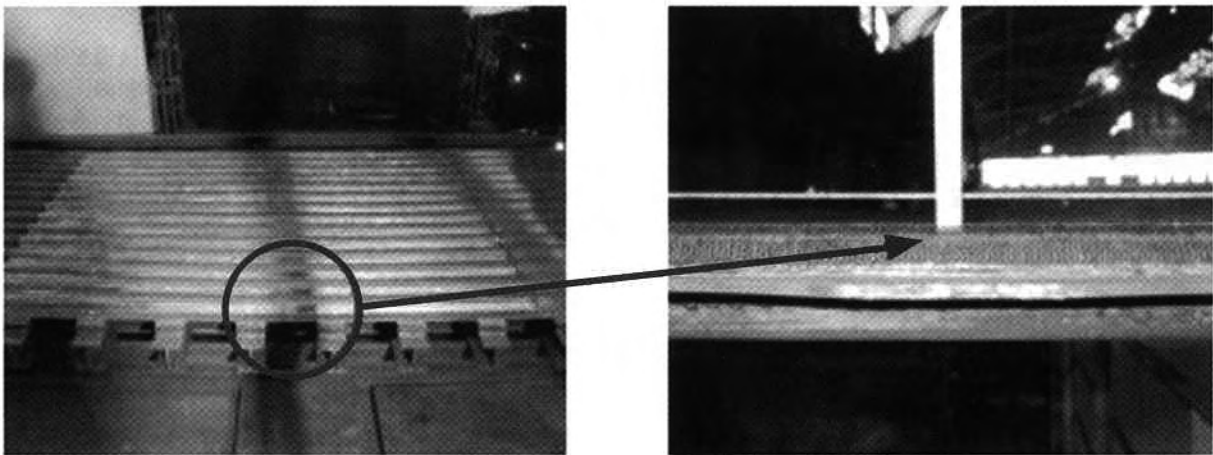


Fig.6 Appearance of distortion

Table 5 Relation between distortion and positions of welding jigs

Constraint	Max. shrinkage (overall width)
7 points 500mm intervals	6.0mm
13 points 250mm intervals	3.5mm

4.3ビード外観の改善

当社独自の装置により若干の曲がりが生じてもほぼ均一なビードを形成することが可能となった。この装置は、溶接対象面が凹凸であっても、アーク長を一定に保つ装置である。Fig. 7に改良前後のビード外観写真を示す。写真上は手で施工したもので溶接欠陥や蛇行が生じている。写真下は当社独自の装置を用いて施工したものであり、明らかに後者のビード外観の方が良好であるのが確認できる。

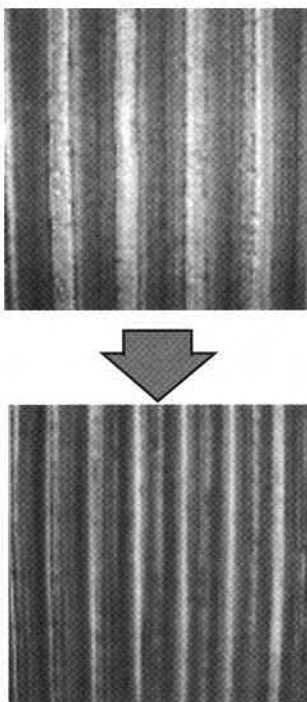


Fig.7 Comparison of beads

4.4 断面性状

(1) 肉盛部断面硬度

Fig.8は、深さ方向に0.2mmピッチで硬度を測定したものである。肉盛層の平均硬度はHv238程度、母材はHv140程度であった。

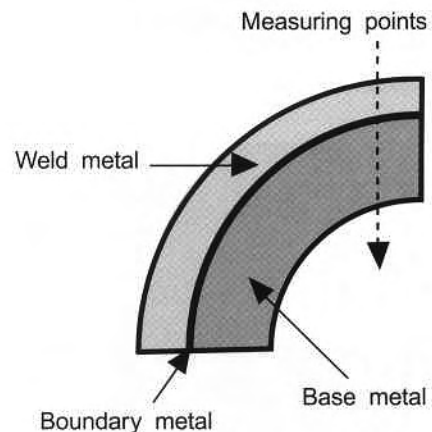
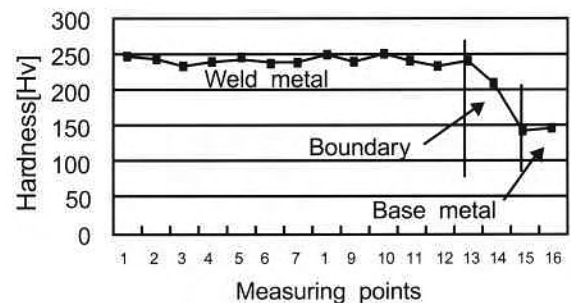


Fig.8 Hardness of welding metal

(2) 断面マクロ観察

Fig.9は溶接後の断面写真であり、合せてPT検査前後について示した写真である。肉厚は目標の2.0mm以上に対して約2.3mmの肉厚制御ができており、外観からもほぼ均一であるのが確認できる。下写真の○印部はパネル製作時の未溶着部であり、肉盛部に関しては無欠陥である。

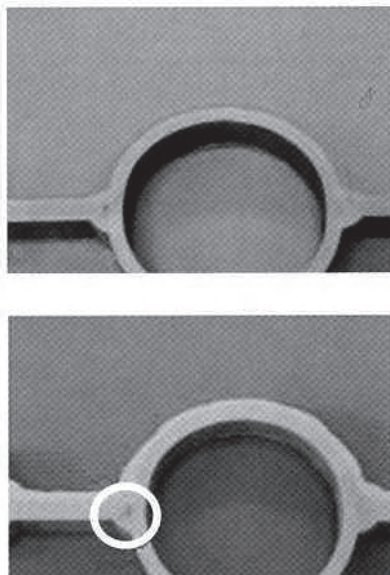


Fig.9 Microstructure of weld section

(3) 断面ミクロ観察

肉盛部の断面ミクロ組織写真をFig.10に示す。溶接部に欠陥（ミクロの割れ、融合不良）は無く健全な組織である。



Deposited Metal ×200



Border ×200

Fig.10 Microstructure of weld section

5. 結言

今回、ボイラ壁水管パネルの肉盛施工技術を確立することにより、以下に示す目標設定値（肉厚制御、縮み抑制、ビード外観、断面性状）を満足することができた。

- ・希釈率（目標：10%以下）：約5.7%
- ・縮み（目標：全幅8mm以下）：全幅約3.5mm
- ・肉厚（目標：2mm以上）：平均2.3mm
- ・ビード外観：欠陥も無く、蛇行も無くほぼ均一なビードが得られる。
- ・肉盛溶接部は無欠陥であった。

今後は、更なる生産性の向上と現地溶接施工をターゲットにした技術開発を図る。

参考文献

- 1) 坂田、永吉、フジコー技報、No.9 (2001)
- 2) 石川 禎昭、ごみ処理溶融技術 (2001)
- 3) 吉葉 正行：廃棄物焼却プラント
- 4) 川原 雄三：廃棄物発電ボイラーにおける高温腐食コーティングの適応と耐久性評価の現状 (2001)