

ジェミックス株式会社

平松 卓也

The Report of On site PWHT for Large Pressure Vessels
by Internal Gas firing

by Takuya Hiramatsu

1. 緒 言

現在、我が国では溶接を施工した部分の残留応力の除去などの目的で焼鈍を行うことが種々の法規、規格により義務付けられている。その方法は具体的に二通りが規定されている。一つは焼鈍炉に収納して行う方法であり、二つ目は溶接部を局部的に焼鈍する方法である。近年、産業界のスケールメリットの追求と溶接技術の向上によって溶接構造物が巨大化してきている。超大型圧力容器や球形貯槽を収納し得る炉は非常に少ない。球形貯槽は球という特殊性のために炉に収納することが難しい。この問題を解決する方法としての第三の方法が高速ガスバーナーによる容器内部から加熱を行う方法である。最初にこの方法を提案したのは米国のCICAGO BRIDGE & IRON WORKS社というタンクの製造会社で1946年にメキシコにおいて世界で最初に内部からバーナーで加熱を行なうという方法で球形タンクを焼鈍した。我々はこの方法に着目して、我が国でも、大型焼鈍炉を作ることの不経済性を訴えてきた。幾度か本方法による焼鈍を通産省に申請したが、監督官庁の許可が下りずにこれまで本方法によるPWHT法は日の目をみなかった。平成4年5月に我が国で初めて石川島播磨重工業(株)相生工場が製作した電源開発(株)向けの加圧流動層(PFBC)複合発電プラントの圧力容器に内部から高速バーナーにより焼鈍する方法が通産大臣の特認のもとに採用された。熱処理の結果は極めて良好であったのでこの現地施工の報告を行う。

2. 加熱対象物

- 2. 1 品名：加圧流動層(PFBC)複合発電プラントの圧力容器
- 2. 2 鋼種：炭素鋼
- 2. 3 寸法：直径； $\phi 11.2\text{ m}$ 高さ；約 30 m 最大板厚； 86 mm
- 2. 4 重量：約 700 トン
- 2. 5 熱処理規格：通産令「電気工作物の溶接に関する省令」

3. 温度条件

- 3. 1 温度カーブ：加熱期間 $30^\circ\text{C}/\text{h}$ 保持期間 $625^\circ\text{C} \pm 25^\circ\text{C} \times 3\text{ h}$
冷却期間 $30^\circ\text{C}/\text{h}$ で省令の規定する加熱速度より遅い。
- 3. 2 温度測定点：150点(内均熱部99点)
- 3. 3 温度記録： 300°C 以上

溶接学会全国大会講演概要 第54集('94-4)

4. 温度分布（熱処理結果）：

4. 1 温度分布は良好であり全均熱温度測定点で 300°C を超えて全加熱期間中を通じて温度差は 70°C 以内であり保持期間中は温度差は 39°C 以内であり、下降期間中の均熱域における温度差は 85°C 以内であった。
4. 2 温度勾配については、压力容器を支えるスカートは容器は加熱されるがスカートは加熱されないために容器とスカートの溶接部に大きな熱応力が生じて亀裂を生じる。スカート部は温度勾配を改善するために電気ヒーターを取り付けて溶接の端部から $2.5 \sqrt{R \cdot t}$ 離れた部位で $\frac{1}{2}$ の温度となるように 100mm 単位で温度勾配改善のための温度制御を行った。

5. 施工方法

本工事では日本で最初の大径特認工事ということもあり綿密な計画、打合せを行った。電力、ガスの供給体制、燃料、温度分布の予想熱計算書、是れまでの施工実績など、多くの資料の提出や質疑応答が繰り返された。工事の方法は最初に容器表面に熱電対の取付け位置を野書き、熱電対素線を蓄勢溶接機で容器に直接溶接を行なった。その上に岩綿 75mm を取付けた。容器のボトムから約 5m の高さのマンホールに2本、約 9m 上に2本、約 12m の位置に1本合計5本の高速バーナーを挿入した。バーナーは吹き出し口が鈍角のL形に曲げてあり、バーナーを回転することによって吹き出し方向を調整できよう工夫した。バーナーは $150\text{m}/\text{秒}$ の高速で熱風を吹き出し、 $200 \times 10^4 \text{Kcal/h}$ のものを使用した。5本の合計出力は $1000 \times 10^4 \text{Kcal/h}$ であり、電力に換算すれば $11,600\text{kW}$ といった巨大なものである。この高速バーナーは完全燃焼して、殆ど透明な熱ガスを発生するので、輻射加熱にならない。また高速のため周囲の空気を巻き込みバーナー先端から 3m 離れた所で 500°C 、 5m で 70°C と低い温度となるので局部加熱にならない。したがって焼鈍のように緩慢に昇温するのに適している。制御は経験によって温度記録計を見ながら手動でガスの流量と排気ダンパー、バーナーの方向の3つの要素を調節して行った。下降期間は送風機で冷却用空気のみを容器内部に吹き込んだ。

6. まとめ

6. 1 バーナーは $30\text{kg}/\text{台}$ と軽量で操作は簡便であったが、スカート部の温度勾配の制御に 1000kW の電力を要したため発電機5台を準備した。
6. 2 加熱期間は低温域では多少バラツキがあるが保持温度に近くなればなるほどよく揃う傾向にあった。
6. 3 円周上の温度差は同時刻では $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 以内という極めて良い結果であった。全保持期間中を通して $\pm 15^{\circ}\text{C}$ 以内であった。
6. 4 下降期間では容器の上部に熱いガスが溜まり下がり難く、やや温度差が広がるが、全温度測定点でも 70°C 程度なので熱応力の問題は生じなかった。

ASMEでは 15 フィート離れた点が 150°C 以下であることが要求されている。