

最近の焼成技術

Recent Firing Techniques

化工機事業部 生産技術室
 桑原晴彦
 Haruhiko Kuwahara

On the occasion of the 30th anniversary of the founding our company,
 this is to introduce our glass firing techniques.

創立30周年にあたり、当社のグラスライニングの焼成技術の一端を紹介する。

1. 超大型タンクの焼成技術

通常のグラスライニング(以下GLと呼ぶ)は世界最大の電気炉および1980年に新設した同型の電気炉により焼成されるが、これを超える超大型のタンクはこの両炉をドッキングして、一つの炉にすることによって焼成される。その焼成可能な大きさは第1表に示す通り4mφ×20mLである。

炉材はいずれもセラミックファイバーを使用しているため、レンガ炉と比べ蓄熱が不要であり、昇温スピードが早く小さなタイムラグで正確な温度コントロールができ、均一な焼成が可能なりえ、省エネルギー型焼成炉でもある。

1.1. 炉のドッキング

第1図でわかるように、新設炉は移動可能な構造で、前後に移動できるようになっており、超大型タンクを焼成する時のみ炉をドッキングさせ一つの炉とする。

第1表 炉の能力
 Table 1 Furnace capacity

項目	電気炉	新設炉	電気炉 新設炉 合体
D (mm)	4,000	4,000	4,000
HまたはL (mm)	10,500	10,500	20,000
W (ton)	25	25	25
V (m ³)	130	130	250

1.2. ハンドリング

超大型のタンクであるため、缶体の運搬等、ハンドリングが困難であり、小廻りがきかないので前後を別々に製缶、成型し、GL前に一体化させる方法をとる。

1.3. 焼成

1.3.1. 吊り方法

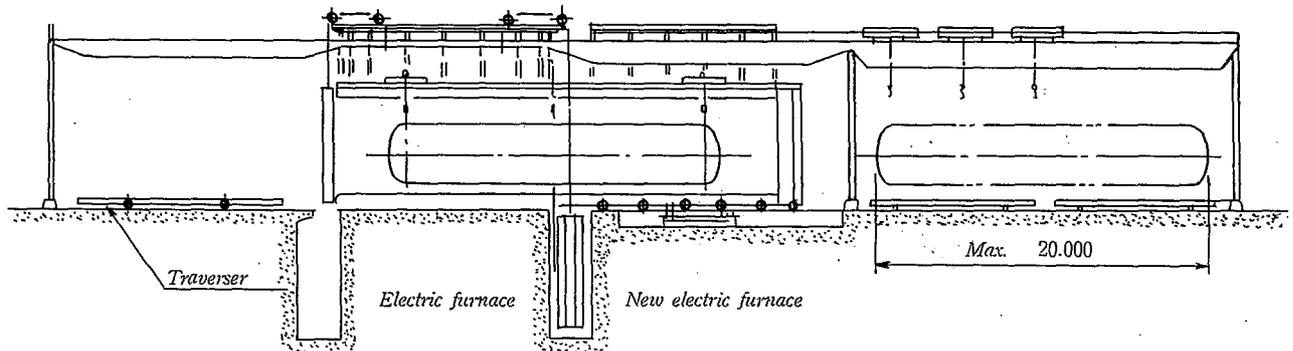
第1図のように変形に対して比較的強度のある鏡のナックルR部に落下防止用の治具を付け、焼成用チェーンをかけ、炉に装入する。吊治具はすべて耐熱鋼を使用しなければならない。炉に装入後、タンクは宙吊りの状態で焼成することになる。

1.3.2 加圧焼成

長尺物を水平で焼成するため、タンクにタワミが生じると共に真円度が大きく変形するおそれがある。特に貯蔵用タンクのように常圧使用のものは板厚も薄く、この傾向は著しい。タワミの防止については後述する。

真円度の変形はタンク内を加圧して焼成することによって防止する。即ち、内面は全面GLされているため歪防止用治具は取付けられない。したがってタンク内を加圧することにより缶壁を支えるユニークな方法を採用している。

まずタンクに付いている各ノズル、マンホールを盲にし、密閉状態すると共に第2図に示すような加圧装置をセットする。この装置は密閉されたタンク



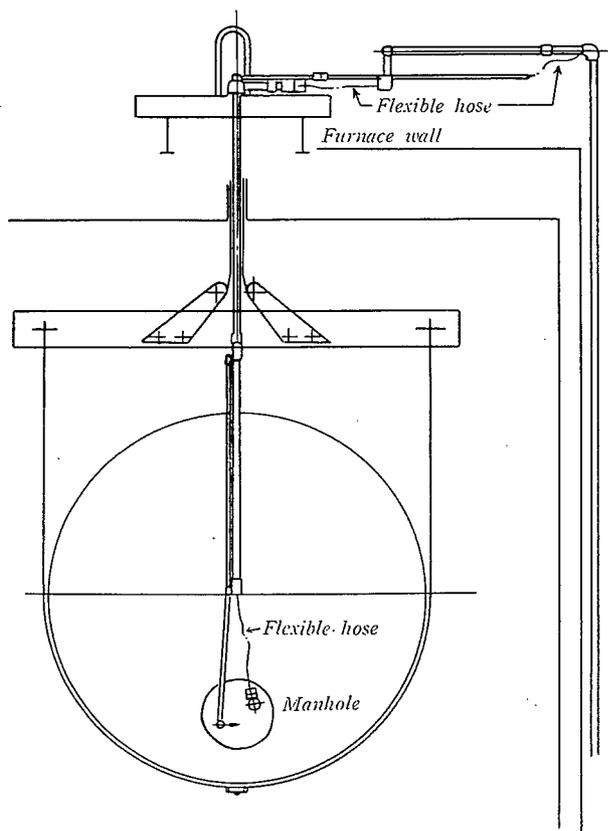
第1図 炉の合体
 Fig. 1 Two furnace connect

クが加熱されることによって高くなる内圧を調整する排気用パイプと内圧監視用パイプがある。炉にも同様の配管がされており、タンクを炉に装入後それぞれを接続し、缶内圧力、炉内温度との関係等につき集中コントロールできるようになっている。

密閉状態のタンクを炉に挿入し加熱を開始すると、ボイルーシャルルの法則に従ってタンクの内圧が上昇し、加圧状態になる。タンク内圧と真円度の関係は第3図に示すように、焼成中一定の内圧以上に保持すれば、完全に近い真円度で焼成することができる。ただし、真円度を保持するために必要以上の高い内圧をかけることはタンク全体の歪量を増すことになり好ましくない。従って真円度を保つためには必要最少限の内圧に止めることが肝要であり、最適な内圧はタンクの直径及び使用板厚によって決まり、当社では実験的にこの値を確かめ決定している。またタンクを加圧しながら焼成することはノズル、マンホールの開口部を800°Cを超える温度で完全にシールすることが必要であり非常に困難な問題であるが、これらについても独自の方法を開発し、最大600mmφのマンホールを持つ3.5mφ×19mLの超大型タンクをK社、S社向けに数百本製作し納入した実績がある。写真1は超大型タンクの焼成状況を示したものである。

1.3.3. タワミの防止

タンク内への加圧焼成は真円度を保つためには大きな効果を発揮するが、第4図に示すようにタワミの防止にはあまり効果のないことがわかる。



第2図 加圧装置
Fig. 2 Pressure system

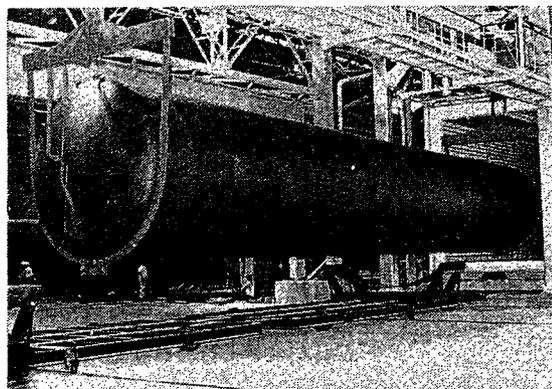
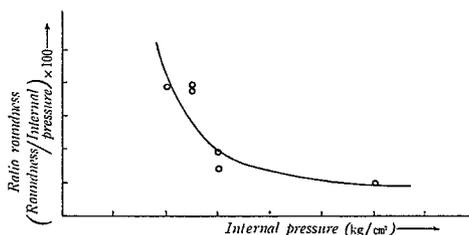


写真1 8号炉で焼成された大型タンク
Photo.1 Large beer tank fired at No.8 furnace

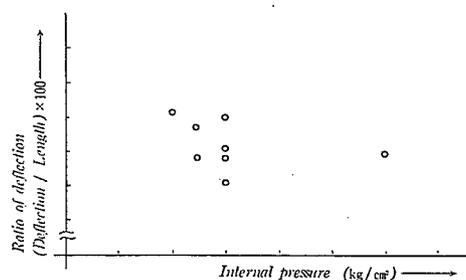
また、中央部に支持を増やした3点支持法もあるが3点のレベル調整が困難であるし、たとえ常温でレベル調整をしたとしても温度上昇時の熱膨張等により、このレベルはくるとしまい、部分的に大きな荷重がかかることにもなり危険である。

そこでタワミについては焼成毎に吊位置を180°変えることで許容値内になるよう焼成する。第5図に焼成温度とタワミの変化量の一例を示す。

焼成回数が増加すると焼成1回当りのタワミ量が急激に減少していくが、これは焼成回数が増加するほど焼成温度を下げているためであり、焼成による歪量の温度による存度の大きさがわかる。



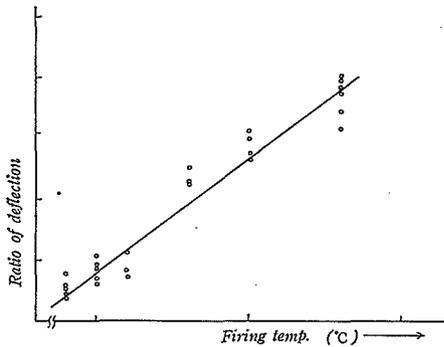
第3図
内圧と真円の関係
Fig. 3
Relation of internal pressure and roundness



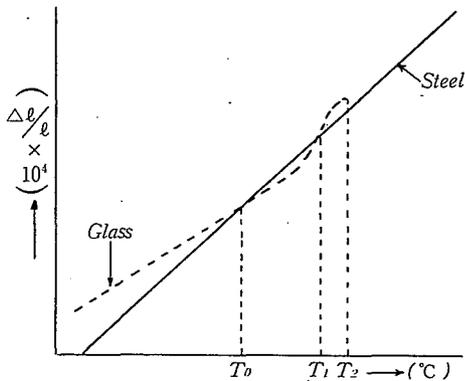
第4図
内圧とタワミの関係
Fig. 4
Relation of internal pressure and deflection

2. 特殊焼成技術

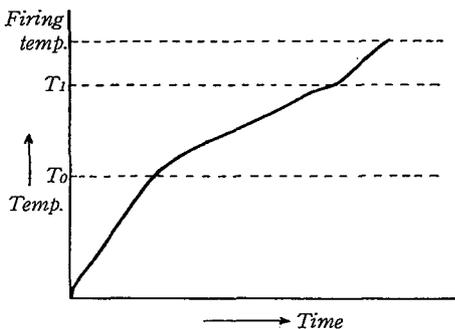
第6図は鋼とガラスの熱膨張曲線である。T₀以下はガラスの圧縮領域である。GL製品が加熱されT₀を超すとガラスの引張領域となる。この時点で製品の板厚差、付属部品、焼成用具の取付および温度の不均一な上昇によりアンバランスな応力がかかり、ガラスにクラックが発生することになる。さらに温度が上昇しT₂(軟化点)を超すとガラスは流動し始め、クラック部を覆うことになる。この



第5図
焼成温度とタワミの関係
Fig. 5
Relation of firing temp. and deflection



第6図
ガラスと鋼の熱膨張曲線
Fig. 6
Thermal expansion curve of glass and steel



第7図
昇温カーブ
Fig. 7
Firing temperature

状態をヘヤーラインと呼び、冷却後肉眼で筋として見えるものである。焼成が完了し冷却が開始されると上記の逆の現象になり、極端な熱応力の差がある場合、引張領域でガラスにクラックが残ることになる。但し通常の空冷ではガラスはこの引張り応力に耐えるためクラックは発生しない。

このような熱応力のアンバランスをなくし、ヘヤーライン、クラックの発生を防止する焼成方法が特殊焼成技術である。即ち、第7図のように引張領域になる T_0 まで普通の焼成を行い、その後軟化点以上になりガラスが流動する温度(T_1)の間を、昇温による不均一な応力のかからない理論的な焼成を行うことで、ガラスに不均一な応力が発生するのを防止する。また、冷却にあたって不均一な応力が残らないよう注意することが必要である。均一な加熱、冷却を行うことは缶体の変形防止にも効果がある。

しかし T_0 — T_1 間を理想的な焼成を行うためには設備的

にも、時間的にも特殊な技術を要し、非常なコストアップになる。ヘヤーラインはGLの厚み、特殊焼成技術以外の施工技術によってもカバーできるため、通常の缶体は経済性を考え、従来通りの焼成方法で十分である。したがって、この特殊焼成技術の適用は次のような場合に大きなメリットがある。

1. 特殊な形状であるため、これまでGLの施工が不可能であった機器
2. 使用条件が非常に厳しい機器
3. GLの厚みを極端に薄くして、なおかつ耐食性を高いレベルで保持しなければならない機器

これらの機器に適用することで、特別の使用条件をクリアし、省エネルギーなど時代の要請にも応えうることも可能となった。

例えば次あげる各種機器に特殊焼成技術を適用し、製作を可能としている。

2.1. GL製WFE

GL製のWFEは、

- 1) GL後の真円度、真直度およびフランジ面の平行度を高精度に保つ
- 2) グラス厚みを可能な限り薄く均一化し、ガラス面をノーピンホールに仕上げる

ことが必要となり、上記条件を満足させるために特殊焼成技術で行う。

2.2. GL製半割コイルジャケット

半割コイルジャケット付GL製反応機は特殊焼成技術が絶対条件となる。即ち胴部にある半割コイル部は二重壁になっているため、通常の焼成ではその部分が不均一な温度上昇となり、局所的な熱応力が発生してGL施工が非常に困難である。また胴部の変形が大きく、満足するGL製品が得られない。

特殊焼成技術を採用することにより上記問題点を解決し、GLを完全なものとしている。

当社では50M³の反応機まで製作可能であり、1977年より製造して、本体板厚の減少、省エネルギーといった点で好評を得ている。(写真2)

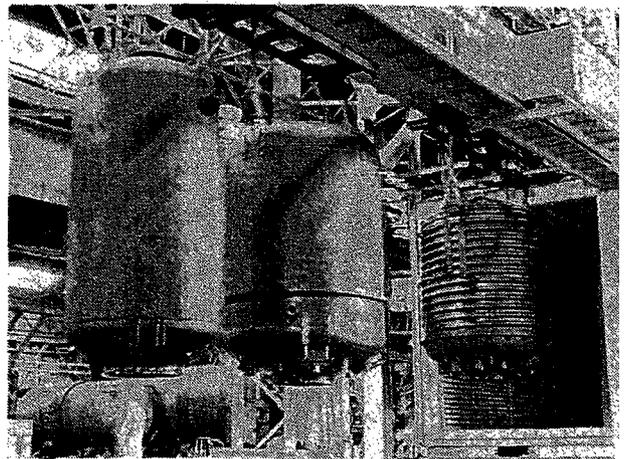
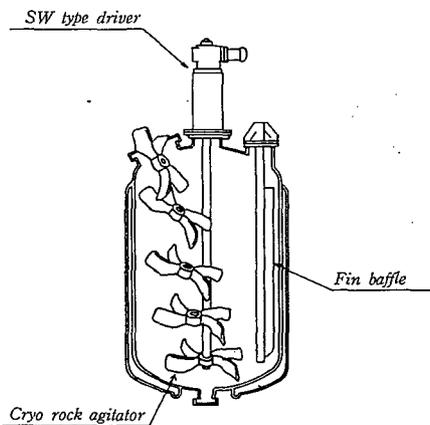


写真2 GL製半割コイルジャケット (右端)
Photo. 2 Half pipe coil jacketed reactor (Right side)



第8図
クライオロック
アジテーター
Fig. 8
Cryo rock
agitator

2.3. グラスの表面処理 (特許)

ガラスの表面処理とはガラス表面のNaイオンをAgイオンと置換し、大幅に耐食性を向上させる方法であり、またこの表面処理はガラス面へのポリマー付着の防止、洗浄の向上に大いに寄与している。

この表面処理も特殊焼成技術を行うことで、はじめて可能になり、開発されて以来100基以上の反応機に施工し、ポリマーの付着防止に効果を発揮している。

2.4. トリーターロール

トリーターロールはコロナ放電を利用したフィルム処理で使用されるもので、当社の特徴である耐食機器以外に使用される製品である。

このGL製ロールは電気的特性を有すると共にロールに曲りがなく、かつガラス厚みが均一であることが条件となる。したがって満足するロールを製作するためには特殊焼成技術が大いに役立っている。

1. 部分補修技術

攪拌翼軸頭部や、翼部のGL剥離、ピンホールはコンパクトな炉を利用し、局所的なGL施工を行うことができる。但し翼の付根は形状が複雑で熱応力の分布も均一にならないため現時点ではむづかしい。

1. インサートパイプ (特許)

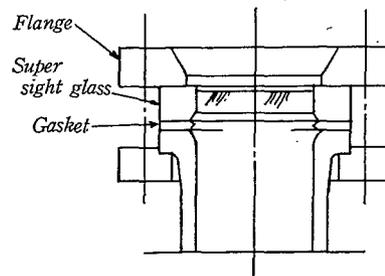
当社のインサートパイプは、パイプ両端のフランジ面付斥をGL施工した後、インサートを行っており、インサート焼成中のフランジ部分に特別の工夫をしてフランジ面まで同時にライニングが行える構造であり、またフランジ面の密着強度が優れているので、通常のGL製品と同等の強度がある。この施工法を採用したパイプは4年の使用実績があり、現在まで順調に使用されている。

1. 接合技術

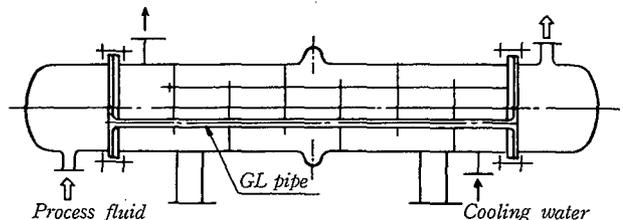
5.1. クライオロックアジテーター (特許)

GL攪拌翼はインペラーを標準としており、ほとんどのものは軸と翼とは一体である。

クライオロックアジテーターは軸と翼を別々にGL加工したものを第8図のように、翼のみを缶体内に入れ冷しばぐで組み立てるものである。翼の形状は特殊な4枚タービン翼となっており、全面GL施工となっている。このような特殊な構造の攪拌翼をGLで製作するためには高度の焼成技術と共に、ガラスの機械加工技術が大変重要となる。



第9図
スーパーサイト
ガラス
Fig. 9
Super site
glass



第10図 多管式熱交換器
Fig. 10 Multitubular heat exchanger

5.2. 新型視窓 (スーパーサイトガラス)

新型視窓 (スーパーサイトガラス) は、強化されていないガラスをGL製リングに溶融はめ込みし、視ガラス全体に均一で高い圧縮応力を与えた完全強化ガラスである。

主な特徴として

- 1) 視ガラス全体に均一な圧縮応力が加えられていることで、耐圧、耐衝撃性が強い
 - 2) 従来の視ガラスは初期クラックが入ると、瞬時に全面破壊につながるが、このタイプは初期クラックが発生しても表面のみで、全面破壊に至り難い
 - 3) ボルト締付荷重は外輪のGLリングに作用するため、フランジの片締めによる破損が少ない
- 等がある。なお、組立図を第9図に示す

5.3. GL製多管式熱交換器

内面GLの多管式熱交換器は第10図に示すように、GLされたパイプを管板に取付けた後、管板および管板-パイプ接合部をGL施工したものである。したがってプロセス流体に対し耐食、耐付着性が優れている。

6. むすび

以上当社の焼成技術を総花的に記載しただけに止まるが、30年にわたる焼成技術の蓄積とマイコンを使用し製造設備のメカトロ化を果たした新設炉で、今まで製作が困難であったGL機器を容易に製作可能とし、ユーザーのあらゆるニーズに応える「技術の神鋼ファウドラ」の一端を紹介した。