

CRT 用ガラスバルブの成型技術の現状と課題

旭硝子株式会社 管球硝子事業本部 技術開発部

杉生 健

The present condition and the subjects of press molding technology of glass bulb for CRT

Takeshi Sugiu

Technology & Development Div., CRT Glass General Div., Asahi Glass Co., Ltd.
Funabashi Plant, 1-10-1, Kitahoncho, Funabashi-shi, CHIBA 273-1864, JAPAN

1. はじめに

CRT の主要パーツの一つであるガラスバルブの生産が国内で開始されたのは 40 年以上も前のことである。それ以来、CRT の動向に合わせて幾多の技術的発展を遂げ、現在もなおさらなる高機能化と経済性の追求が続けられている^{1)~4)}。また、近年では海外での生産が急速に拡大している。本稿では、生産技術の観点からガラスバルブの代表的生産プロセスであるプレス成型技術について取り上げ、現状と課題を述べる。

2. CRT 用ガラスバルブの成型技術の現状

通常、直視型のカラー CRT 用ガラスバルブは、画像を映し出すパネルガラスと、その後部において偏光コイルを装着するファンネルガラスと、最後部で電子銃を格納するネックチューブガラスから構成される。

これらの製造方法はだまかに、パネルはプレス成型し、シャドウマスクを取り付けるピンを溶着した後、外面を研磨して製造される。ファンネルはプレス成型した後、アノードボタンやネックチューブを溶着して製造される。ネックチューブは、通常ダンナー成型した管ガラスが用いられる。

次に、ガラスバルブのプレス成型技術についてより詳しく述べてゆくことにするが、本稿ではパネルのプレス成型を代表例として取り上げることにする。パネルとファンネルとは形状が全く異なるので、ポイントとなる技術の詳細は異なるが、プレス成型の基本的な考え方は同様である。

2.1 プレス成型工程の概要

Fig. 1 にプロセスの概要を、Fig. 2 に金型（プランジャー、ボトム、シェル）の構成を示す。まず溶解槽でガラス原料を溶かして均質な熔融ガラスとし、それをゴブと呼ばれる一定量の熔融ガラス塊にしてボトムに供給する。次に、ゴブを載せたボトムがプレスポジションへと運ばれるとプランジャーが降下し、ゴブはパネルの形状にプレスされる。プレスによってガラスは急冷されるが、プランジャーが上昇して型が開いた後もパネルがボトムから取り出せる

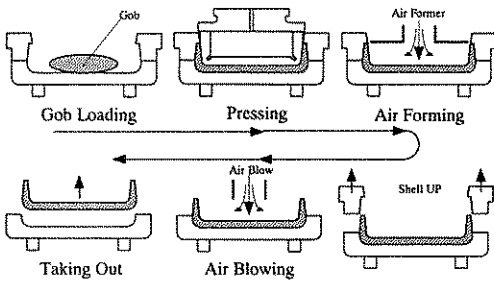


Fig. 1 The flow of the press molding process

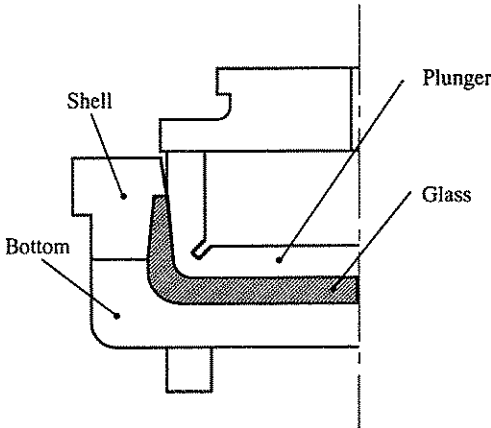


Fig. 2 Mold structure

温度になるまでは引き続きボトム内で冷却が行われる。冷却はボトムごと複数の冷却ポジションへと運ばれて行われる。冷却ポジションでは、パネル外面（ボトムとの接触面）はボトムから冷却され、また内面（ボトムと接触していない面）は空冷されるが、パネルが未だ高温で流動性を持つ間はエアフォーマーと呼ばれるパネル側面部の倒れ込み防止に重点を置いた冷却がなされ、それ以降は冷却効率に重点を置いた冷却がなされる。こうして、その後の取り扱いでの変形が問題とならない状態にまで冷却されたパネルは、ボトムから取り出されて次工程へ送られると共に、パネル取り出し後のボトムは、再び次のゴブを受け取るために、ゴブの供給ポジションへと送られる。

ゴブは約 1000°C （概ね $10^3 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ の粘度）で流動性がある温度であり、金型の温度は概ね

500°C 程度と、ガラスにとっては固化温度であることから、パネルガラスの成型プロセスは、成型（形作る）と冷却（固める）を高温下で同時に行うプロセスと言える。

ガラスのプレス成型法としては、他に等温プレスのような高精密化を追求した方法⁵⁾もあるが、ガラスバルブのプレス成型法、いわば非等温プレスは、高い生産性が実現でき、例えば $29''$ 以上の大型パネルの場合でも1ラインで数1000枚/日単位の大量生産を低コストで行うことが可能である。

2.2 プレス成型プロセスの特徴

まず、伝熱の観点から、ガラスがどのように冷却されてゆくかを説明する。

Fig. 3は、プレス工程におけるガラス温度の履歴を示したもので、有限要素法を用いた熱サイクルシミュレーション（2次元軸対称モデル）による伝熱解析結果の一例である。ガラス内面中央部の温度履歴としては、プレスによる急激な冷却、プレス直後にはリヒート（急冷後のガラス表面が内部からの熱移動により温度上昇する）が見られ、それ以降でも冷却、リヒートを何度も繰り返しながら冷却が進行してゆくことが分かる。

また、Fig. 4は、ガラスと金型の温度分布を示す。ガラスの角部の冷却の遅れ、プランジャー角部の高温化が見てとれる。プランジャーは、内部を水冷する構造になっているが、角部はパネルのフェース部と2つのスカート部と相対しているために、ガラスとの接触面積が大きい反面、内部は逆に冷却水との接触面積が小さく冷却しにくい。したがって、この角部からいかに効果的に熱を奪える構造にするかが、プランジャーを設計する上でのポイントとなる。

次に、形状精度の観点からパネル成型プロセスの特徴を述べる。

本プロセスでは、ガラスは約 1000°C のゴブから始まり、プレスされ、常温まで冷却されてゆく間に、その寸法は刻々と変化してゆく。成型工程では、広い温度域を短時間のうちに通過

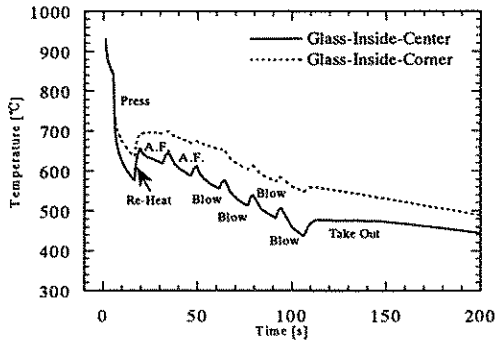


Fig. 3 History of the panel inside temperature in a press molding process

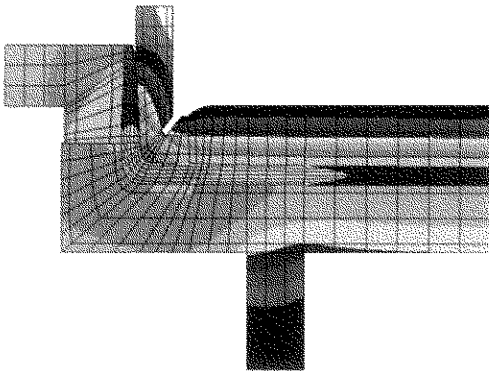


Fig. 4 Temperature distribution of the panel and the molds immediately after taking out from the bottom

することから、その伝熱は非定常性が強く、そしてその冷却スピードと途中の過程で生じる温度分布により、ガラスは複雑な変形をすることになる。高温下でプレス成型されている時には、ガラス形状と金型により形成されたキャビティ形状とは同じだと考えられるが、ガラスはプランジャーが上昇してプレスを終了した瞬間から、粘性変形、粘弾性変形、弾性変形をしながら温度低下と共に収縮して最終形状となってゆく。この一連の現象の複雑さが、本成型プロセスにおいて安定して実現できる形状精度の限界を決めている最大の要因である。変形量を正確に把握して金型形状に補正を加え、そしてこれらの変形を安定して再現させることが技術の

ポイントとなる。

また、表面粗さレベルのマイクロなスケールでの転写性については、ガラスは金型の微小な凹凸に入り込んでゆく過程で冷却され、流動性を失ってゆくので、パネル表面の微細形状は、金型の表面粗さの一部を写し取った形状となっている。パネル内面は蛍光体の付着力を確保するため、 $1\mu\text{m}$ 程度の粗度 (R_z) にしているが、前述の転写率を見越した粗度をプランジャー表面に施すことで実現している。

3. ガラスバルブ成型技術の課題

3.1 高精度化

通常、CRTの蛍光体画素はシャドーマスクを利用して露光法を用いて形成されるが、その際のパネルの内曲面とシャドーマスク孔との間隔 (Q 値) のバラツキは色純度の低下の原因となり、より高精細化を進める上での課題となっている。パネル内曲面の設計値からのずれの許容範囲としては、現在、TV受像管で $\pm 0.3\text{mm}$ 程度、高解像度ディスプレイ管で $\pm 0.15\sim\pm 0.25\text{mm}$ 程度が要求されているが、さらなる高精細化やフラット化に対応してゆくためには、より高精度化が必要となる可能性が高い。また、単に公差の幅を小さくするだけでは解決しないという見方もある。このため、シミュレーション等を用いて前述のような成型工程中でのガラス変形の諸現象のキーファクターの定量的把握を進めることや、変形量を正確に補正するためのシステムの改善、安定して再現させるための製造プロセス・設備の改善といった総合的なグレードアップ策に現在取り組んでいる。しかし、従来技術の延長の上に、さらにもう一段技術的な飛躍を遂げるの必要性を感じている。

3.2 面品質の向上

パネル内表面の微細形状は、粗度 (R_z) で規定されているが、局所的に大きな凹凸が存在したり、プレス時のプランジャーとガラスの間に異物 (粉塵等) が存在したり、あるいは異物

がパネル内面に付着していたりすると、その部分の画素が不良となる。したがって、プランジャー表面の微細形状の均質化や、粉塵対策としての成型場のクリーン化は高解像度ディスプレイ管生産においては重要な課題である。

ガラスの成型場では、約 1000°C の熔融ガラスが数 ton/hr の単位で供給され、冷却されてゆくので、膨大な熱が周囲に放出される。したがって、ガラスの成型場のクリーン化は、この熱気の排出と併せて考えてゆかねばならず、クリーンエアをブロワで供給する通常のクリーンルームのような考え方でない。対象とする粉塵の特徴を把握した上で、自然換気を活用して大流量の換気を実現するといった、一般的なクリーンルームとは異なったクリーン化の考え方のもとに建屋、設備の見直しを現在進めている。

3.3 フラット化と軽量化

パネル外面のフラット化は、CRT の視認性改善、また画像に対する外光の写り込み改善の点からも有効な解決策である⁶⁾。しかし完全フラットとなると、色むら対策やガラスバルブの強度対策の面から、なかなか実用的な解決が難しいという問題があった。バルブ強度に関して言えば、ガラスバルブの真空応力に対する十分な強度を確保するためには、パネルの厚み増、すなわち重量増が避けられないことが問題であった。

しかしながら、最近パネルガラスに適した物理強化法が旭硝子で開発され⁷⁾、これとガラスバルブの軽量化設計技術と組み合わせることで、軽量化フラットパネルが実現できるようになった。

物理強化は、建築用ガラスや自動車用ガラスの製造においては一般的な技術で、加熱軟化した板ガラスを急冷することでガラス表面に残留圧縮応力層を形成するものである⁸⁾。パネルの

強化では、前述のような熔融ガラスからのプレス成型プロセスが、軟化したガラスを急冷するプロセスであることを利用している。またパネルは、ガラスの厚みが均一でなく、かつフェース部とスカート部の 5 つの面からなる 3 次元構造であるため、残留応力場も 3 次元になる。応力形成の過程をコントロールして適切な残留応力場を実現させる冷却技術を新たに付加したことがパネルの物理強化技術のポイントであるが、さらに発展させて多方面に応用してゆくべく検討が進められている。

4. おわりに

これまで CRT は、大型はテレビ用、スペックの厳しいコンピュータ用は中・小型と分けられたが、テレビとパソコンの融合は今後も深まるものと予想される。したがって、ガラスバルブも高生産性を維持しながら、大型、高精度・高い面品質の両立を追求してゆく必要があると考えられる。形状精度を製品のサイズに照らして考えると、超精密加工の領域に踏み込みつつあると言えまいか。

参考文献

- 1) 福田久美雄：電子情報通信学会誌，78，7，pp. 640-643 (1995)。
- 2) 山口明雄：電子情報通信学会誌，78，7，pp. 644-649 (1995)。
- 3) 内海一郎：セラミックス，32，10，pp. 820-822 (1997)。
- 4) 菅原恒彦：セラミックス，32，10，pp. 823-825 (1997)。
- 5) 公開特許公報：特公昭56-378。
- 6) 斎藤恒成，内海一郎：月刊ディスプレイ，1，pp. 49-53 (1998)。
- 7) 特許 No. 2671766 (1997)。
- 8) 作花濟夫編：ガラスの事典，(朝倉書店，1985)。