

氏 名	村 上 久 敬 むら かみ ひさ よし
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 284 号
学位授与の日付	昭 和 44 年 5 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	ガラスの成形に関する諸問題について

論文調査委員 (主 査) 教授 功 刀 雅 長 教授 田 代 仁 教授 田 村 幹 雄

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、ガラスびんの自動成形工程について、これを熱的に解析し、その結果をまとめたもので、序論、本文5章および総括からなっている。

序論では、この研究の必要性ならびに従来の研究の動向について述べている。

第1章では、ブロー・ブロー式の成形法による成形工程について、ガラスと型との間の伝熱機構を明らかにし、ガラスの温度の計算法に検討を加え、内容1800 ml びんを例として温度計算を行ない、次の結果を得ている。(1) ゴブインから粗型開きまでの間では、ガラスは表面のみ温度が低下し、内部ではほとんど低下していないこと、(2) 粗型開きから仕上げブローまでのいわゆるリヒート時においては、ガラスの表面の温度が著しく回復し、ブローできる状態にまで達していること、(3) 仕上げブローから仕上げ型開きまでの間では、ガラスは温度が低下し、軟化変形しない温度まで冷却されること、(4) 放熱は大部分が伝導により伝えられ、その量は、最初は大であるが、急激に小さくなること、さらにリヒート工程では放熱量は非常に小さくなり、特に仕上型では小さいが、仕上げブローから仕上型が開くまでの間でまた増加することなどを明らかにしている。

第2章では、温度とガラスの粘度との関係からガラスの成形工程を解析し、次の結果を得ている。(1) カウンターブローの圧力が増すほど熱伝達率は大きくなること、(2) 型の内表面のあらさは、凹凸が 2μ から 21μ の間では熱伝達率にはほとんど影響を与えないこと、(3) 粗型とガラスとが直接接触している部分は少なく、空気またはその他のガスが介在しており、その厚さは、ブローの場合約 30μ 、プレスの場合は約 8μ であること、(4) ガラスの温度分布はガラスの吸収係数によって異なり、接触時間は同じでも吸収係数の小さいほど表面付近では温度勾配が大であること、(5) リヒート時にはガラス表面と空気との熱伝達率によりリヒートの状況は異なり、冷却風がよく当たるほどリヒートの効果は減じること、また粗型とガラスとの接触時間が長いとリヒートが困難となること、(6) 仕上げブロー工程では、びんの温度分布は肉厚により大きな影響があり、肉厚が小さいほど速く冷却すること、また型の内面の温度が低いほど冷却効果は

大であること、(7) ガラスの軟化変形は、ガラスの温度と粘度との関係から、このガラスでは約 740°C で、表面層がびんを支えていること、(8) ブローの圧力とガラスの拡大率との関係についても検討し、ガラスの温度はその拡大率に大きな影響を及ぼし、製びんのための最低温度として $830\sim 850^{\circ}\text{C}$ が必要であることなどを明らかにしている。

第3章では、びんの肉厚からびんの成形方法について検討している。すなわち(1) ブロー・ブロー式におけるカウンターブロー時のガラスの流れについて、ガラスが等温でない時の円筒内でのガラスの流速を計算し、流速分布とパリソンの肉厚との関係を究明し、その結果、パリソンの肉厚はパリソンの直径と最も密接な関係があり、次いでゴブインからカウンターブローまでの時間に関係していることを明らかにし、同時にパリソン直径とパリソン肉厚との関係を実測によっても明らかにしている。(2) びんのウェーブの原因としてパリソンの形状、特にゴブラインの上下の肉厚の不連続に問題があり、その改善方法としてカウンターブローの際に中央部から流れ出すガラスの量がゴブラインよりも下の面積と対応する必要のあることを明らかにしている。(3) 次いでパリソンからびんになるときの伸びについて検討し、横方向に伸びるほか、縦方向にも伸びることを明らかにし、縦方向伸び率を各種のびんについて求めている。(4) この縦方向伸び率の底近くの値についてランとの関係を明らかにし、(5) これらの結果を総合してブロー・ブロー式のパリソンの設計指針を確立している。(6) さらにプレス・ブロー式の成形法の場合についての縦方向の伸び率などについて検討している。

第4章では、ガラスから型、型から外気への伝熱とガラスの成形条件との関係を明らかにしている。すなわち(1) 型およびプランジャーの表面温度を測定し、型およびプランジャーとガラスとの接する面の温度は周期的変化を行ない、その温度変化の幅は I. S. マシンで、ブローの場合には 50°C 以内であるが、プレスの場合にはさらに大きく、またプランジャーの温度変化は 200°C にも達することを明らかにし、ついで型の内表面の温度がガラスが入ると急激に温度が上昇したのち、ほぼ一定温度を保持すること、また型外表面の温度は、型の内表面の温度が変化するにもかかわらず、ほとんど変化しないことなどを確かめている。(2) 型の温度分布を計算によって求め、型の内表面の温度変化は、型の内外表面の冷却状態、機械の回転数、ガラスと型との接触時間など関係があることを明らかにし、また型外表面の温度は変化しないことを確かめている。(3) ガラスから型への伝熱量を計算し、輻射伝熱量は伝導伝熱量に比較して小さく全体の20%以下であることを確かめ、また型を通じ外気への伝熱量と型の冷却、型の寸法との関係をも明らかにしている。(4) さらにパリソンの肉厚と輻射熱量との関係、型の内面温度に及ぼす機械の回転速度、接触時間との関係などを明らかにしている。

第5章ではガラスの肉厚のむらをしらべる方法として、びんの内面の凹凸を平行線スクリーンを用いて測定する方法について検討している。

総括では以上の結果をまとめて記述し、結論を述べている。

論文審査の結果の要旨

従来ガラスびんの成形は、主として長年の経験をもとにして行なわれており、ガラスの成形に関する学術的研究は、きわめて少ない現状である。本研究はガラスの自動成形工程について、これを熱的に解析

し、その機構を明らかにしたものであり、序論、本文5章および総括からなっている。

第1章では、ブロー・ブロー式の成形工程について、ガラスと型との間の伝熱機構を明らかにし、ガラスの温度の計算法に検討を加え、次の結果を得ている。(1) ゴブインから粗型開きまでの間では、ガラスは表面のみ温度が低下し、内部ではほとんど低下していないこと、(2) 粗型開きから仕上げブローまでのリヒート時においては、ガラスの表面の温度が著しく回復し、ブローできる状態にまで達していること、(3) 仕上げブローから仕上型開きまでの間では、ガラスの温度が低下し、軟化変形しない温度まで冷却されること、(4) 放熱は大部分が伝導により行なわれ、その量は最初大であるが、急激に小さくなることなどを明らかにしている。

第2章では、温度とガラスの粘度との関係からガラス成形工程を解析し、次の結果を得ている。(1) カウンターブローの圧力が増すほど熱伝達率は大きくなること、(2) 型の内表面のあらさは、凹凸が 2μ から 21μ の間では熱伝達率にはほとんど影響を与えないこと、(3) 粗型とガラスとが直接接触している部分は少なく、ほとんど空気またはその他のガスが介在していること、(4) ガラスの温度分布は、ガラスの吸収係数によって異なり、接触時間は同じでも吸収係数の小さいほど表面付近では温度勾配が大であること。(5) リヒート時にはガラス表面と空気との熱伝達率によりリヒートの状況は異なり、冷却風がよく当たるほどリヒートの効果は減じること、また粗型とガラスとの接触時間が長いとリヒートが困難となること、(6) 仕上げブロー工程では、びんの温度分布は肉厚により大きな影響を受け、肉厚が小さいほど速く冷却すること、また型の内面の温度が低いほど冷却効果は大であること、(7) ガラスの軟化変形は、ガラスの温度と粘度との関係から、このガラスでは約 740°C で、表面層がびんを支えていること、(8) ブローの圧力とガラスの拡大率との関係についても検討し、ガラスの温度は、その拡大率に大きな影響を及ぼし、製びんのための最低温度として $830\sim 850^{\circ}\text{C}$ が必要であることを明らかにしている。これらの結果は、従来ほとんど経験にたよっていたガラスの成形工程について成形機構の定量的な表現を可能にした点で価値がある。

第3章では、びんの肉厚からびんの成形方法について検討している。すなわち(1) ブロー・ブロー式におけるカウンターブロー時のガラスの流れについて、ガラスが等温でないときの円筒内でのガラスの流速を計算し、流速分布とパリソンの肉厚との関係を究明し、その結果、パリソンの肉厚はパリソンの直径と最も密接な関係があること、(2) びんのウェーブの原因としてパリソンの形状、特にゴブラインの上下の肉厚の不連続に問題があること、(3) パリソンからびんになるとときには、縦方向の伸び率が重要な因子であることなどを明らかにし、ブロー・ブロー式のパリソンの設計の指針を確立し、さらにプレス・ブロー式の成形方法の場合においても同様の成果を得ている。

第4章では、ガラスから型、型から外気への伝熱とガラスの成形条件との関係を明らかにしている。すなわち、型の内表面の温度はガラスの出入によって著しく変化するが、その変化の幅は入ってくるガラスの温度、型からの放熱の条件、型の肉厚および回転速度などによって変化するなどを明らかにし、型の伝熱の条件から型の肉厚についての設計方針を決定し、これらの結果をもとにして、作業条件、型の合理的な設計の指針を確立している。

第5章では、ガラスの肉厚のむらを測定する一つの方法として平行線スクーリンの利用を試みている。

これを要するに、本論文は、ガラスびんの自動成形について、その工程を熱的に解析し、パリソンおよ

び型の合理的設計の指針および適切な作業条件を確立し，多くの有用な知見を得たものであって，学術上ならびに工業上貢献するところが少なくない。よって本論文は工学博士の学位論文として価値のあるものと認める。