

報 告

ガスインジェクションの可視化解析

日向 博実^{*1}, 横井 秀俊^{*2}

Visualization Analysis of Gas-assisted Injection Molding

Hiromi Hyuga^{*1}, Hidetoshi Yokoi^{*2}

要 旨

これまで、ガスインジェクション成形の可視化解析はいくつか報告されており、様々な不具合現象解析に貢献している。しかし、ガスインジェクション成形の2つの疑問点①「ガスは製品断面の内側を進入する」②「ガスノズルに、いつのタイミングか分からないが樹脂が詰まる」に対するメカニズムが解明されず、また対策がとられていない。

そこで本研究では、これら疑問点の解決の手がかりとするため、S形状のキャビティを用いたガス進入経路の可視化解析と、ガスノズル周りのガス回収時における樹脂の挙動を中心に可視化観察を行った。

Abstract

The gas injection visualization analyses has been reported until now and contribute to analysis of many troubles. But gas injection system has two subjects, and we don't see those mechanism and counter measure

- ① gas go through inside of product
- ② material go into the gas nozzle , some timing unknown

In this study, we report visualization analyses of gas-flow patterns by using S-shaped cavity and visualization analyses of behavior of melt around the gas nozzle during the gas-release process for to make clear those subjects.

*1 内外装部品技術部 外装技術室

*2 東京大学 国際・産学共同研究センター 教授 工学博士

1. はじめに

ガスインジェクション成形は、一般射出成形と比較して厚肉部のヒケ防止、製品の軽量化、強い材料コスト削減等のメリットをもたらす工法である。しかしながら実成形品では、ガスが製品インコーナを進入し、ヒケ及びソリ等の不具合を引き起こす要因となっている。そこで、本報の①としてガラスインサート金型¹⁾及びランナー切替装置²⁾を用いて、ガス進入経路及びガス進入に伴う樹脂の挙動について検討した。

また、ガスインジェクション成形の生産現場での不良としてガス回収不良、また結果的に起こるバースト現象が問題となる。この原因と思われるガスノズルへの樹脂詰まりについては、成形工程のどのタイミングで発生するか、またその生成メカニズムについては明確になっていない。そこで、本報の②としてガラスインサート金型を用いて、ガスノズル近傍における樹脂挙動及びガス挙動を可視化観察し、ガスノズルへの詰まりについて検討したので報告する。

2. ガス進入経路可視化解析

2-1. 実験装置・方法

まず、可視化解析方法の概要と実験に使用したガラスインサート金型を図-1に示す。この金型はキャビティ面がプリズムガラスにより出来ているため、金型サイドより観察することで製品板面方向の様子を可視化できる。この映像を高速ビデオカメラHSV-1000 ((株)ナック)にて撮影し、さらに画像処理システムID-8000 ((株)ナック)にて、ガスの進入軌跡を線画化し解析を行った。

本実験では、80 ton 2色成形機及びランナー切替装置(図-2参照)を使用し、スキン材、コア材の切替を4回行い5層から成る成形実験を行った。コア材は赤色マスターバッチ0.05 wt%にて着色し、スキン材、コア材とも金属マーカ(アルミフレイク0.37 mm角)を0.05 wt%混入した。成形条件は表-1、キャビティ及びランナー切替形状、ガスノズル位置を図-2に示す。ガス注入遅延時間は3.5 sec、4.5 sec、5.5 secの3水準とした。遅延時間とは、樹脂充填開始からガス注入開始までの時間としている。

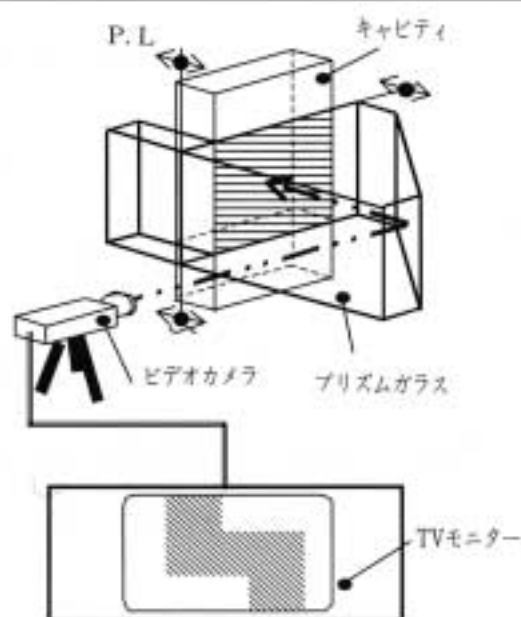


図-1 実験装置概略図

表-1 成形条件

	単位	条件
使用樹脂	—	GPPS
射出率	cm ³ /s	スキン, コア 6.6
樹脂温度	℃	スキン, コア 210
金型温度	℃	50
ガス圧力	MPa	9.8
ガス注入遅延時間	sec	3.5, 4.5, 5.5
ガス注入時間	sec	5
ガス保持時間	sec	5
ガス回収時間	sec	2

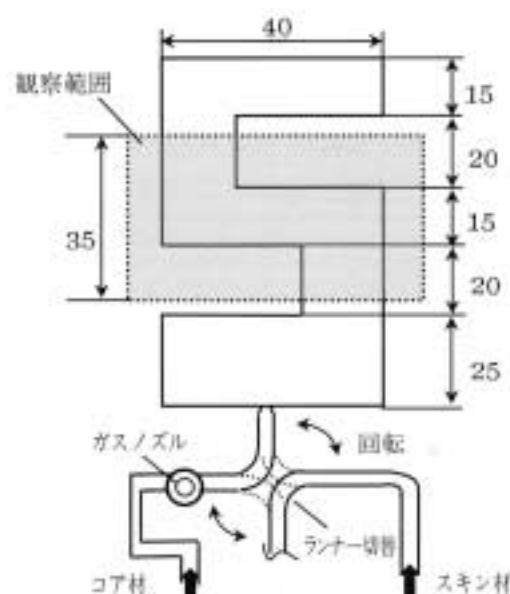


図-2 キャビティ形状

2-2. 実験結果及び考察

2-2-1. 樹脂充填挙動

ランナー切替え装置を使用し成形した樹脂挙動を図-3に示す。フローフロントが角部Aを通過する時点でaのように偏りが生じており、角部A側のフロントがより先行していることが確認できる。また、角部Cに一旦堆積された樹脂は、内部コア層流れからずり流動によって徐々に引き出され、角部Dを乗り越えて流動していく様子が示される。5層目の透明スキン材の経路に着目すると、4層目の着色コア材とほぼ同経路を通過していることに気づく。すなわち、この経路は溶融樹脂温度が最も高く保持されるため、相対的に流動抵抗の最も小さい領域であることに対応するものと推察される。

図-3の流動パターンは、これまで角部滞留域として考えていたb, e領域の樹脂の履歴については興味深い結果を示している。これまで、漠然として「角部に流入した後に流路を断たれた樹脂が、冷却を促進されたもの」と受け止めていた樹脂は、初期にキャビティ内に射出された樹脂が、コア層流れによって壁面部をずり流動し、角部を充填した樹脂であることが示される。すなわち、相対的に長時間流動して滞留してきた樹脂が、角部によどみを形成したものと理解された。

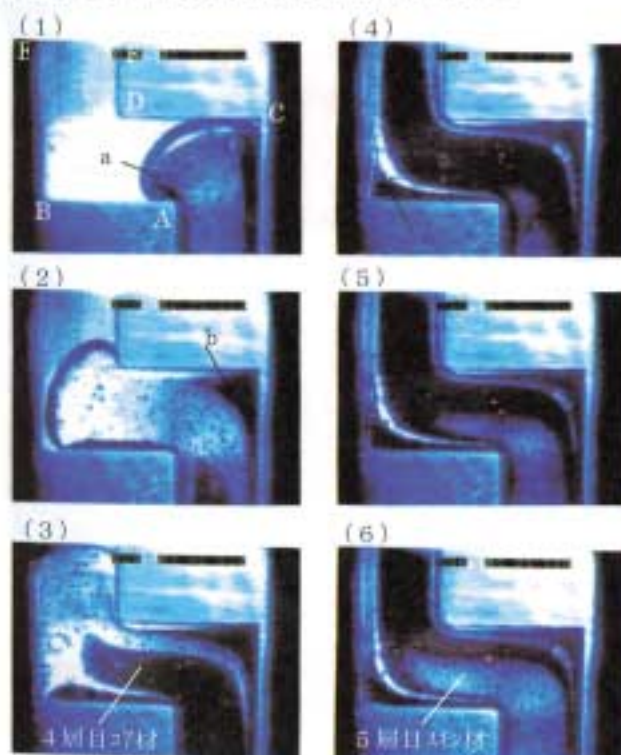


図-3 樹脂充填パターン

2-2-2. ガス進入経路と樹脂の動き

各遅延時間条件におけるガスフロント形状の重ね合わせと、マーカ挙動の画像解析結果を図-4に示す(ガスフロントとマーカはそれぞれ2ms毎に示した)。

ガスフロントは角部Aに著しく接近し、すなわちC側の滞留域を避けて通過し、この経路は樹脂の経路とほぼ一致している。また、キャビティ中央部をAからB方向へとXのように一旦せり出し、その後角部Dを通過している。このせり出し量に差が認められ、一般に遅延時間が長いほど小さくなっている。これは、角部B付近に固化層、非流動層が広く形成され、こうして固化層を迂回してガス進入したためと考えられる。またガス流路幅に差が生じることも確認され、遅延時間が長いほど固化層の生成が進む結果、流路幅が狭くなっている。この結果は、図中のマーカ移動量からも推察された。図-4ではマーカb, cはガスの進入とともに流動方向へ押出され、ガスの通過と同時にゲート側へ移動している。これは、キャビティ側面EBに拘束され、固化層が既に生成されているため直線的にゲート側へと引き戻されたためと考えられる。一方、画像右側のマーカeから角部C領域までの広い溶融樹脂領域においては、時計回りの迂回流生成が確認される。

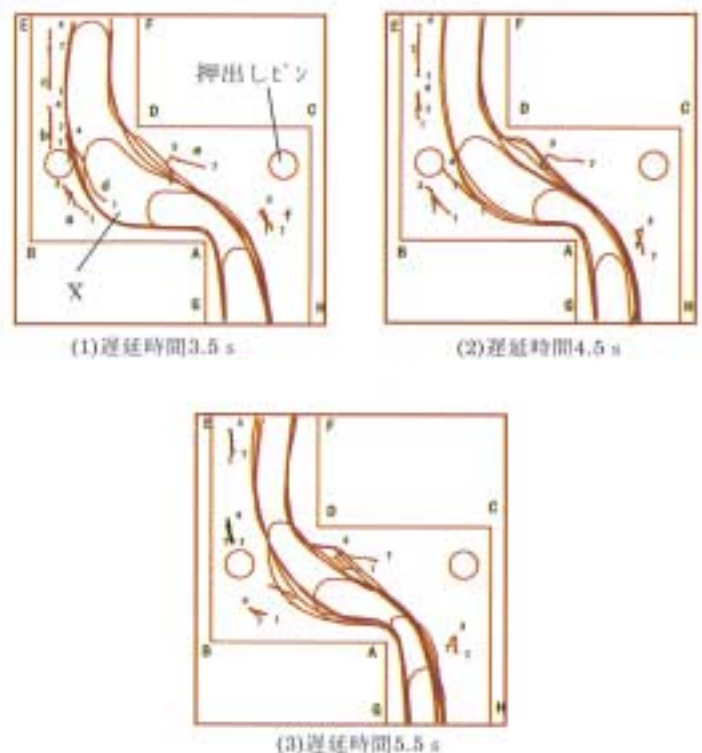


図-4 ガス進入パターン

2-3. まとめ

- ① ランナー切替え装置による樹脂充填挙動解析により、S字キャビティにおけるガス注入前の樹脂充填パターンを動的に捉えることが可能となった。樹脂は溶融樹脂温度の高く保持された、相対的に流動抵抗の小さい領域を選択的に進入する。
- ② その後のガス進入経路も樹脂経路とほぼ一致する。
- ③ ガス進入経路は遅延時間すなわち固化層生成状況と大きく関係している。固化層生成が進行すると、ガスは滞留域となる外側角部を避け、また内側角部についてもさらに角部から一定距離を遠ざかるように進入する。
- ④ マーカ挙動の解析より、ガスの進入により樹脂は流動方向へ一旦押出されるが、ガスの通過とともにガスフロント近傍では迂回流を起し、ガスフロント側面部で引き戻される挙動を示すことが明らかとなった。

3. ガスノズルへの樹脂詰まり可視化解析

3-1. 実験装置・方法

実験に使用したキャビティを図-5に、またガスノズル形状を図-6に示す。本実験では、ガスノズルを直接キャビティに埋め込むキャビティ注入方式を採用し、ガス注入口は1箇所だけの丸穴とした。また、ガスのリーク防止対策としてガスノズルまわりに円形リブを設定した。成形機はファナック（株）製ROBOSHOT α -150A撮影には長時間撮影可能な高速ビデオカメラHSV-1000（（株）ナック）を使用した。また、画像処理はID-8000（（株）ナック）にて解析を行った。実験には、GPPSを使用し、樹脂充填挙動を可視化及びマーカ追跡を実施するために、実験①と同様マーカを0.05 wt%混入した。成形条件は表-2に示し、ショートショット法（全キャビティのほぼ80%）によりガス注入を行った。

表-2 成形条件

	単位	条件
使用樹脂	—	GPPS
射出率	cm ³ /s	12.6
樹脂温度	°C	210
金型温度	°C	40
ガス圧力	MPa	9.8, 7.4 4.9, 2.9
ガス注入遅延時間	sec	10
ガス注入時間	sec	2
ガス保持時間	sec	20
ガス回収時間	sec	2

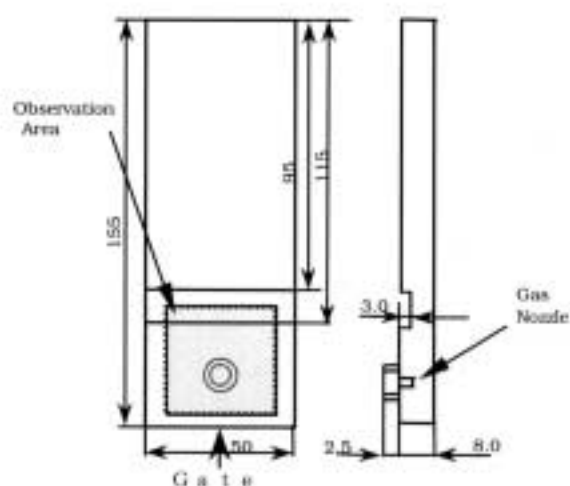


図-5 キャビティ形状

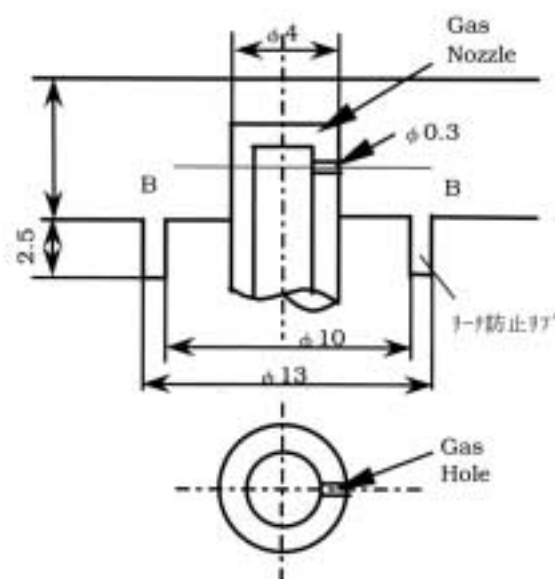


図-6 ガスノズル形状

3-2. 実験結果及び考察

まず樹脂充填の挙動を図-7に示す。0.198 secから100 ms毎の樹脂フローフロント位置を実線で、また0.267 secから0.45 secまでに通過した6個のマーカの挙動を2 ms毎に点で示した。ゲート方向より進入してきた樹脂は、ノズルに到達し速度が著しく低下する。そのため、ノズルを中心に2つの分岐流となり、その後再合流しウェルドaを形成する。マーカの挙動に着目すると、ガスノズル前方b付近、後方c付近を避けるように流動方向へ進行していることに気づく。これは、既に充填された樹脂がb及びcに滞留し固化層が厚く生成し始めているため、この滞留域を迂回しながら流入しているものと考えられる。

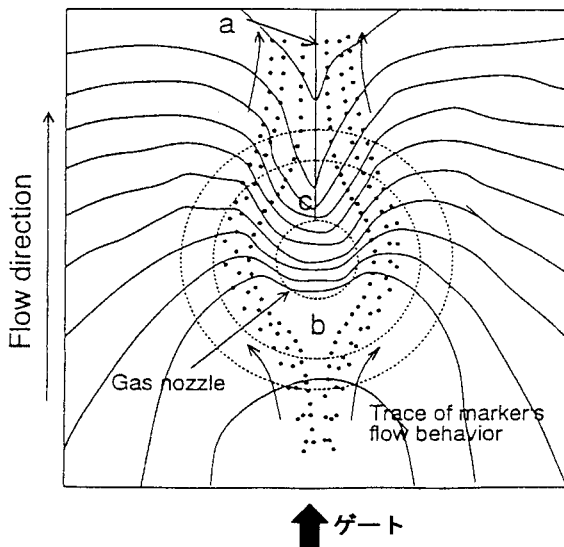


図-7 樹脂充填パターン

図-8にガス圧力9.8 MPa、ガス破れ方向が流動方向すなわち画像上部X方向のガスプロファイルの一例を示す。ノズルと同心円状にガス領域が広がり、ノズル開口穴から反ゲート方向aへと局部的にせり出す。更に時間が進むと流動方向へガスが進入し、ガスフロントがキャビティ端部まで到達すると(約0.19 sec)、それまでとは逆のゲート方向dへの進入を始め、これは樹脂の収縮によるヒケをガスによって補うべくゲート側へと進入しているものと推察される。最終的に形成されるガス出口幅eは小さくなっている。しかしながら、ガス注入時にガスノズル詰りは発生しなかったため、ガス回収時にのみに絞ぼりノズル付近を拡大可視化観察したところ、ガス注入遅延時間7 secにて可視化することに成功した。可視化ビデオの映像から、ガスノズル詰りの発生メカニズムのモデルを

図-9, 10に示す。可視化実験にて確認されたガスノズル詰まりには、次に示す2パターンあることが分かった。

①ガス回収までの時間が短いため、冷却固化が不十分で熔融状態にある樹脂が中空内壁面Aに存在する。ガス回収により急激な減圧効果が発生し、ガス内壁面は全体に矢印方向、すなわち内側に向けた縮小挙動を示す。その時、ノズル開口穴付近のD部もノズル側へと接近するとともに、D部の主にA側に残留している熔融樹脂が瞬時にノズル穴B方向へと引寄せられ、一瞬にして穴をふさいでしまうと考えられる。(図-9)

②ガス破れ方向がノズル開口穴設定位置から遷移した場合、ガス注入中にノズルとスキン層の間にわずかな隙間が生じ、この隙間を進入しつつ選択したスキン層出口へガスを供給し続ける。ところが、ガス回収により急激な減圧効果が発生し、一気にノズル側スキン層が矢印の様に引寄せられその瞬間隙間は消滅する。この時、スキン層がノズル開口穴を密閉し、回収不可能な状態としてしまうと考えられる。(図-10)

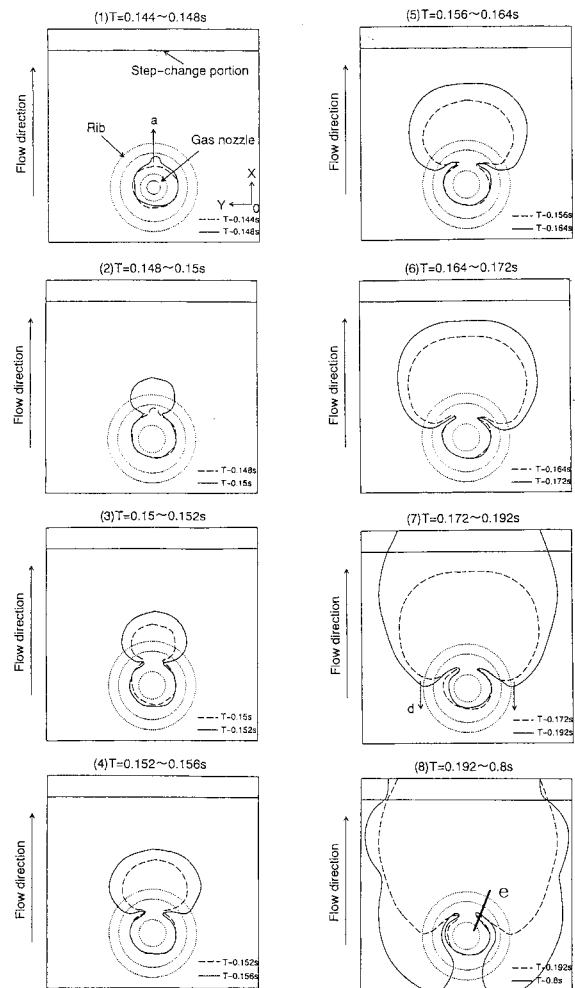


図-8 ガス進入パターン

3-3. まとめ

- ① 樹脂充填パターンの可視化解析より、ガスノズル前方、後方には滞留域が存在するため固化層の形成が最も早く、常に溶融樹脂が通過するノズル 左右部分は逆に最も遅れることが明らかとなった。
- ② ガスノズル詰まりは、ガス注入時、ガス保持中ではなくガス回収時に発生する現象である
- ③ ガスノズル詰まりの可視化観察により、2パターンの現象を確認した。1つは、中空内壁面溶融樹脂の急激な減圧効果に伴う開口穴への逆流。もう1つは、ノズル開口穴設定位置から遷移した場合、ノズル周りスキン層が急激な減圧効果に伴う開口穴の密閉であることを明らかにした。

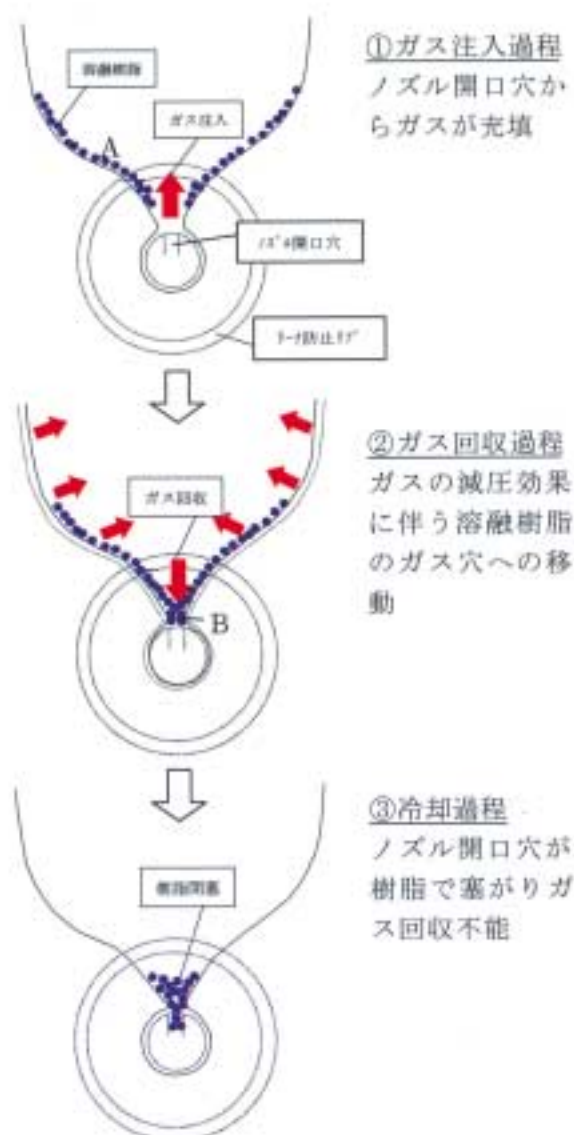


図-9 ガスノズル詰まりメカニズム①

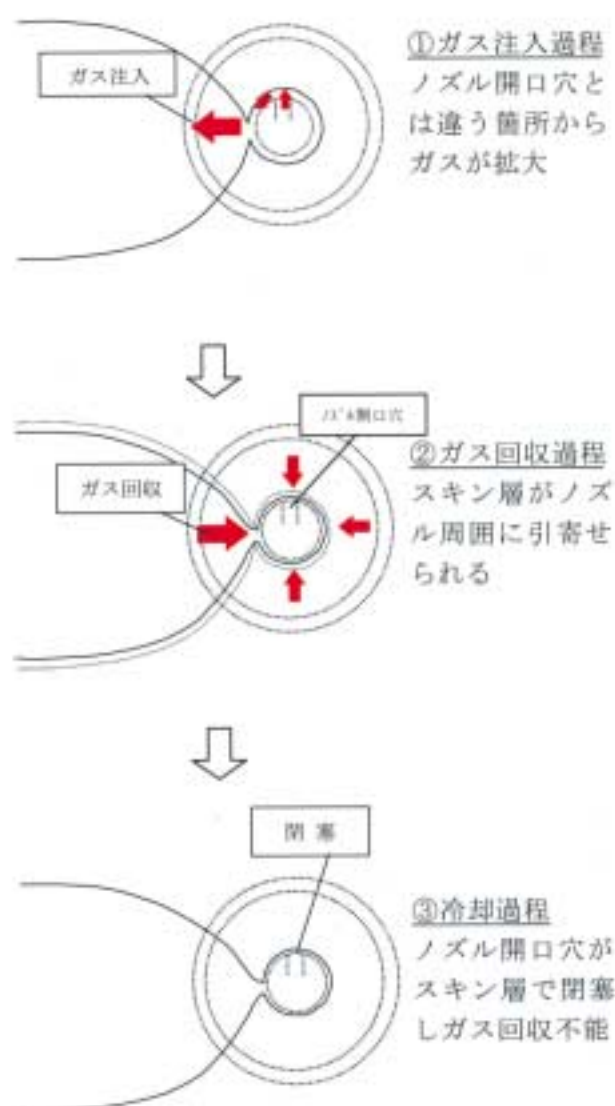


図-10 ガスノズル詰まりメカニズム②

なお本研究は、東京大学生産技術研究所の平成8、9年度民間等との共同研究-V'96&'97プロジェクトにより遂行されたものであることを記し、謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 横井, 金藤: 成形加工シンポジウム'96, 131 (1996)
- 2) 横井, 榎田, 松坂: 成形加工シンポジウム'96, 123 (1996)