

プラスチック成形におけるパージ作業効率化の研究

磯山 亮* 磯 智昭* 武田 久徳** 長浜 清行**

1. はじめに

繊維工業指導所が支援しているプラスチック成形加工業界では、多品種少量生産や短納期への対応もあり、樹脂替えや色替え等のパージ工程が多くなってきている。また、昨今の景気情勢もあり、土日等の休業日には、成形機を停止することも多々あるのが現状である。

このような状況の中、製品コストに直結するパージ工程は、各社様々な方法によって実施されているが、それはこれまでずっとそうだったからとか、ある樹脂メーカーからの推薦があったからなどの理由で実施されており、各方法の効率や効果を定量的に比較した事例は少ない。

また、特に休業日等の装置停止時には、異物混入等の不良防止のため、専用パージ材の充填やヒータでのシリンダ保温等の対策が実施されているが、これらについても具体的に比較されたものはほとんどないのが現状である。

2. 目的

本研究では、現状様々な方法で実施されているパージ工程について、現状の調査、条件選定・モデリング、各種方法の比較実験を行い、効率的な方法を調べた。

3. 研究内容

3.1 各社の情報収集

比較実験条件を選定するにあたり、会員企業で実際に実施されているパージ方法の傾向を把握するため、会員企業を対象にアンケート調査を実施した。アンケートでは、日常の樹脂替・色替時の対策及び休業日等における装置停止時の対策について、どのような方法をとっているかの回答を求めた。

3.2 現状分析及び比較条件選定

アンケートの結果を分析し、振興会会員企業の現場で実際に行われているパージ工程を、日常の樹脂替及び装置停止時に分けて分類した。

分析結果から、現場での対策の傾向を把握し、比較実験のための実験条件を選定した。同時に、アンケート結果から、専用パージ材として最も使用されているアサクリンの製造メーカーである旭化成ケミカルズ株式会社に、プラスチック成形業界におけるパージ材の現状について技術調査を実施し、実験条件選定の参考とした。

3.3 比較実験、成形

全ての実験モデルに共通する条件として、まず、前樹脂としてABSを選定し、色は後樹脂成形時の影響を見易くすることを考え、黒色とした。後樹脂としては、透明材としてPSの透明色を選定した。

選定した実験条件に基づき、指導所所有の射出成形機（日精樹脂工業㈱製、80トン）を用いて行った。

3.4 比較評価

比較実験により、前樹脂（ABS 黒）から後樹脂（PS 透明）に変更するまでの、使用パージ材の重量及び所要時間を計測し、それぞれの実験パターンにおける後樹脂良品成形までの総所要材料費及び所要時間をまとめることにより、比較評価とした。

4. 研究結果と考察

4.1 現状分析結果

アンケートの結果から、下記のような傾向があることが分かった。

1) パージの方法について

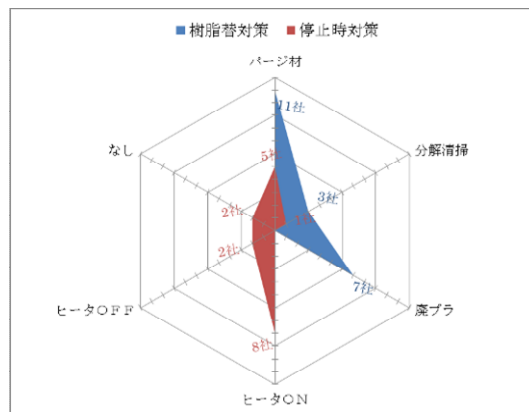


図1 異物対策の傾向

- 普段の樹脂替や色替時においては、ほとんどの会社が専用パージ材を使用（11社）。その他重複もあるが、廃プラ（7社）の使用も多い。
 - 休業日等の対策としては、各社多様な方法を採用している。ヒータON（8社）及びパージ材の使用（5社）が目立つ。
 - 分解清掃については、樹脂替時（3社）、休業日（1社）と少数派。
- 2) その他
- 廃プラについては、様々な種類の樹脂が使われている。
 - 各社使い勝手の良い、手元にある廃プラをパージ材として使用しているものと推測される。
 - 装置停止時に保温設定している会員は、半数以上あり、ほとんどの会員が、前樹脂の成形温度から100℃程度下げて設定する。

4.2 比較条件選定

上述のアンケート結果と、技術調査の結果から、実験パターンを9通りとした。内容を表1に示す。

表1 実験パターン

No.	モデル	前樹脂	ページ材		後樹脂	
			種類	グレード等		
1	日常の樹脂替 色替え	ABS 黒	—	—	PS 透明	
2			アサクリン	Uタイプ		
3			PP	ナチュラル		
4			PC	透明		
5	装置停止後 室温まで冷却、 立上げ		—	—		PS 透明
6			アサクリン	Uタイプ		
7			PP	ナチュラル		
8			アサクリン (充填)	Uタイプ		
9			PP (充填有)	ナチュラル		

まず、日常の樹脂替・色替えモデルを4通りとし、①ページ材を使わない場合、②専用ページ材（アサクリンUタイプ）を使った場合、③ポリプロピレン（PP）を使った場合、④ポリカーボネイト（PC）を使った場合とした。専用ページ材については、最も使用されているアサクリンとし、廃プラについては、多種多様であったが、汎用樹脂としてPPを選定し、さらに、洗浄効果が高いとされているPCも選定した。

また、装置停止時のモデルとしては、5通りとし、①ページ材を使わない場合、②専用ページ材（アサクリンUタイプ）を使った場合、③PPを使った場合、④装置停止時の冷却される前に専用ページ材（アサクリンUタイプ）をシリンダ内に充填しておき、装置立ち上げ後ページした場合、⑤前記④と同様で、PPを充填しておいた場合とした。

装置停止時の対策としては、アンケートによるとヒータONによる保温を実施している場合も多かったが、技術調査の結果、保温対策は残留樹脂の黒変の防止にはならず、シリンダ内の汚れの蓄積等デメリットも多いことから、推奨できないことも考慮し今回の比較対象には選定しなかった。

同様に、技術調査の結果、装置停止時においては、装置立ち上げ後の異物不良の原因となる残留樹脂の劣化を防止する効果が期待できることから、装置停止時の樹脂等充填対策を比較条件に選定した。充填物としては、専用ページ材としてアサクリンUタイプを選定し、比較対象として、汎用樹脂での効果を見るため、PPを選定した。

4.2 実験

次に、実験は、日常の樹脂替と装置停止時モデル別に行った。実験の流れを図2及び図3に示す。

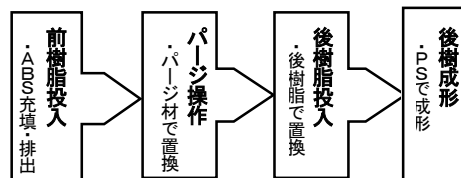


図2 日常樹脂替モデル

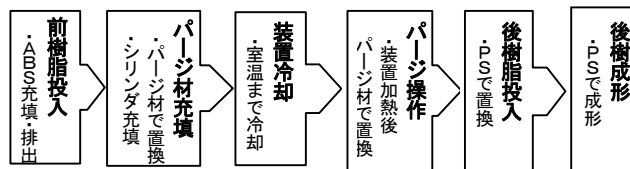


図3 装置停止時モデル

また、各工程の内容は次のとおりとした。このときの成形機の各設定を表2に示す。

- 1) 前樹脂の投入

前樹脂のABSで、シリンダ全体をABSで置換する。置換した後、全て排出する。
- 2) ページ工程

ABSを全て排出後、ページ材を投入し、ページ操作を行う。ページ操作時の設定としては、技術調査の結果から、背圧MAX・スクリー位置0で射出装置は後退させ、ノズルから吐き出される樹脂がページ材の色になるまで計量する。このとき、背圧が最大で射出装置が後退しているため、スクリー位置0で連続的に吐き出させることとなる。作業時のイメージを図4に示す。



図4 ノズルからの吐出し

色が完全に変わったことを確認したら、後樹脂であるPSを投入し、同様な条件でPSが透明に変わるまで実施する。その後、ノズル部洗浄のため、背圧0で20mm計量し、圧力及び射出速度MAXで射出を繰り返す。このとき、寸動動作として射出操作時に一旦停止させ、洗浄効果の向上を図った。射出したものにABS黒の混入が認められなくなるまで射出を繰り返す。

装置停止時のモデルパターンでは、ABSを全て排出後、装置電源を切り、室温まで冷却後、翌日（約24時間後）に装置電源を投入し、設定温度に達したことを確認したあとは、ページ材を投入し前記同様にページした。また、充填対策パターンでは、装置電源を切

る前に、シリンダ全体が置換えられホッパー下部までパージ材を充填した後、電源を切り室温まで冷却し、以下同様に翌日に装置を立上げ、パージ材を投入しパージした。

パージ工程に必要な時間として、パージ材をホッパーに投入し最初にスクリュウを回転させたときから、混入が認められなくなるまでの時間をストップウォッチにより計測した。同様に、パージ材投入後、最初に排出されたときから混入が認められなくなったときまでのパージで発生した廃材の重量を、パージ材使用量として計測した。

3) 後樹脂成形

パージ操作終了後、まず、PS (透明) をホッパーに投入し、上述のパージ操作と同様な方法でPSに置換する。ノズルより吐き出されるPSにパージ材等の混入が無いことを確認したのち、半自動により成形を開始する。このときの成形品の形状を図5に示す。成形品を観察し、ABSの影響が完全に無くなるまでのショット数を記録する。

また、上述のパージ工程と同様に、PSの置換から良品の成形までに使用したPSの重量、及びかかった時間を計測した。なお、成形に要した時間は、サイクル時間 (55 s) とショット数から算出した。

表2 主な成形条件

成形種類	シリンダ温度設定 (°C)				射出速度 (%)	射出圧力 (%)	V→P切替 (mm)	背圧 (%)
	ノズル	前部	中部	後部				
ABS 充填	210	220	220	200	90	50	8	15
アサクリン	220	220	220	220	99	99	0	99 (0)
PP パージ	200	200	200	180	99	99	0	99
PC パージ	280	280	280	260	99	99	0	99
PS パージ	200	220	220	190	99	99	0	99 (0)
PS 成形	200	220	220	190	90	50	8	15

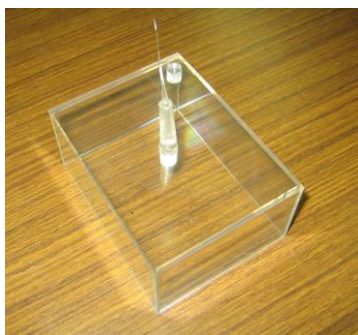


図5 成形品形状

4.4 比較評価

実験結果をまとめたものを表3に示す。ここでは、パージ操作時の背圧設定として0として実施した場合のデータについても、背圧設定の違いによるパージ効果の参考とするため、掲載した。

表3 比較表

NO	タイプ	パージ材			後樹脂		コスト			総所要時間 (分)
		種類	使用量 (kg)	所要時間 (分)	使用量 (kg)	所要時間 (分)	パージ材 (円)	後樹脂 (円)	合計 (円)	
1	日常	-	-	-	6.5	58	-	1300	1300	58
2	樹脂替	アサクリン	0.4	3.5	2.8	23	320	560	880	26.5
		アサクリン	0.7	6.5	0.7	13	560	140	700	19.5
3	モデル	PP	2.5	18.5	1.9	20	375	380	755	37
4	モデル	PC	1.4	10	2.7	40	420	540	960	50
5	装置	-	-	-	5.7	72	-	1140	1140	72
6	停止	アサクリン	0.8	8	1.4	25	640	280	920	33
7	モデル	PP	4.8	35.5	3.4	42	720	680	1400	77.5
8	モデル	アサクリン 充填	1	5	1.8	24	800	360	1160	29
9	モデル	PP 充填	1	5	2.8	35	150	560	710	40

まず、日常の樹脂替えモデルでは、やはり専用パージ材であるアサクリンを使用したタイプがコスト・総所要時間どちらにおいても最も効率的であった。PPを使った場合は、コストについては専用パージ材使用時と遜色ないが、所要時間においておよそ2倍の時間が必要であった。PCは、洗浄効果は期待されたが、成形温度が高いこともあり後樹脂での良品成形までかなりの時間がかかった。

また、パージ時の背圧設定の違いによる効果については、専用パージ材使用時について比較したが、コスト及び時間両方について効果が現れた。これは、樹脂のシリンダ内での流動を考えた場合、背圧が高い方が樹脂に作用する圧力、つまり残留樹脂を掻き出す力が増すことから考えられる。従って、パージ作業において、背圧を最大に設定することは、大きな効果が期待できる。

次に、装置停止時モデルでは、日常樹脂替えモデルより全体的に樹脂替えにかかるコスト及び時間が増大したが、やはり専用パージ材の使用が最も効率的であった。PPを使った場合においては、コスト及び所要時間が大幅に増加した。これは、劣化の進んだ残留物を排出するには、PPの洗浄では困難であったと考えられ

る。

また、装置停止時におけるシリンダ内にパージ材を充填しておく対策については、専用パージ材充填の場合、コストが少し上昇したが、所要時間は減少しており、一定の効果が認められた。さらに、PPを充填しておいた場合、所要時間は少し増えるが、コストにおいては最も低廉となり、専用パージ材（充填なし）のパターンと比べると少々の所要時間の増加に比べて、コスト低減効果が大きい結果となった。

相溶性の高い専用パージ材（アサクリン）を充填できればベストであるが、熱安定性が良い汎用樹脂による充填対策は、十分検討に値すると考えられる。加えて、シリンダが冷却される場合に、パージ材を充填しておくことは、上述の通り、残留樹脂の酸化劣化を防止するのに有効であると考えられることから、今回のような1回の樹脂替えのコストだけではなく、長期的な視点からのメリットもあると考えられる。

5. まとめ

現状、様々な方法で実施されているパージ工程について、以下のことが分かった。

- 1) 日常の樹脂替えについては、専用パージ材の使用も多いが、廃プラも多く使われている。また、装置停止時には、ヒータによる保温対策を実施している例が多い。
- 2) パージ操作時の設定については、背圧をかけて実施すると効果が高い。また、射出操作時に一旦停止させる寸動動作も効果があると考えられる。
- 3) 装置停止時のヒータによる保温は、火災等の危険や省エネの問題があるだけでなく、異物不良対策の面からも、劣化物を発生させながら、その排出を後延ばしにしているだけであり推奨されない。
- 4) 日常の樹脂替えについては、専用パージ材の使用は効果が高い。ただし、種類によっては、廃プラの使用もコスト面について十分検討に値すると考えられる。
- 5) 装置停止時の対策としては、洗浄力が期待できることから、やはり専用パージ材の使用が合理的である。ただし、コストを考慮すると、熱安定性の高い樹脂の充填対策は検討される価値があると考えられる。

6. 今後の課題

本研究では、日常の樹脂替えや、特に装置立上げ後の異物対策について、その各種方法を調査し、主要な方法について比較検討するため、各種条件を統一することが重要になり、前樹脂・後樹脂の種類やパージ操作時の設定等については、一般的・汎用的なものを採用している。

したがって、生産現場における各個別の条件についての厳密な最適解を求めるためには、成形に使用される樹脂の種類や樹脂替え頻度等、その条件に沿った具体的な実験が必要だと考えられる。

しかしながら、本研究で得られた知見は、多くの射出成形現場で適用できるものであり、今まで経験と勘

でパージを行ってきたプラスチック業界の各企業に広く普及する必要がある。