



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사 학위논문

급속냉각시스템에 의한 메탈릭 수지의
사출성형 특성 향상에 관한 연구



2014년 12월

부경대학교 산업대학원

기계공학과

이 규 상

공학석사 학위논문

급속냉각시스템에 의한 메탈릭 수지의
사출성형 특성 향상에 관한 연구

지도교수 곽 재 섭

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함.



2014년 12월

부경대학교 산업대학원

기계공학과

이 규 상

이규상의 공학석사 학위논문을 인준함.

2014년 12월 19일



주심 공학박사 강 대 민 ㉠

위원 공학박사 김 태 완 ㉠

위원 공학박사 곽 재 섭 ㉠

목 차

List of tables	iii
List of figures	iv
List of photographs	v
 1. 서 론	 1
 2. 이론적 배경	 4
2.1 메탈릭 수지의 기본 특성	4
2.1.1 ABS 수지	4
2.1.2 메탈릭 수지	6
2.2 메탈릭 수지의 고온성형 특성	8
2.2.1 메탈릭 수지 성형의 문제점	8
2.2.2 고온금형의 구조 및 작동원리	10
2.2.3 고온금형의 열전달 특성	12
 3. 급속 냉각 실험	 15
3.1 급속 냉각장치의 개발	15
3.2 급속 냉각장치의 작동원리	16
3.3 실험 계획 및 실시	17
3.3.1 다구짜 실험계획법	17
3.3.2 급속 냉각장치의 성능 실험	22
3.3.3 급속 냉각장치의 성능 실험 결과	24

4. 메탈릭 수지의 사출성형 특성 평가	26
4.1 실험목적	26
4.2 실험방법 및 실험장치	27
4.3 시제품의 실험적 분석	30
4.3.1 사출속도 변경에 따른 사출성형 특성 평가	30
4.3.2 사출압력 변경에 따른 사출성형 특성 평가	35
4.3.3 안료함량 변경에 따른 사출성형 특성 평가	39
5. 결론	44
REFERENCES	46
ABSTRACT	49



List of tables

Table 2.1 Typical properties of ABS resin	5
Table 2.2 Typical properties of ABS with metallic pigment	7
Table 3.1 Coolant temperature during injection cycle	16
Table 3.2 Factor used in experiment	19
Table 3.3 The orthogonal array $L_9(3^4)$ used in the research	20
Table 3.4 Temperature deviation and S/N ratios	20
Table 3.5 The response table of S/N ratio	21
Table 3.6 Injection conditions for experiment	23
Table 4.1 Experimental molding conditions	27
Table 4.2 Chemical composition(wt. %) of NAK80	29
Table 4.3 Mechanical properties of NAK80	29
Table 4.4 Compound name according to the number	31
Table 4.5 Typical composition(wt. %) of metallic pigment	40

List of figures

Fig. 2.1 Schematic of E-mold	11
Fig. 2.2 Working principle of E-Mold	11
Fig. 3.1 Working principle of rapid cooling equipment	16
Fig. 3.2 Measurement of temperature deviation	17
Fig. 3.3 Injection molding analysis with Moldflow MPI 2014	18
Fig. 3.4 Structure of rapid cooling line in a mold	23
Fig. 3.5 Surface temperature of a product by infrared thermal camera	24
Fig. 3.6 Surface temperature according to cooling type	25
Fig. 3.7 Maximum surface temperature according to cooling type	25
Fig. 4.1 Compound contents according to injection speeds	32
Fig. 4.2 Compound contents according to rapid cooling	34
Fig. 4.3 Compound contents according to injection pressure	36
Fig. 4.4 Compound contents according to rapid cooling	38
Fig. 4.5 Compound contents according to pigment contents	41
Fig. 4.6 Compound contents according to rapid cooling	43

List of photographs

Photo. 2.1 Black line defect of metallic resin	9
Photo. 3.1 Rapid cooling equipment	15
Photo. 3.2 Injection mold used for experiment	22
Photo. 4.1 Contamination according to metallic pigment	26
Photo. 4.2 Injection machine used for experiment	28
Photo. 4.3 Mold used for experiment and molding product	28
Photo. 4.4 Measuring device(GCMS)	28



1. 서 론

플라스틱은 여러 생산방법이 있지만, 그 중에서 사출성형 방법이 플라스틱 제품 생산의 약 70% 이상으로 사용되고 있다.⁽¹⁾ 특히, 생활가전 기기의 경우는 대부분 폴리스티렌(Polystyrene)이 주 재료로 사용되어 왔으나, 외관 디자인의 중요함으로 인하여 유광소재로 사용할 수 있는 ABS(Acrylonitrile Butadiene Styrene)와 무도장 고풍택을 위해 ABS에 PMMA를 혼합한 MABS 수지를 사용하는 것이 전 세계적인 추세이다.⁽²⁾ 그리고 최근에는 사출성형품의 외관 특성을 향상시키는 대표적인 방법인 도장 공정이 불량으로 인해 수율이 저하되고 후가공비용 역시 높아져 가격경쟁력이 없어지고 있으며, 재활용 시 성형품 표면에 있는 도장 성분을 제거하기 어려워 폐가전제품의 의무 재활용에 관한 규제(Waste Electrical and Electronic Equipment, WEEE)등 환경규제에 쉽게 대응하지 못하고 있다. 따라서 이러한 도장을 대체하기 위하여 ABS 수지에 금속성 안료를 첨가(메탈릭 수지)하여 메탈릭(Metallic) 색상(Color)을 낼 수 있는 성형기술이 점차 확대되고 있다. 하지만, 이러한 ABS 수지에 금속성 안료를 첨가하면 수지 고유의 성질은 가지고 있으나, 첨가된 안료는 수지 입장에서는 불순물이기 때문에 수지의 유동성이 현저하게 저하되면서 많은 사출성형 불량을 발생시키고 있다.⁽³⁾

이러한 유동성 문제를 해결하기 위해 그동안 금형표면을 순간적으로 가열하고 냉각시키는 여러 가지 연구가 행해져 왔다⁽⁴⁾. Jansen⁽⁵⁾과 Yao등⁽⁶⁾은 몰드베이스에 절연층을 코팅하고 캐비티 표면처럼 절연층 위에 가열층을 코팅한 급속 열반응 금형을 개발하였다. Chen등⁽⁷⁾은 금형표면을 급속히 가열하기 위하여 다른 형상을 가지는 전자기장 유도 코일을 사용하였다. Chang⁽⁸⁾ 및 Yu등⁽⁹⁾은 캐비티 표면을 동적으로 가열하기 위하여 금형 파팅

부(Parting line)에 적외선 램프를 위치시킨 적외선 가열시스템을 설계 및 제작하였다. Yao등⁽¹⁰⁾은 고주파 근접 가열을 이용한 금형가열 방법에 대하여 연구하였다. 이러한 기술의 원리는 캐비티 표면에 고주파 전류를 인가할 때 발생하는 근접효과(Proximity effect)를 이용하여 급속으로 금형을 가열하는 것이다. Xie등⁽¹¹⁾은 마이크로 사출금형에 가열 파이프와 냉각 채널을 결합한 가변온도 시스템을 설계 및 제작하였다. 그 외에도 외부에 영향을 받지 않는 금형온도 컨트롤러 개발 및 캐비티 표면을 가열하기 위하여 뜨거운 용융수지를 활용하는 방법에 대해서 많은 연구들이 소개되었다.^(12,13)

그러나, 이러한 연구는 낮은 열 효율성 때문에 대량생산에 적용 되어지는 것은 제한적이었다. 전체적으로 보면 이러한 급속 가열방법은 열효율 관점에서 여전히 개선될 여지가 많고 가열시스템의 신뢰성 및 안전성 보완, 복잡한 형상을 가지는 캐비티에 대한 균일한 온도 분포는 해결해야 할 문제로 남아있으며, 캐비티 표면에 가열층 또는 절연층을 구성하는 방법 또한 낮은 강도와 코팅층의 불균일 때문에 대량생산에 적용하기에 어려움이 있다. 이를 해소하기 위하여 금형에서 동일 가열/냉각 채널을 사용하여 고온 스팀과 냉각수를 서로 반복적으로 순환시킴으로써 가열/냉각 할 수 있는 금형온도 조절 시스템을 개발하였다.⁽¹⁴⁾ 소위 급속가열(Rapid Heat Cycle Molding, RHCM)이 제안되었다. 이 RHCM은 재료의 고화를 막고 수지의 점도를 떨어뜨려 게이트에서의 압력강화를 줄이고 수지의 유동성을 높일 수 있기 때문에 성형품의 여러 표면불량을 쉽게 제거 할 수 있다.

하지만, RHCM 또한 금형온도를 200°C이상 올릴 수 없기 때문에 메탈릭 수지의 성형에는 부적합 하므로 고온금형에 의한 사출성형을 하여야 한다.

특히, 성형 중 급속성 안료가 배향 및 분산이 잘될 수 있도록 금형온도를 220°C 전후까지 가열시켜야 하기 때문에 메탈릭 수지의 성형에 있어서 생산

성과 품질을 극대화하고 가열된 금형을 효율적으로 냉각시키는 위해서는 전체 성형 사이클 시간의 60% 이상을 차지하는 냉각시간의 단축이 필요하다.

이에 본 연구에서는 급속냉각 장치를 제작하고 1차적으로 두꺼운 살두께가 존재하는 제품 형상에 대하여 사출성형 후 표면 온도 측정을 통해 냉각 성능을 검증함과 동시에 고온으로 사출해야 하는 메탈릭 수지의 성형품에 대해서 급속 냉각장치의 사용을 통한 냉각온도 및 유속의 변화가 사출성형 특성 변화에 어떤 영향을 미치는지에 대한 신뢰성 있는 데이터를 확보하고, 가스크로마토그래피 질량분석기(Gas chromatography mass spectroscopy, GCMS)를 이용하여 표면불량에 영향을 줄 수 있는 불순물의 함량을 검증하는데 연구목적이 있다.



2. 이론적 배경

2.1 플라스틱 수지의 기본 특성

2.1.1 ABS 수지

ABS 수지는 다 성분제 폴리머(Polymer)로서, 변성 PPE와 함께 대표적인 플라스틱 엘로이(Alloy)이다. 수지의 기본 성분은 다음과 같다.⁽¹⁵⁾

아크릴로 니트릴(Acrylonitrile) : 내열성, 내약성, 강인성($\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CN}$)

부타디엔(Butadiene) : 내충격성, 저온내성($\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2$)

스티렌(Styrene) : 광택, 강성, 성형가공성($\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{C}_6\text{H}_5$)

ABS 수지는 이들 3가지 성분으로 이루어진 내충격성 열가소성 수지의 총칭이다. 그러나 ABS 수지는 이들 성분의 단순한 공중합체는 아니고, 유리상 폴리머인 AS 수지의 연속상에 BR, SBR, NBR 등의 고무상 폴리머가 미세하게 분산된 2상 불균일계의 구조를 갖는 폴리머라는 점이다.

본 연구에서는 LG화학에서 생산하는 ABS 수지의 XG569C와 HG173을 사용하였고, 두 수지의 기본적인 물성은 Table 2.1에 나타내었다.⁽¹⁶⁾

ABS XG569C는 주로 고경도용으로 사용되며, 유동성과 내스크래치성이 매우 우수하고, ABS HG173은 고광택용으로 사용되며, 유동성과 강성, 그리고 내충격성이 우수하다.

Table 2.1 Typical properties of ABS resin

Properties	ASTM	Unit	Value	
			XG569C	HG173
Tensile strength	D638	kgf/cm ²	577	460
Elongation	D638	%	32	61
Flexural strength	D790	kgf/cm ²	940	774
Flexural modulus	D790	kgf/cm ²	27,500	27,060
IZOD impact strength	D256	kg·cm/cm	12	25
Hardness	D785	g/cc	115.9	109.1
Heat deflection temperature	D648	°C	83.2	86
Flow rate	D1238	g/10min	9.2	24.7

2.1.2 메탈릭 수지

메탈릭 수지는 ABS 수지에 금속성 안료를 첨가시켜 만들며, 금속성 안료로 인해 도장(Spray)을 대체하는 색상을 낼 수가 있다. 이러한 금속성 안료의 주성분은 주로 마이카(Mica)나 알루미늄(Al)으로 되어 있으며, 마이카의 경우, 광택성이 우수하여 외관 Color 구현은 우수하나, 사출성형 시 외관 불량 발생되는 경우가 많아 주로 알루미늄 입자가 주성분인 금속성 안료를 사용한다. 입자의 형상은 다면체(Polyhedral type)와 판상형(Flake type)이 있으며, 다면체 형상은 사출성형 후 외관 선명도가 좋지 않은 단점이 있어 주로 판상형을 사용한다. 하지만, 판상형 또한 성형시 외관 표면불량을 많이 야기시키며, 불순물에 의한 기본 수지의 물성 자체가 많이 변화된다.

ABS 수지는 최소 5번 이상 재활용을 해야 충격강도의 저하가 발생을 하며, 10번 정도 재생을 하여도 열적 물성의 변화가 없다는 것이 알려져 있다.⁽¹⁷⁾ 메탈릭 수지를 일반 ABS 수지의 기본물성과 비교해 보면 인장신율과 충격강도에서 약간 떨어지는 경향을 보였지만, 기본적으로는 모두 유사한 값이 나타나는 것을 알 수 있다.

알루미늄 금속성 안료가 첨가된 ABS 수지 XG569C와 HG173의 기본적인 물성치를 Table 2.2에 나타내었다.

Table 2.2 Typical properties of ABS with metallic pigment

Properties	ASTM	Unit	Value	
			XG569C	HG173
Tensile strength	D638	kgf/cm ²	578	468
Elongation	D638	%	31	32
Flexural strength	D790	kgf/cm ²	940	772
Flexural modulus	D790	kgf/cm ²	29,500	25,970
IZOD impact strength	D256	kg·cm/cm	10	21.5
Hardness	D785	g/cc	117.1	108
Heat deflection temperature	D648	°C	83.7	87.5
Flow rate	D1238	g/10min	10.7	25

2.2 메탈릭 수지의 고온성형 특성

2.2.1 메탈릭 수지 성형의 문제점

메탈릭 수지의 성형 공정은 많은 문제점을 안고 있다. 가장 근본적인 원인은 금속성 안료가 첨가되어 있기 때문이다. 이 금속성 안료는 크게 직사각형 형태의 판상형과 다면체형태가 있다.

직사각형 형태의 판상형 금속성 안료가 첨가된 수지의 사출성형에서는 Photo. 2.1과 같이 용융수지가 만나는 접합부(Weld line)에서 표면이 흑색선처럼 어둡게 나타난다.⁽¹⁸⁾ 그리고 이 부위를 확대하여 뒷면에서 빛을 투과시키면 안료 입자가 없는 부분은 밝게 나타난다.

이런 불량들은 사출속도, 사출압력 등 성형조건에 의해서도 차이를 보이지만, 유체 내에 첨가된 안료의 함량도 많은 영향을 끼치게 된다. 즉, 안료의 함량이 많아지면 수지의 유동성이 저하되어 안료와 고분자 유체간의 속도 차이가 더욱 심해지기 때문에, 유체의 속도가 떨어지는 살두께 변화 구간이나 성형 말단부에서 안료 입자의 유동이 제대로 이루어지지 않음으로써 외관불량은 증가하게 된다. 따라서 메탈릭 수지의 경우에는 일반 수지보다 표면 불량이 많이 나타나기 때문에 사출성형 시 용융수지 내의 안료입자의 유동을 향상시키고 안료의 분산을 균일하게 하기 위해서 금형가열은 필수적으로 동반되어야 한다.

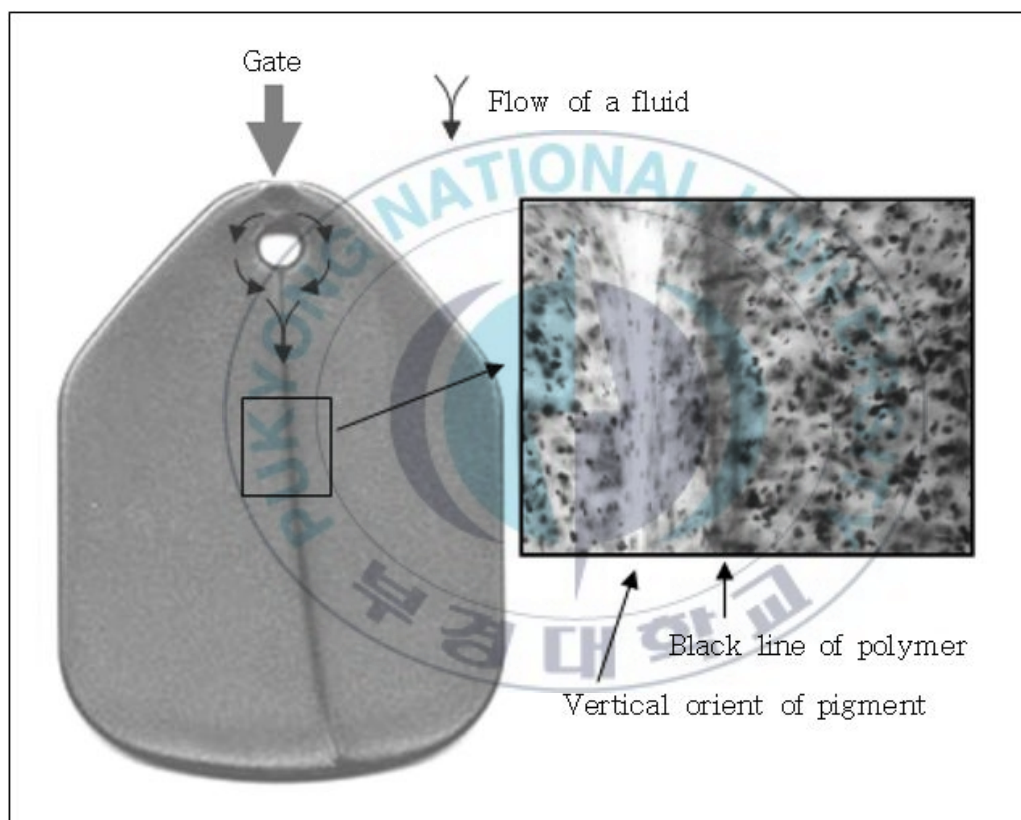


Photo. 2.1 Black line defect of metallic resin

2.2.2 고온금형의 구조 및 작동원리

Fig. 2.1은 2.2.1절에서 메탈릭 수지의 사출성형 시 그 중요성을 언급한 고온금형(Electricity Mold, E-Mold)의 기본구조를 나타내었다. 이는 금형의 표면층을 코아로부터 일정두께로 분리하여 보통 직경 5~6mm 정도로 삽입된 전기히터로 충전 및 보압 과정에서는 가열하고, 그 이후에는 동합금(Beryllium copper, Be-Cu)인 냉각코아에 의해 냉각하는 구조이다.

고온금형의 작동원리는 Fig. 2.2에 나타내었으며, 가열코아는 금형이 열린 후에 스프링에 의하여 냉각코아와 자동으로 분리되면서 콘트롤러에 의해 일정시간 동안 가열된다. 금형이 닫히면 용융 수지가 충전됨과 동시에 냉각코아에 의해서 냉각도 동시에 진행된다. 가열코아는 두께 10~12mm 정도로 금속층의 열전달 시간이 어느 정도 있기 때문에 충전과 보압 과정까지의 통상적인 시간 범위 내에서는 수지가 맞닿는 가열코아의 표면이 냉각되지는 않는다.⁽¹⁹⁾ 따라서 메탈릭 수지의 성형 중에는 가열된 코아 표면의 고온이 유지되는 것이다.

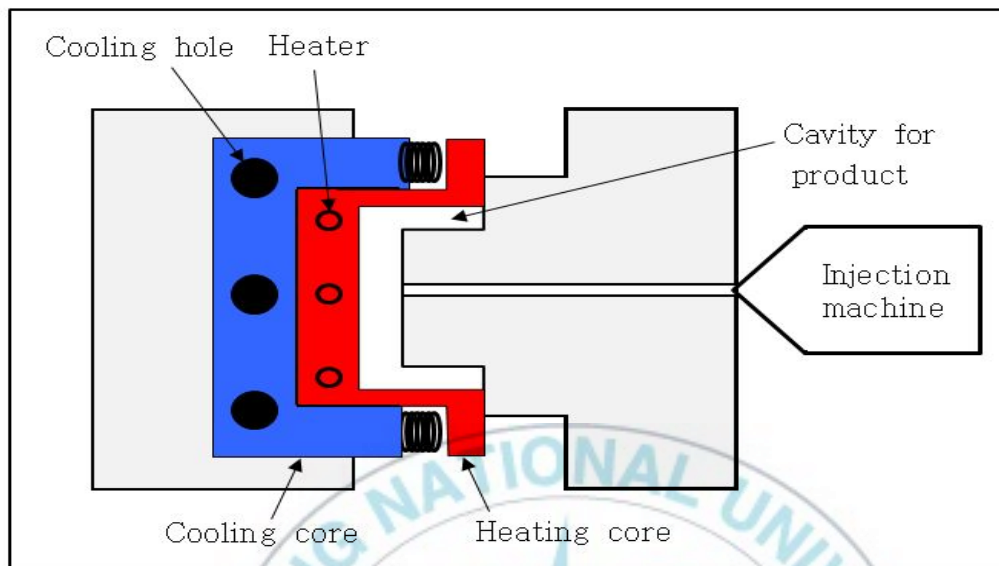


Fig. 2.1 Schematic of E-Mold

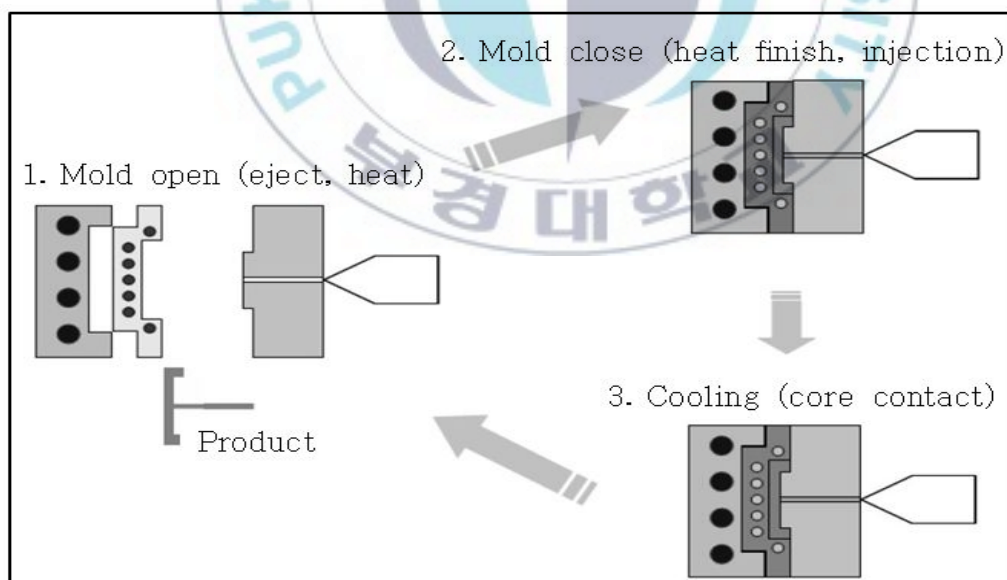


Fig. 2.2 Working principle of E-Mold (heating, injection and cooling)

2.2.3 고온금형의 열전달 특성

메탈릭 수지의 성형을 위해서는 성형부가 되는 코아의 표면온도가 최소 200°C가 넘어야 안료의 분산이 균일하게 이루어지면서 외관의 표면불량을 최소화 할 수 있다. 금형 급속가열 기술에서 핵심 이슈인 가열속도에 대해서 강명호등⁽²⁰⁾은 초고온 가열 후, 냉각된 금형의 온도분포를 열화상 카메라로 촬영하여 약 10초 정도에 250°C까지 급속 가열되는 것을 확인하였다. 이러한 금형표면 급속가열 기술은 금형표면의 온도를 기체 화염으로 가열하여 수초 내에 200°C 이상으로 가열한 다음 사출을 하는 신기술이다. 주변장치로는 가스장비와 컨트롤러 그리고 사출기로 이루어져 있으며, 금형 열림과 동시에 프로판 가스 등으로 특수 제작된 가열판이 가열되고 제품이 취출된 후, 금형이 닫히면서 사출을 하게 된다. 그러나, 이러한 방법은 많은 주변장치의 필요와 복잡한 형상에 대한 대응이 어렵고 특히, 가열된 금형의 빠른 냉각 방법과 그에 대한 효과를 명확히 설명해 주지 못하고 있다. 따라서 본 연구에서는 Fig. 2.2에 나타난 고온금형 공정에서 빠른 냉각을 적용하기 위한 이론적 근거를 바탕으로 실험을 수행하고자 한다.

고온에서 성형을 하는 경우, 캐비티(Cavity)의 냉각으로 인해 발생한 성형품의 수축 때문에 고화된 성형품의 모든 부분이 캐비티의 측벽에 일정하게 접촉되지 않는다. 그러므로 캐비티와 접촉되어 있는 성형품의 표면은 전도에 의해서 열전달이 이루어지고, 접촉되지 않은 부분에서는 복사에 의해서 열전달이 이루어지게 된다. 복사에 의한 열전달량은 전도에 의한 열전달량 보다는 아주 적다. 그러나 이런 경우에도 모든 열전달 문제에서와 같이 가능한 열전달은 열이 교환되는 모든 표면적과 각 매체의 열 저항을 고려한 열전달 계수와 성형품과 냉각 매체 사이의 온도차에 의해서 결정하게 된다.

즉, 캐비티 표면의 온도 형성은 시간의 경과에 따라 변화게 되며 성형품과 냉각 매체 사이의 시간 변화에 따른 열전달량을 정확히 계산하기 위해서는 열확산율(Thermal diffusivity)을 알아야 한다.

플라스틱 수지와 금형사이에서 발생하는 열전달을 전도에 의한 열전도량만을 고려하여 1차원적인 열흐름으로 나타내면, 식(2.1)과 같은 푸리에(Fourier) 열전도 방정식으로 나타낼 수 있다.

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \nabla^2 T \quad (2.1)$$

식 (2.1)의 열확산율 α 는 식(2.2)와 같다.⁽²¹⁾

$$\alpha = \frac{k}{C_p \cdot \rho} \quad (2.2)$$

여기서,

α : 열확산율 (m^2/hr)

t : 시간 (hr)

k : 열전도율 ($\text{kcal}/\text{m} \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{C}$)

ρ : 수지의 밀도 (kg/m^3)

C_p : 수지의 비열 ($\text{kcal}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}$)

T : 온도($^\circ\text{C}$)

성형품의 바깥 표면이 고화되면 제품을 취출시킬 수 있으며, 제품의 취출 가능 온도까지 도달하는 시간이 냉각시간이다. 아직 완전한 고화가 일어나

지 않은 상태이기 때문에 냉각시간을 계산하기 위해서는 식(2.1)에서 열전도도가 일정하고, 열발생이 없다고 가정하면 식(2.3)을 얻을 수 있다.⁽²²⁾

$$t_c = -\frac{4s^2}{\alpha \cdot \pi^2} \cdot \ln \left\{ \frac{\pi}{4} \times \frac{(Tx - Tc)}{(Tm - Tc)} \right\} \quad (2.3)$$

여기서,

t_c : 성형품의 냉각시간 (sec)

s : 성형품의 두께 (mm)

Tx : 성형품의 취출 가능온도(℃)

Tc : 냉각수 온도 (℃)

Tm : 용융온도 (℃)

따라서 냉각시간을 줄여주기 위해서는 식(2.3)에서 알 수 있듯이 성형품의 두께를 줄여주는 방법이 가장 효과적이거나, 제품 설계상 두께를 변경 할 수 없을 경우에는 냉각수 온도를 낮추는 방법이 효과적인 것을 알 수 있다.

본 연구에서는 지금까지 유도된 수식들을 바탕으로 메탈릭 수지의 사출성형 작업 시 고온금형의 냉각 효율을 향상시키기 위하여 급속 냉각장치를 개발하였으며, 급속냉각이 메탈릭 수지의 사출성형 특성 향상에 미치는 영향을 분석하고자 한다.

3. 급속 냉각 실험

3.1 급속 냉각장치의 개발

고온에서 성형을 하는 경우, 금형 내에서 균일하고 빠르게 냉각이 되지 않으면 성형품에는 많은 문제점들이 발생된다. 따라서 금형의 냉각효율을 근본적으로 향상시키기 위해서는 열전달이 좋은 금형재료를 사용⁽²³⁾하거나, 금형으로 유입되는 냉각수 온도를 낮추는 방법과 금형내에서 유속을 더 높여주는 방법이 있다.

본 연구에서 Photo. 3.1과 같이 급속 냉각장치를 개발하였다. 기본적인 구성은 자동공정 및 온도제어를 할 수 있는 제어 장치부, 디스플레이부, 고온 탱크와 저온탱크로 되어 있으며, 부동액의 자동공급이 가능하다.

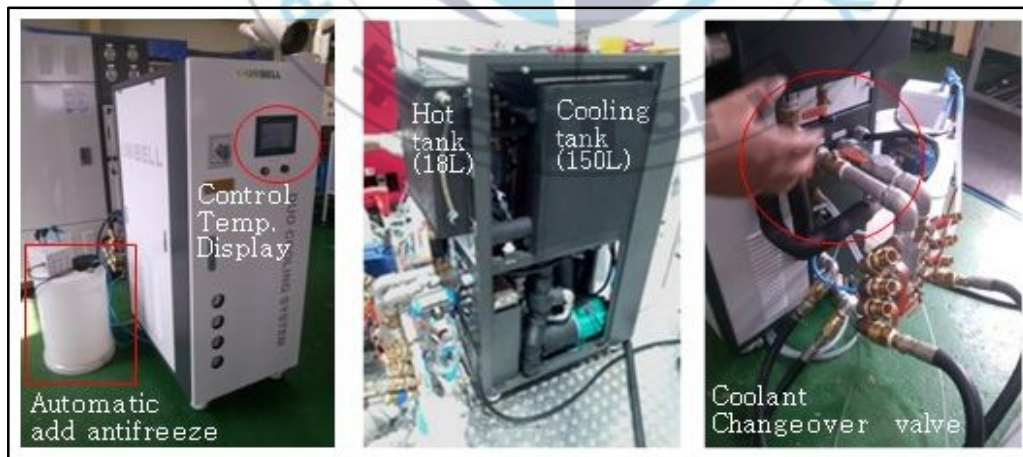


Photo. 3.1 Rapid cooling equipment

3.2 급속 냉각장치의 작동원리

Fig. 3.1과 Table 3.1에서는 급속 냉각장치의 작동원리를 나타내었다. 금형이 닫히고 사출성형이 완료된 후에 냉각수 온도를 10℃에서 -10℃까지 낮추어 금형 내에 공급할 수 있고, 냉각이 완료되면 금형이 열리고 취출하는 동안 다시 온수를 공급하여 설정된 금형온도를 맞추어 준다. 또한 저온으로 냉각시 부동액에 의해 결로를 방지시키며, 냉각 공정시 Air blow를 통해 유속을 증가시켜 공급 유량을 극대화 시켜준다. 이러한 모든 공정은 전기신호에 의해 자동 제어되면서 냉각수가 공급된다.

Table 3.1 Coolant temperature during injection cycle

Mold close	Injection	Cooling	Mold open	Ejecting
30~40℃		-10~10℃	30~40℃	

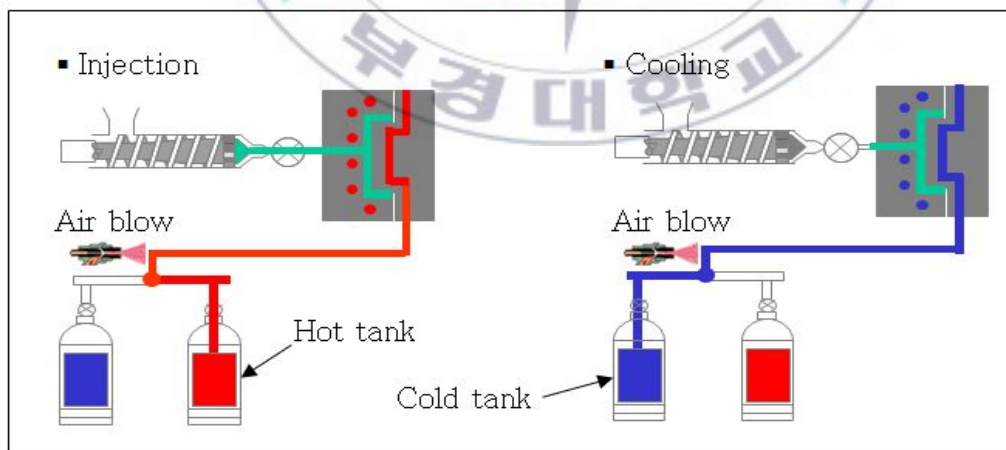


Fig. 3.1 Working principle of rapid cooling equipment

3.3 실험 계획 및 실시

3.3.1 다구찌 실험계획법

실험에 앞서 사출성형 CAE를 통해 냉각에 영향을 끼치는 인자의 최적 수준을 선정하고 실험금형을 제작하기 위해 다구찌 방법론을 사용하였다. 성형품 후육부의 온도균일화를 특성치로 선정했으며 Fig. 3.2에 나타내었다.

온도편차는 작을수록 좋은 특성이므로 망소특성에 해당된다. 망소 목표 특성치는 원하는 목표값이 작으면 작을수록 좋은 반면에, 목표 특성치는 크면 클수록 좋다.

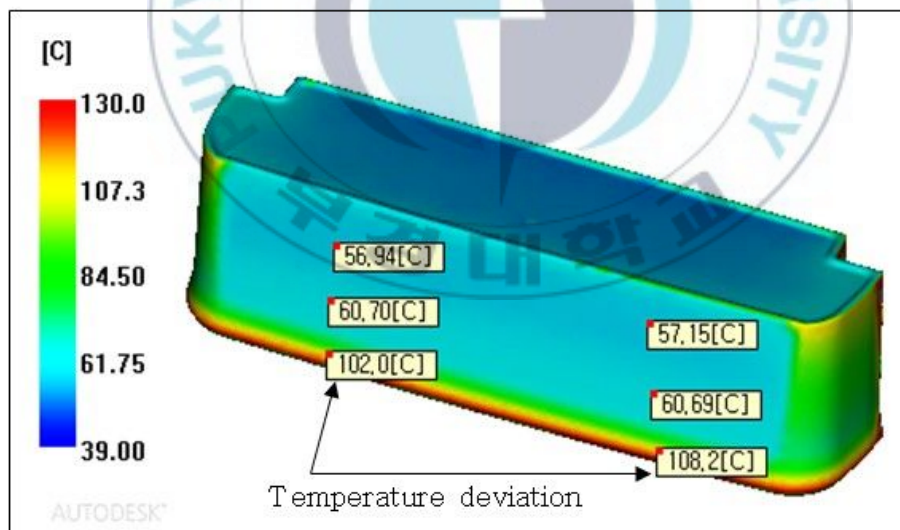


Fig. 3.2 Measurement of temperature deviation

특성치에 영향을 주는 제어 가능한 인자는 성형부와 냉각채널의 거리(A), 냉각채널 사이의 거리(B), 냉각채널의 외경(C), 냉각수 온도(D)로 정했으며 잡음 인자로써는 수지 온도를 210℃와 230℃로 선정하였다.

본 실험에서는 3수준 인자 4개를 배치하므로 $L_9(3^4)$ 인 직교배열표를 사용하여 잡음 인자 2가지 수준을 고려하여 실험의 횟수는 총 18번을 실시하였으며, 사출성형 CAE 프로그램은 Fig. 3.3과 같이 Moldflow MPI 2014를 사용하였다.

해석 결과를 살펴보면 각 인자들의 수준에 의한 성형품 외관의 온도 분포를 확인 할 수 있으며, 특히 후육부의 온도가 높은 것을 알 수 있다.

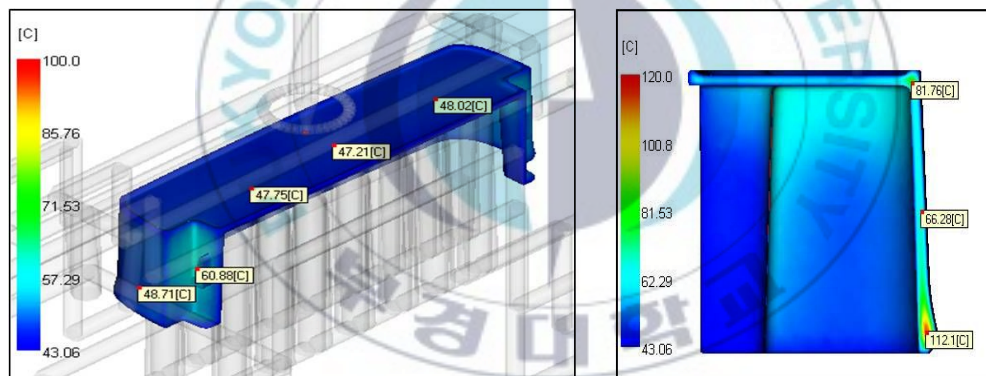


Fig. 3.3 Injection molding analysis with Moldflow MPI 2014

Table 3.2에서는 각 인자의 수준을 나타내었고 직교배열표는 Table 3.3과 같다. 그리고 직교배열표에 의해 설계된 18개의 모델의 해석결과에서는 성형품 후육부의 온도편차를 측정하였으며, Table 3.4에는 다구찌법의 망소특성에 의해 계산된 S/N비를 나타내었다. Table 3.5는 온도편차에 대한 각 인자들의 기여도를 계산한 결과로서 냉각수 온도가 가장 높은 영향을 미친 것으로 계산되었다. 따라서 S/N비의 유의한 영향을 주는 제어인자들의 최적 수준은 S/N비를 최대로 하는 수준이므로 온도편차에 관한 최적 성형인자 요인은 A_1 (성형부와 냉각채널의 거리 20mm), B_1 (냉각채널 사이의 거리 40mm) C_3 (냉각채널의 외경 12mm), D_2 (냉각수 온도 40℃) 임을 알 수가 있었다.

Table 3.2 Factor used in experiment

		Factors			
		A(mm)	B(mm)	C(ϕ)	D($^{\circ}$ C)
Levels	1	20	40	8	20
	2	25	50	10	40
	3	30	60	12	60

A : Distance between product and cooling channel

B : Distance between cooling channel

C : An external diameter of cooling channel

D : Coolant temperature

Table 3.3 The orthogonal array $L_9(3^4)$ used in the research

No. \ Factors	A (mm)	B (mm)	C (ϕ)	D ($^{\circ}\text{C}$)
1	20	40	8	20
2	20	50	10	40
3	20	60	12	60
4	25	40	10	60
5	25	50	12	20
6	25	60	8	40
7	30	40	12	40
8	30	50	8	60
9	30	60	10	20

Table 3.4 Temperature deviation and S/N ratios

No.	Temperature deviation ($^{\circ}\text{C}$)		S/N ratio
	Resin temperature (210°C)	Resin temperature (230°C)	
1	5.396	5.316	-14.5771
2	5.369	5.360	-14.5906
3	5.380	5.341	-14.5842
4	5.439	5.394	-14.6744
5	5.314	5.375	-14.5583
6	5.460	5.351	-14.6572
7	5.409	5.524	-14.7547
8	5.514	5.321	-14.6774
9	5.498	5.531	-14.5771

Table 3.5 The response table of S/N ratio

Level \ Factors	1	2	3	4
	A(mm)	B(mm)	C(ϕ)	D($^{\circ}$ C)
1	-14.58	-14.61	-14.64	-14.87
2	-14.63	-14.71	-14.77	-14.48
3	-14.75	-14.63	-14.54	-14.61
Delta	0.21	0.11	0.28	0.40
Ranking	3	4	2	1

3.3.2 급속 냉각장치의 성능 실험

급속 냉각장치의 성능 검증을 위하여 3.3.1절에서 실시한 냉각해석의 최적 조건을 반영하여 살두께를 각각 다르게 금형을 제작하였고 실제 사출 후 취출된 성형품의 온도를 화상카메라로 측정하여 냉각의 효율을 검증하였다.

Photo. 3.2에는 실험에 사용된 금형을 나타내었고, 사출조건은 Table 3.6에 나타내었다. Fig. 3.4는 온도분포 경향을 평가하기 위해 성형품의 좌, 우 살두께 분포와 급속냉각을 실시한 냉각구조를 나타내었다.

냉각시간은 30초로 설정하였고 첫번째 조건은 냉각수 온도 40℃ 유지, 두번째 조건은 냉각수 온도를 10℃까지 낮추어 금형 내에 공급하고 냉각이 완료되면 금형이 열리고 취출되는 동안 다시 설정된 성형온도 40℃로 전환시켰으며, 세번째 조건은 두번째 조건에 냉각 시 Air로 유속을 증가시켰다.



Photo. 3.2 Injection mold used for experiment

Table 3.6 Injection conditions for experiment

Injection conditions	Unit	Value
Injection pressure	MPa	50
Injection velocity	mm/sec	30
Mold temperate(°C)	°C	40
Filling time(sec)	sec	5
Cooling time(sec)	sec	30

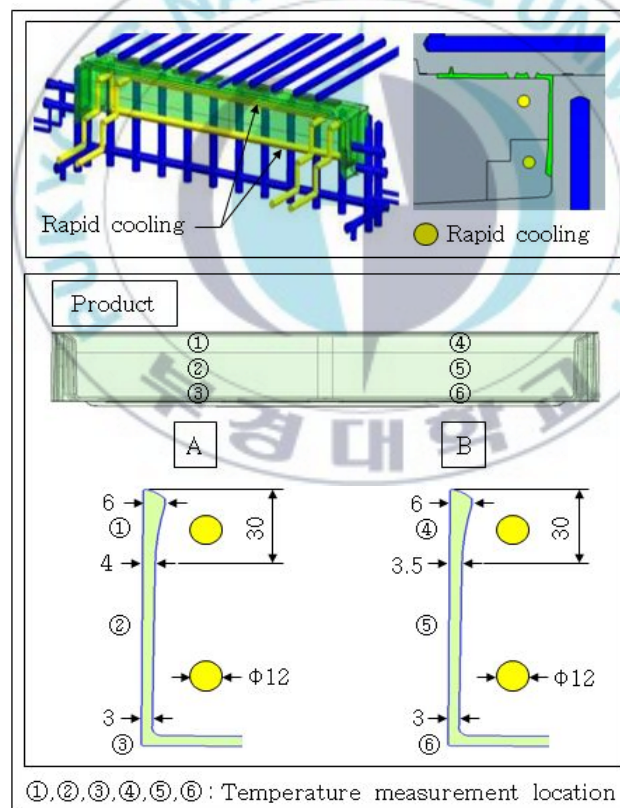


Fig. 3.4 Structure of rapid cooling line in a mold

3.3.3 급속 냉각장치의 성능 실험 결과

성형품의 표면온도 6개소는 Fig. 3.5과 같이 화상카메라로 측정하고 분석하였다. (a)는 일반냉각 40℃, (b)는 급속냉각 10℃, (c)는 급속냉각 10℃와 Air를 같이 공급하였을 때의 성형품 표면온도이다.

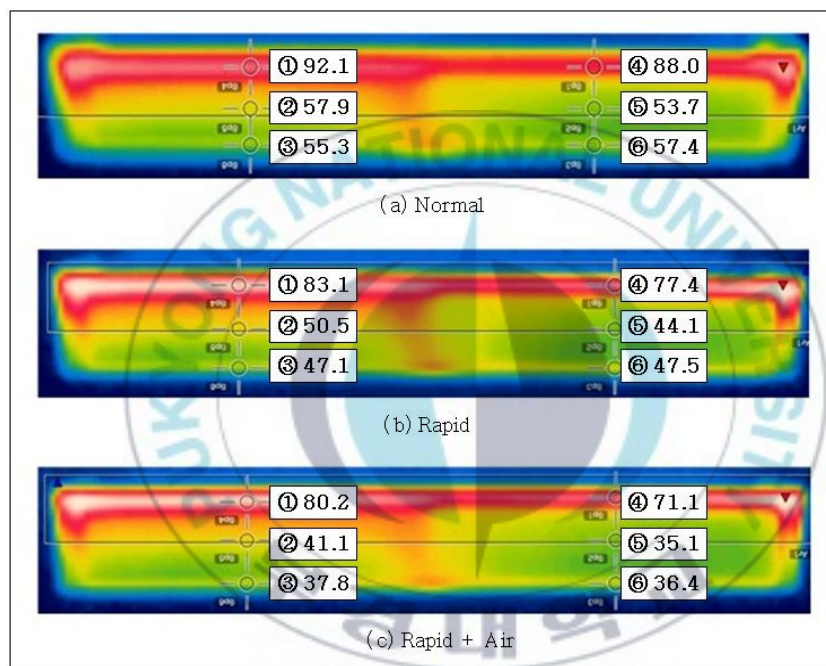


Fig. 3.5 Surface temperature of a product by infrared thermal camera

Fig. 3.6은 각 냉각조건 별 성형품 표면의 온도 분포를 나타내었다. A부의 살두께 변화 구간이 B구간 보다 온도가 조금 더 높았으며, 일반냉각에 비해 급속과 Air를 병행한 냉각이 평균 10℃ 정도 낮다는 것을 확인 할 수 있다. 이는 Fig. 3.7에서 나타낸 각 냉각조건 별 성형품 표면의 최대 온도를 20회 동안 사출한 결과에서도 동일한 것을 확인 할 수 있었다.

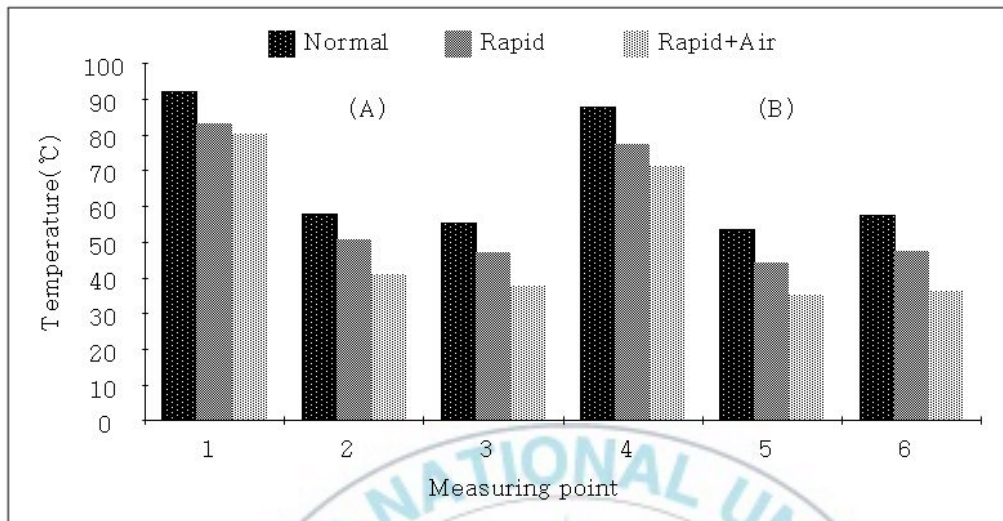


Fig. 3.6 Surface temperature according to cooling type

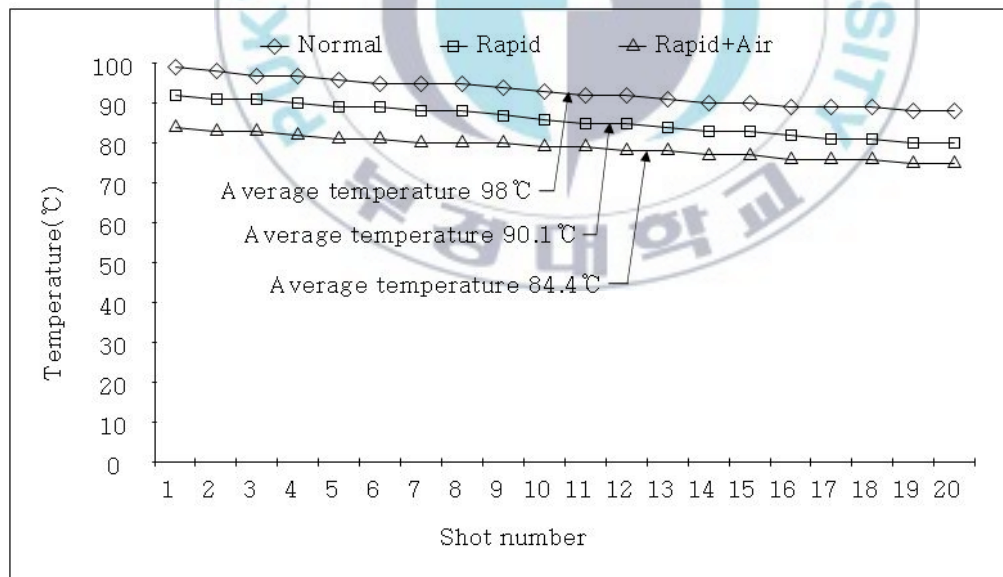


Fig. 3.7 Maximum surface temperature according to cooling type

4. 메탈릭 수지의 사출성형 특성 평가

4.1 실험목적

Photo. 4.1은 메탈릭 수지의 고온성형 시 금속성 안료의 첨가로 인한 제품 표면의 불량을 나타내었다. 급속 냉각장치의 성능 검증을 통해 분석된 냉각의 개선효과가 메탈릭 수지의 고온성형에 적용했을 때 불순물 발생량에 미치는 영향을 분석하고 그 결과를 도출하고자 한다.

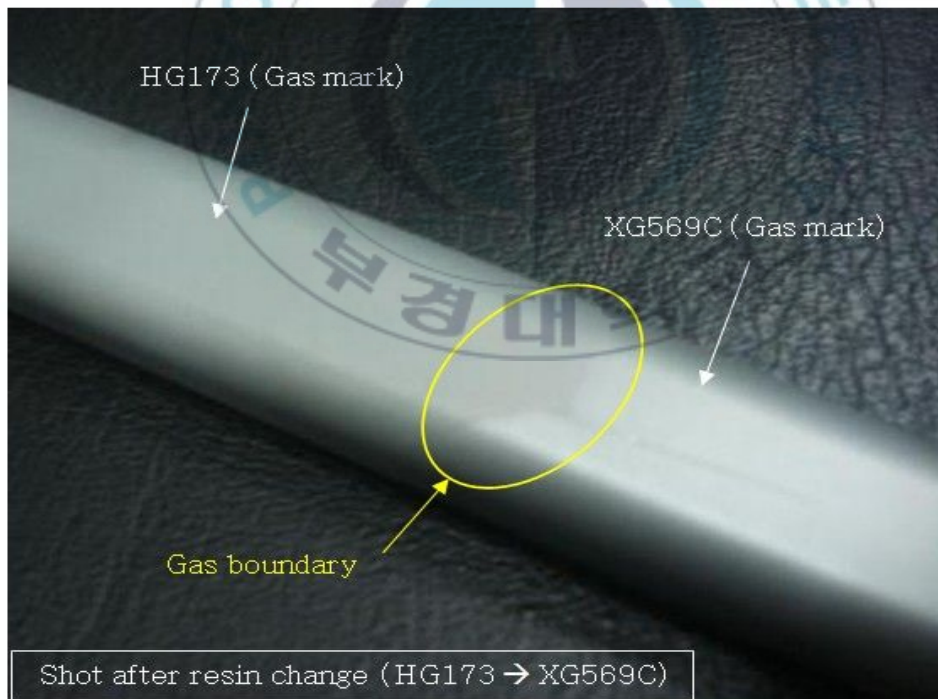


Photo. 4.1 Contamination according to metallic pigment

4.2 실험방법 및 실험장치

본 실험에서는 ABS XG569C와 HG173에 금속성 안료를 첨가한 메탈릭 수지를 사용하였으며, 실험조건은 Table 4.1에 나타내었다.⁽²⁴⁾ 실험방법은 금속 냉각장치의 사용 전 후의 결과를 분석하여 불순물의 성분과 함량 변화를 확인하고자 한다.

Photo. 4.2와 Photo. 4.3에서는 실험에 사용된 사출성형기와 고온금형을 나타내었으며, Photo. 4.4는 각 성형조건 별 시료의 성분분석을 실시하기 위한 GCMS 장치를 나타내었다.

Table 4.1 Experimental molding conditions

Control factors	Test conditions
Heat drier(℃)	80(4 hrs)
Injection pressure(MPa)	30 , 50 , 70
Injection velocity(max=100mm/s)	30 , 50 , 70
Holding pressure(MPa)	5
Mold temperate(℃)	220
Pigment content(%/kg)	0.3 , 0.5 , 1
Laboratory temperature(℃)	22
Filling time(sec)	2.5
Holding time(sec)	0.5
Cooling time(sec)	60



Photo. 4.2 Injection machine used for experiment

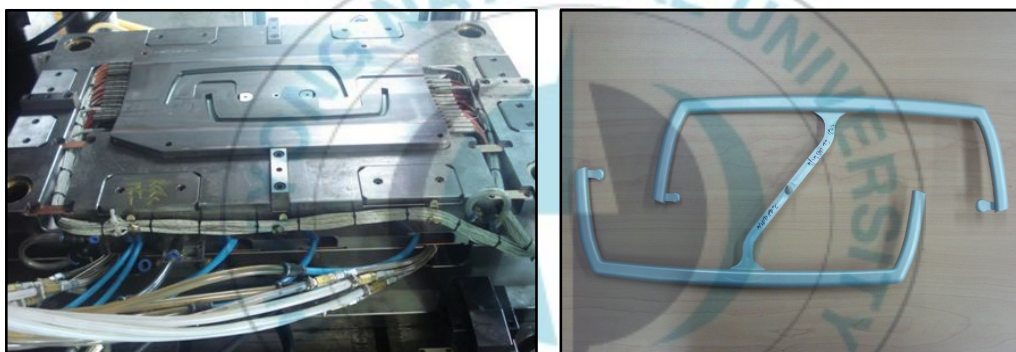


Photo. 4.3 Mold used for experiment and molding product

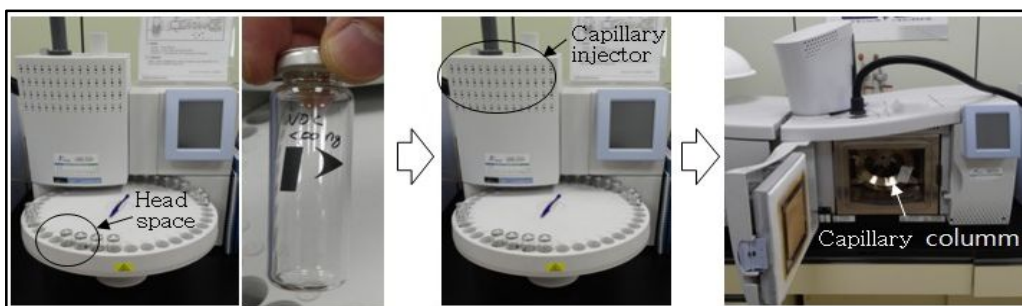


Photo. 4.4 Measuring device(GCMS)

Photo. 4.2의 사출성형기는 LG기계의 450톤(ton) 유압식이며, 최대 사출압력은 140Mpa, 스크류(screw)의 외경은 70mm이다.

Photo. 4.3의 고온금형은 코아에 외경 6mm의 히터를 삽입하고 온도센스를 설치하였다. 코아 재질은 고온금형의 재질로 많이 사용하고 있는 NAK80을 선정하였다. NAK80 재료의 화학조성 및 기계적 성질은 Table 4.2와 Table 4.3에 나타내었다.⁽²⁵⁾

Table 4.2 Chemical composition(wt. %) of NAK80

C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo
0.1~0.2	0.3~0.4	1.4~1.5	2.7~3.2	0.25~0.5	0.3~0.6

Table 4.3 Mechanical properties of NAK80

Tensile strength (kgf/mm ²)	Yielding strength (kgf/mm ²)	Elongation (%)	Hardness (HRC)
120~135	100~115	>17	37~41

Photo. 4.4의 GCMS 장비는 시료 전 처리 작업을 위해 Head space로 시료를 기화시키고 모세관에 시료를 도입하여 농축시킨다. 그리고 컬럼을 통해 시료를 분리하여 분자량 확인과 동시에 분석 농도를 계산하고 Data를 처리하는 공정으로 진행하였다.

4.3 시제품의 실험적 분석

본 연구에서는 성형조건에 따른 메탈릭 수지의 사출성형 특성을 평가하기 위하여 사출속도와 사출압력 그리고 안료함량을 변경을 통하여 성형조건이 메탈릭 수지의 사출성형 특성 향상에 미치는 영향을 분석하였다.

4.3.1 사출속도 변경에 따른 사출성형 특성 평가

메탈릭 수지의 사출성형에서는 일반 ABS 수지 대비 외관표면의 불량률이 증가한다. 따라서 각각의 성형조건들이 외관표면의 불량에 어떠한 영향을 미치는지에 대해 아는 것은 매우 중요하다.

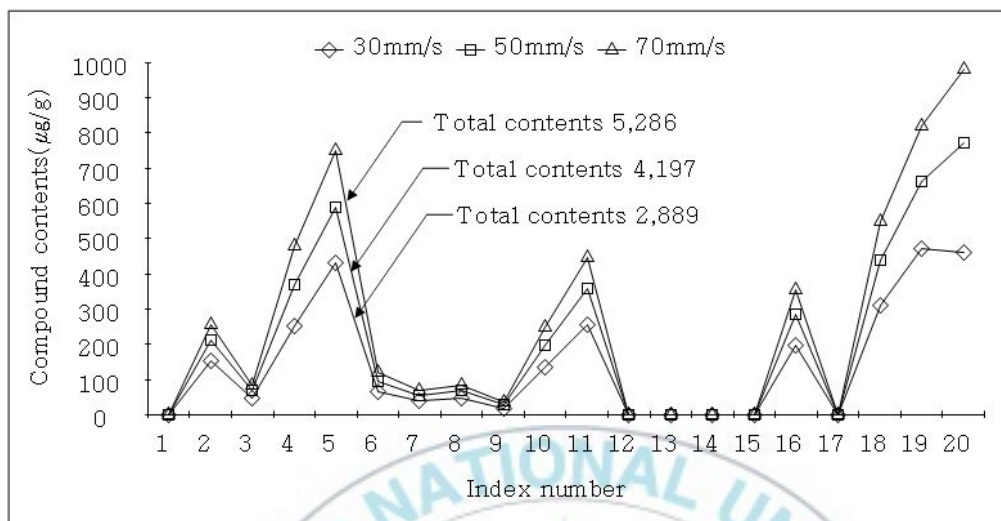
본 연구에서는 금형온도는 적정수준인 220℃로 동일하게 설정하고, 금속성안료는 0.3%를 첨가한 2종류의 수지를 사용하여 사출속도가 메탈릭 수지의 고온 성형시 발생하는 불순물의 양에 미치는 영향을 분석하였다.

Table 4.4는 성형 후 분석된 전체 20가지 불순물에 대하여 각각의 번호를 명기한 것을 나타내었다. 산업현장에서는 발생하는 전체 불순물(특히, 올리고머)의 양을 기준으로 표면 불량에 대한 판단 척도로 삼고 있다.⁽²⁶⁾

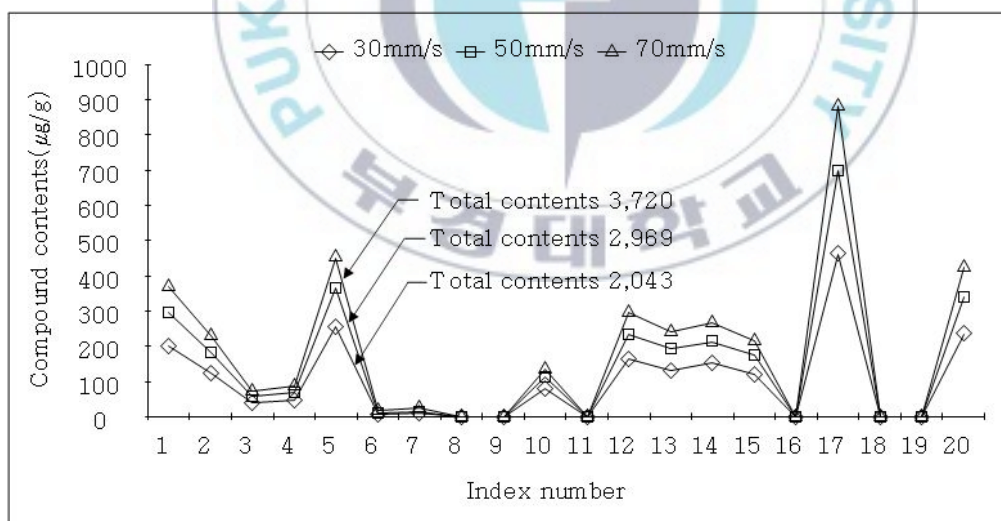
Fig. 4.1에서 알 수 있듯이 표면 품질에 영향을 주는 불순물의 양은 사출속도에 따라 변화는 것을 알 수 있으며, 속도가 30mm/sec 일 때가 가장 적은 것을 확인 할 수 있다. 또한 수지의 종류에 따라서도 그 양이 변화는 것을 확인할 수 있는데, Fig. 4.1 (a)의 HG173보다 (b)의 XG569C에서 불순물의 양이 더 적은 것을 확인 할 수 있었다.

Table 4.4 Compound name according to the number

Index no.	Compound
1	MMA
2	Toluene
3	BD-dimer
4	Ethyl benzene
5	Styrene
6	Isopropyl benzene
7	Benzaldehyde
8	α -methyl styrene
9	$[\text{SiO}(\text{CH}_3)_2]_4$
10	Acetophenone
11	2-Phenyl-2-propanol
12	Diisopropyl benzene
13	2,4-Diisopropyl phenol
14	4'-Isopropyl acetophenone
15	Dimethyl 1,2-Cyclohexanedicarboxylate
16	Hexadecanoic acid
17	Octadecanol
18	Ir1141=(CGX AO0145)
19	Tin327
20	Oligomers



(a) ABS HG173



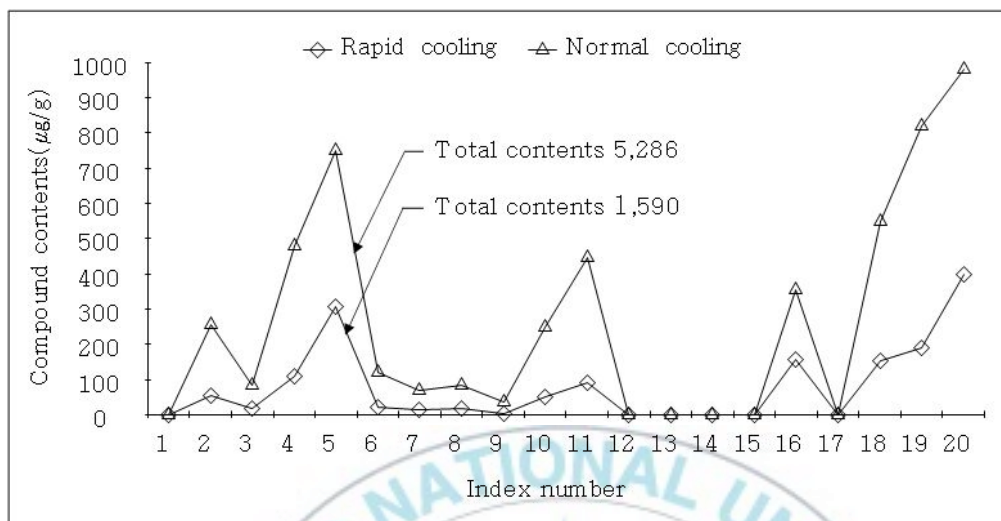
(b) ABS XG569C

Fig. 4.1 Compound contents according to injection speeds

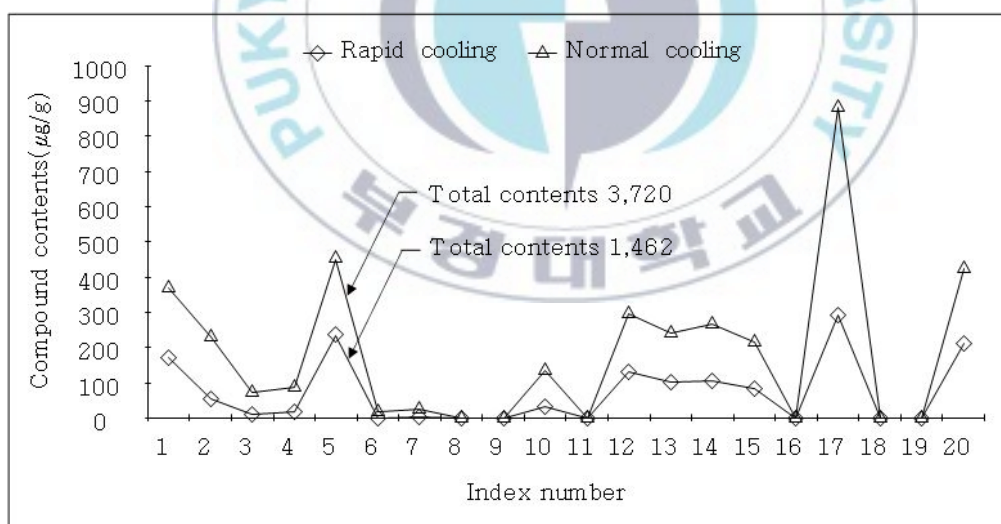
Photo 3.1의 급속 냉각장치를 사용하여 냉각수 온도는 -5°C , 냉각시간을 60초로 입력한 후 실험을 실시하였으며, 그 결과는 Fig. 4.2와 같다.

메탈릭 수지의 고온성형 시 사출속도 변경에 따른 사출성형 특성인 불순물의 전체 함량은 Fig. 4.1과 Fig. 4.2의 결과에서 알 수 있듯이 최저온의 냉각과 냉각 유속을 증가시켜 주는 급속 냉각장치의 영향을 크게 받는 것을 확인 할 수 있었다.





(a) ABS HG173



(b) ABS XG569C

Fig. 4.2 Compound content according to rapid cooling

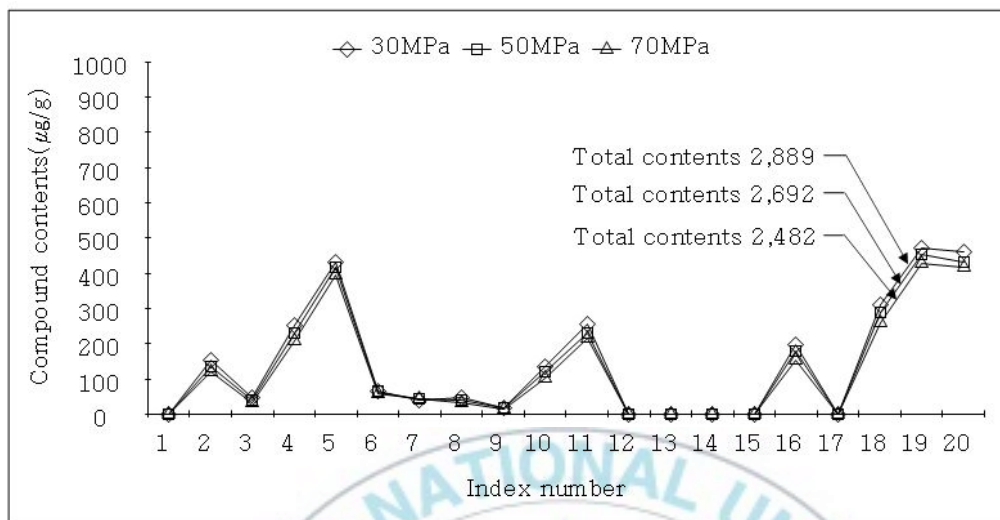
4.3.2 사출압력 변경에 따른 사출성형 특성 평가

4.3.1절의 결과를 바탕으로 사출속도는 30mm/sec로 설정하고 사출압력이 메탈릭 수지의 성형 시 발생하는 불순물의 양에 미치는 영향을 분석하였다. 실험장치 및 방법은 4.2절과 동일하며, 사출압력에 따른 불순물의 발생량은 Fig. 4.3에서 알 수 있듯이 사출압력에 따른 변화는 작지만, 압력이 70MPa 일 때가 불순물의 발생량이 가장 적은 것을 확인 할 수 있다.

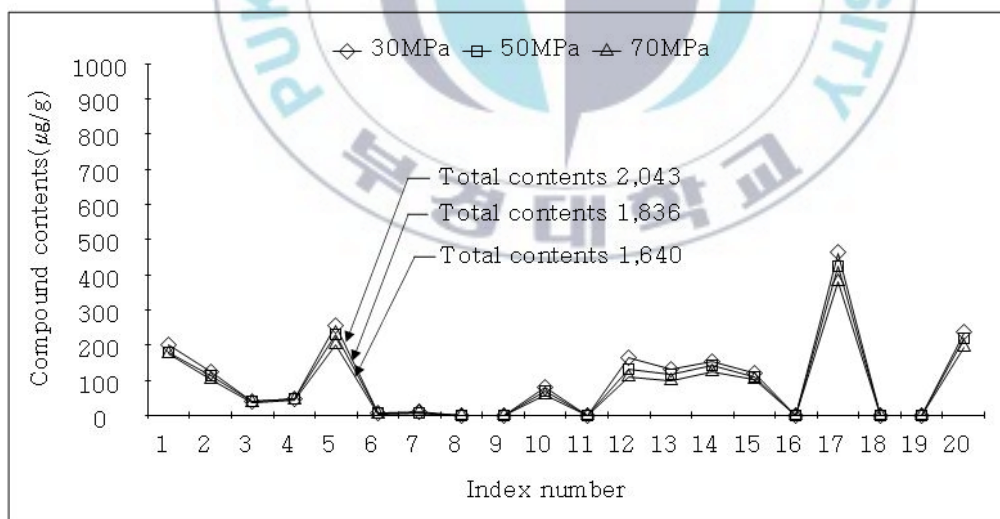
그러나, 사출압력 변화에 따른 불순물의 발생량 차이는 소폭 감소에 그쳤고 그 차이는 미미한 것을 확인 할 수 있다.

수지의 종류에 따른 불순물의 발생량 또한 Fig. 4.3 (a)의 HG173과 (b)의 XG569C에서 알 수 있듯이 그 차이가 미미한 것을 확인 할 수 있었다.

이러한 결과가 나타나는 이유는, 사출속도의 빠름과 느림은 성형 시 발생하는 가스와 많은 연관이 있어 불순물 발생량과 상관관계가 많지만, 사출압력의 차이는 성형품 외관의 가스 등으로 인한 불량보다는 수축 발생과 상관관계가 있는 조건이기 때문으로 판단된다.



(a) ABS HG173



(b) ABS XG569C

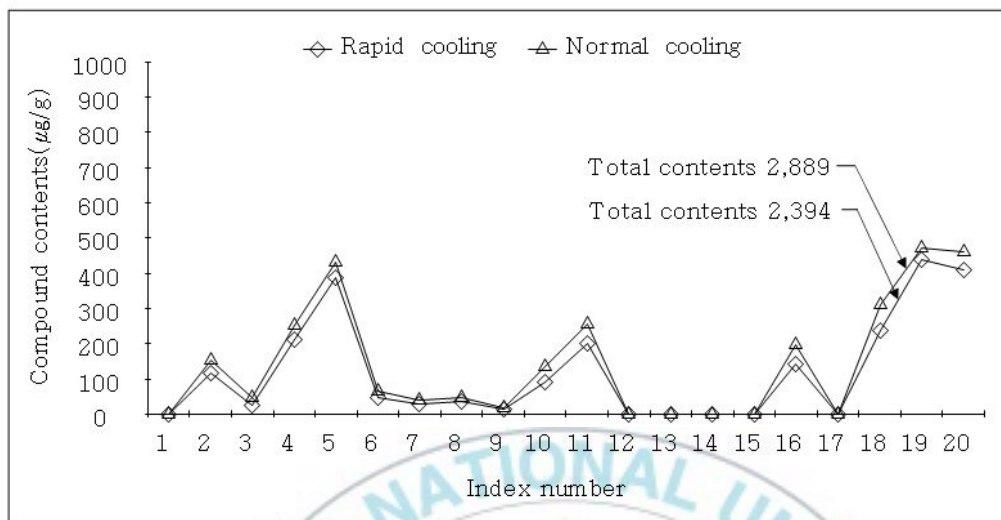
Fig. 4.3 Compound content according to injection pressure

Fig. 4.3의 결과에 대해 급속 냉각장치를 사용하여 동일한 조건에서 실험을 실시하였으며, 그 결과는 Fig. 4.4와 같다.

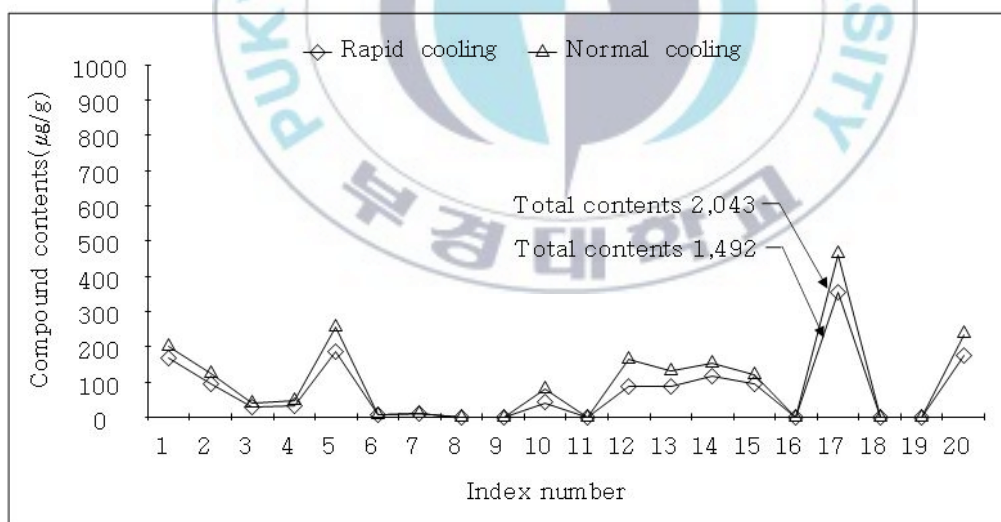
메탈릭 수지의 고온성형 시 사출압력 변경에 따른 사출성형 특성평가를 수행한 결과, 성형품에 발생하는 불순물의 양은 사출압력 변화에는 별 차이가 없었고, 70MPa 조건에서 불순물의 양이 가장 적었으며, 30MPa 조건에서는 불순물의 양이 평균 20% 증가하였다.

또한, 일반냉각 대비 급속냉각이 사출압력 30MPa 조건에서 불순물의 발생량이 평균 22% 감소되었다.





(a) ABS HG173



(b) ABS XG569C

Fig. 4.4 Compound content according to rapid cooling

4.3.3 안료함량 변경에 따른 사출성형 특성 평가

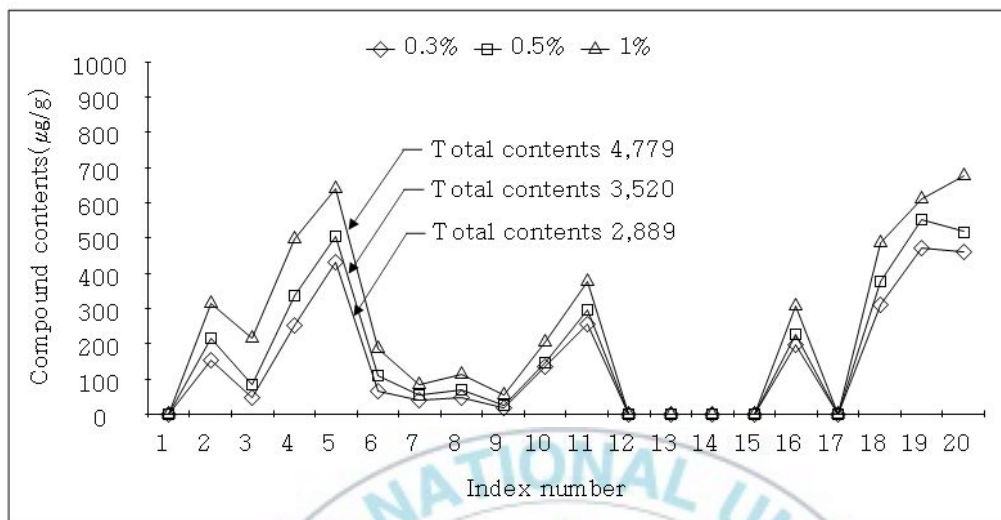
사출속도는 30mm/sec, 사출압력은 30MPa로 설정하고 Table 4.5와 같이 안료 성분 및 함량을 3가지 종류로 다르게 혼합하여 안료함량에 따른 사출성형 특성 평가를 진행하였다.

실험장치 및 방법은 4.2절과 동일하며, Fig. 4.5에서 알 수 있듯이 안료함량에 따른 불순물의 발생량은 안료함량에 따라 달라지며, 안료 함량이 0.3% 일 때가 가장 적은 것을 확인 할 수 있다. 또한, 발생하는 불순물 종류 역시 차이가 있지만, ABS XG569C가 HG173에 비해 전체 발생량은 감소하였다. 또한, 사출속도에 따른 불순물량의 변화와 비교하여, 안료함량은 불순물량의 변화에 미치는 영향이 크지 않음을 확인 할 수 있었다.

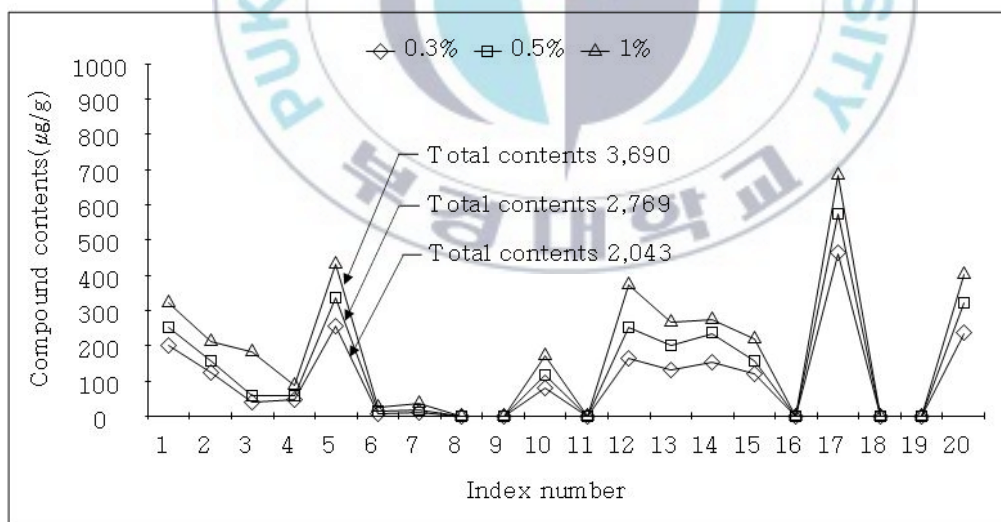
따라서 본 실험을 통하여 확인한 사출속도, 사출압력 그리고 안료 함량에 따른 불순물의 발생량을 분석해 보면 메탈릭 수지의 사출성형에는 ABS XG569C가 적합하다는 것을 확인 할 수 있었다.

Table 4.5 Typical composition(wt. %) of metallic pigment

Resin	Pigment		
	Material	Contents (%)	size
ABS (HG173)	Al	0.3, 0.5, 1	10 μ m
ABS (XG569C)	Al	0.3, 0.5, 1	10 μ m



(a) ABS HG173



(b) ABS XG569C

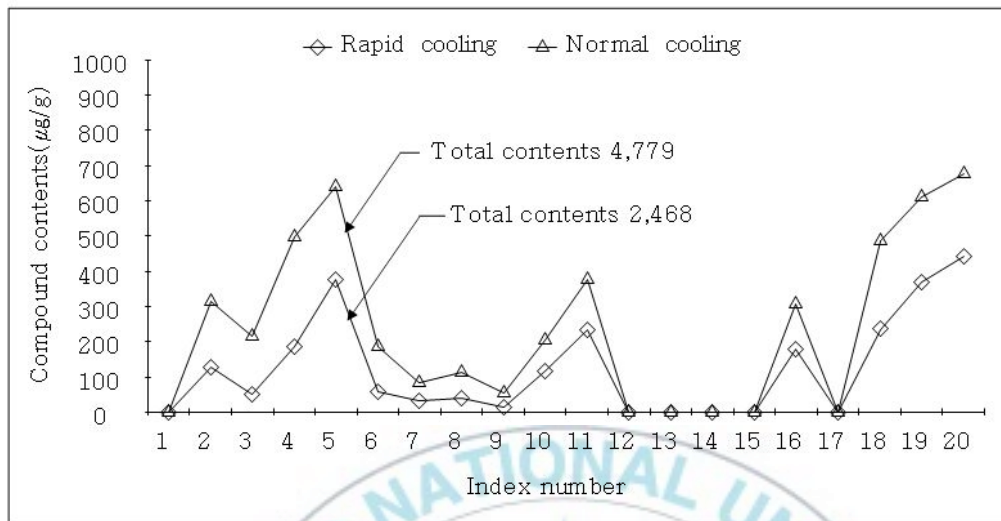
Fig. 4.5 Compound content according to pigment contents

Fig. 4.5의 결과에 대해 급속 냉각장치를 사용하여 동일한 조건에서 실험을 실시하였으며, 그 결과는 Fig. 4.6과 같다.

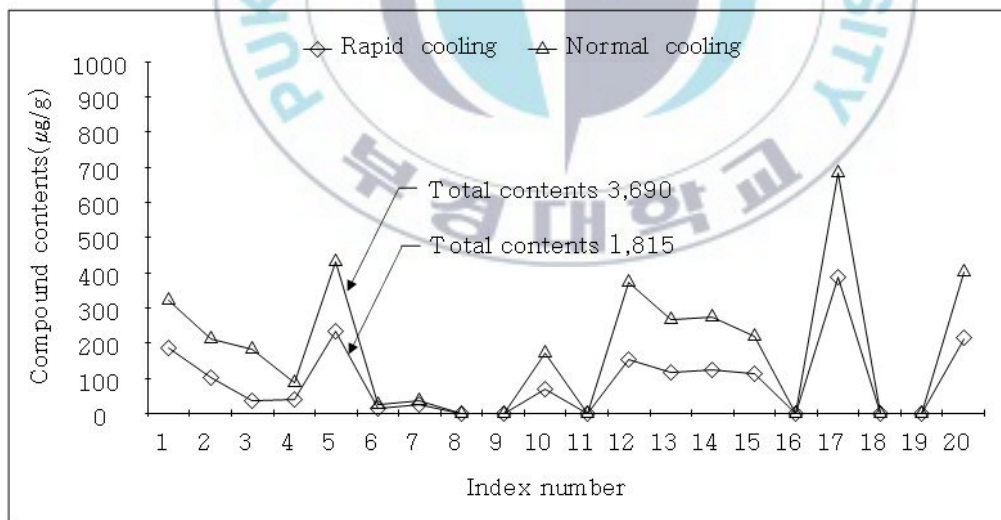
메탈릭 수지의 고온성형 시 안료함량 변경에 따른 사출성형 특성평가를 수행한 결과, 성형품에 발생하는 불순물의 양은 안료함량에 크게 영향을 받았고, 0.3% 조건에서 불순물의 양이 가장 적었으며, 안료함량 1% 조건에서는 불순물의 양이 평균 72% 증가하였다.

또한, 일반냉각 대비 급속냉각이 안료함량 1% 조건에서 불순물의 발생량이 평균 49% 감소되었다.





(a) ABS HG173



(b) ABS XG569C

Fig. 4.6 Compound content according to rapid cooling

5. 결론

본 연구에서는 금속성 안료가 함유된 메탈릭 수지를 대상으로 사출속도와 압력, 안료함량을 변경하면서 고온성형 시 발생하는 불순물의 양을 실험으로 검증하였고, 냉각 효율 개선이 검증된 급속 냉각장치의 적용을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 냉각시간이 동일한 상태에서의 사출공정에서 급속 냉각장치의 성능평가를 수행한 결과, 냉각의 온도와 유속의 영향에 따라 성형품의 표면온도가 변화는 것을 확인할 수 있었으며, 급속냉각이 일반냉각에 비해 성형품의 표면온도가 평균 10℃ 낮은 것을 확인하였다.
2. 사출속도 변경에 따른 사출성형 특성평가를 수행한 결과, 성형품에 발생하는 불순물의 양은 사출속도에 크게 영향을 받았고, 30mm/s 조건에서 불순물의 양이 가장 적었으며, 70mm/s 조건에서는 불순물의 양이 평균 82% 증가하였다.
3. 사출압력 변경에 따른 사출성형 특성평가를 수행한 결과, 성형품에 발생하는 불순물의 양은 사출압력 변화에는 별 차이가 없었고, 70MPa 조건에서 불순물의 양이 가장 적었으며, 30MPa 조건에서는 불순물의 양이 평균 20% 증가하였다.
4. 안료함량 변경에 따른 사출성형 특성평가를 수행한 결과, 성형품에 발생하는 불순물의 양은 안료함량에 크게 영향을 받았고, 0.3% 조건에서 불

순물의 양이 가장 적었으며, 안료함량 1% 조건에서는 불순물의 양이 평균 72% 증가하였다.

5. 불순물의 발생량은 일반냉각 대비 급속냉각이 사출속도 70mm/s 조건에서 평균 65%가 감소하였고, 사출압력 30MPa 조건에서 평균 22% 감소되었으며, 안료함량 1% 조건에서 평균 49%가 감소된 것을 확인하였다.



REFERENCES

1. 제덕근, “사출금형에 의한 스피드미터의 피동기어 슬리브 개발에 관한 연구”, 부산대학교 산업대학원, pp. 5~6, 1997
2. H. Shent, R.J. Pugh, E. Forssberg, “A Review of Plastics Waste Recycling and The Flotation of Plastics”, Resources Conservation Recycling, Vol. 25, No. 2, pp. 401, 1999
3. 김월룡, “Polymer Science and Technology”, 한국고분자학회, Vol. 20, No. 1, pp. 34~36, 2009
4. 월간 금형기술, (주)첨단, pp. 29~32, 2013
5. Jansen, K.M.B., “Heat Transfer in Injection Moulding Systems with Insulation Layers and Heating Elements”, International Journal Heat Mass Transfer, Vol. 38, No. 2, pp. 309~316, 1995
6. Yao, D. G., Kim, B., “Development of Rapid Heating and Cooling Systems for Injection Molding Applications”, Polymer Engineering and Science, Vol. 42, No. 12, pp. 2471~2481, 2002
7. Chen, S. C., Peng, H. S., Chang, J. A. and Jong, W. R., “Simulations and Verification of Induction Heating on a Mold Plate”, International Communication in Heat and Mass Transfer, Vol. 31, No. 7, pp. 971~980, 2004
8. Chang, P. C., Hwang, S. J., “Simulation of Infrared Rapid Surface Heating for Injection Molding”, International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 49, No. 21~22, pp. 3846~3854, 2006
9. Yu, M. C., Young, W. B., and Hsu, P. M., “Micro-Injection Molding

- with the Infrared Assisted Mold Heating System”, Materials Science and Engineering A, Vol. 460~461, No.- pp. 288~295, 2007
10. Yao, D. G., Erling, T. E., and Kim, B., “High-frequency Proximity Heating for Injection Molding Applications”, Polymer Engineering and Science, Vol. 46, No. 7, pp. 938~945, 2006
 11. Xie, L., Ziegmann, G., “A Visual Mold with Vario Therm System for Weld-line Study in Micro Injection Molding”, Microsystem Technologies, Vol. 14, No. 6, pp. 809~814, 2008
 12. Chen, H. L., Chien, R. D., and Chen, S. C., “Using Thermally Insulated Polymer Film for Mold Temperature Control to Improve Surface Quality of Micro Cellular Injection Molded Parts”, International Communications in Heat and Mass Transfer, Vol. 35, Issue 8, pp. 991~994, 2008
 13. Leong, Y. W., Umemura, T. and Hamada, H., “Film Insert Molding as a Novel Weld-line Inhibition and Strengthening Technique”, Polymer Engineering and Science, Vol. 48, No. 11, pp. 2147~2158, 2008
 14. Wang, G. L., Zhao, G. Q., Li, H. P. and Guan, Y. J., “Research on a New Variotherm Injection Molding Technology and its Application on the Molding of a Large LCD Panel”, Polymer-Plastics Technology and Engineering, Vol. 48, Issue 7, pp. 671~681, 2009
 15. 김옥래, “박육 성형제품 금형의 사출 성능평가에 관한 연구”, 인천대학교 대학원, pp. 15~16, 2010
 16. 이기만, “플라스틱 해석과 물성집”, 한국플라스틱 기술정보센터, pp. 183

~195, 2006

17. Jin-Woo Choi, Dong-Jun Choi and Sang-Deuk Park, “ABS resin의 재활용에 따른 열적, 기계적 특성 평가”, 한국공업화학회, Vol. 9, No. 2, pp. 3~4, 2005
18. Beaumont, J. P., Nagel, R., and Sherman, R., “Successful Injection Molding”, Hanser Gardner Publications, pp. 41~42, 2005
19. 김월룡, “Polymer Science and Technology”, 한국고분자학회, Vol. 20, No. 1, pp. 31~32, 2009
20. 강명호, 이상원, “초고온 금형온도 제어기술”, (주)나다 이노베이션, 플라스틱 코리아(4), pp. 115~121, 2004
21. G. Menges, W. Michaeli, P. Mohren, “How to Make Injection Molds”, Hanser Publishers, pp. 272, 2001
22. 노원기, 정진수, 황규선, “World Best를 위한 사출성형과 제품설계”, 교보문구, pp. 320~322, 2007
23. David O. Kazmer, “Injection Mold Design Engineering”, Hanser Publishers, pp. 223, 2007
24. 이성출, “플라스틱 사출성형 조건 Control법”, 기전연구사, pp. 146~159, 2001
25. 김옥래, “박육 성형제품 금형의 사출 성능평가에 관한 연구”, 인천대학교 대학원, pp. 34, 2010
26. 박공원, “폴리에스테르 사염공정 중 올리고머의 효율적 제거방법 연구”, 숭실대학교, 대학원, pp. 3, 2011

A study on plastic injection characteristics for a metallic resin using rapid cooling system

Lee, Gyu-Sang

*Department of Mechanical Engineering,
Graduate School of Industry of Pukyong National University*

ABSTRACT

Most of the plastics products are being manufactured by injection molding process, which has a merit for producing complicated shape precisely. Also, the latest trend is that as the demand of plastic products increased, many polymer processes have been developed. One of them is injection molding process for metallic resin.

However, processing difficulty or unexpected defect occurs due to polymeric materials with metallic pigments. Several molding defects are appeared according to the control parameters during injection molding. The main cause is compounds that are produced during injection molding process. Therefore, these compound contents for molding are very important parameter for metallic plastic injection molding.

This study, which was theoretically and experimentally performed for

compound contents, was conducted according to molding condition. Various compound contents were also examined for the condition of mold cooling such as rapid cooling system.

Injection speed of 70mm/s showed higher compound contents than 30mm/s and rapid cooling decreased compound contents by 65% of normal cooling.

Compound contents according to change of injection pressure is not much different and rapid cooling decreased compound contents by 22% of normal cooling.

Pigment contents with 1% showed higher compound contents than 0.3% and rapid cooling decreased contents by 49% of normal cooling. Also ABS XG569C polymer showed less compound contents than HG173 polymer.

감사의 글

우선 회사와 학업을 병행하기에는 너무나 부족한 저에게 항상 배려와 용기를 주시고 이 논문을 마칠 수 있도록 지도해 주신 광재섭 교수님께 진심으로 감사드립니다

그리고 바쁜 와중에서도 논문 심사와 가르침을 주신 강대민 교수님, 김태완 교수님과 석사 과정을 무사히 마칠 수 있도록 격려해 주신 많은 직장 선,후배님들께도 감사드립니다

논문 학위 취득에 앞서 인생의 바른 삶이 뭔지도 깨닫는 계기가 된 것 같아 무엇보다도 보람있게 생각하고 감사하는 마음이 앞섭니다.

마지막으로 항상 곁에서 응원해주고 믿어준 아내와 딸에게 고마운 마음을 전합니다.

