

Non-Vinyl Pre-coated Metal 재의 성형성에 관한 연구

김동환*, 김병민**

Formability of Non-Vinyl Pre-coated Metal Sheet

Dong Hwan Kim* and Byung Min Kim**

ABSTRACT

This study has been performed to investigate formability of non-vinyl PCM (pre-coated metal) sheet. First, physical test of PCM sheets were tested to evaluate finish coating characteristic of PCM. And then, test equipment was made for friction test and three non-vinyl PCM sheets were tested by straight pulling method. This paper provides the results of the friction tests showing the influence of sheet surface texture and process conditions. It was found that the influence of contact pressure and speed had an effect upon the level of friction. Also using the tests, the scratch resistance of a series of polyester coating has been investigated. This investigation aims to clarify the process conditions that prevent the scratch of PCM to form the good electrical appliances such as microwave oven, air conditioner and refrigerator etc.

Key Words: Non-Vinyl PCM(무비닐 프리코트), Friction Coefficient(마찰계수), Surface Roughness(표면 거칠기), Scratch(스크래치)

1. 서론

일반적으로 가전제품 외장재의 생산은 가공 후 도장공정이 요구되며, 이로 인해 도장 도료의 환경 공해 유발 및 제조공정의 비용이 증가된다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 PCM(Pre-coated Metal)재를 사용하여 도장공정을 제거하는 방법이 현재 널리 이용되고 있다^[1].

PCM 재란 모재에 도장 또는 필름을 입힌 강판을 말하며, 상처를 방지하기 위해 보호 필름을 입힌 Vinyl PCM 이 주로 사용되어왔다. 그러나 Vinyl PCM 은 환경 공해를 유발하는 Vinyl 을 사용하게 되고, 이를 제거하는 공정이 수반되어야 하므로 Vinyl 사용을 억제하고 재료비 및 비용절감을 꾀

하는 Non-Vinyl PCM 재의 사용이 요구된다. 이에 Non-Vinyl PCM 재의 가공기술 개발이 필요하다.

가전용으로 사용되는 Non-Vinyl PCM 재의 도장 피막 특성으로는 고경도, 내오염성, 내약품성, 내후성, 내식성 등이 용도에 따라 요구되며 성형가공을 전제로 하기 때문에 도장 피막이 강판의 변형에 수반하여 균열이나, 박리 등을 일으키지 않아야 한다. 이러한 요구로 가전용 PCM 재의 도장막으로는 신장률이 큰 폴리에스테르 수지계 도료가 많이 사용된다^[2].

지금까지는 PCM 재의 도장 피막 품질 향상, 디자인의 다양화, 성형성의 향상 등 강판 메이커의 많은 노력이 있었다. 그러나 현장에서는 PCM 재에 대한 이해 부족과 PCM 재가 가지는 높은 스

* 부산대학교 정밀기계공학과 대학원

** 부산대학교 정밀정형 및 금형가공 연구센터

크래치 민감성 때문에 성형 시 뿐만 아니라 핸들링에도 심각한 문제점을 가지고 있다. 또한 도장막이 금형과 직접 접촉하여 성형 되기 때문에 도장막의 마찰특성 연구가 선행되어야 한다. Jakob^[3] 등은 PCM 재의 스크래치 저항성을 알아보기 위한 스크래치 메커니즘을 제안하였고, 그 결과 스크래치 시험 장치에 따라 스크래치 저항성이 달라짐을 보고하였다. Kim^[4] 등은 동일 접촉면압과 인출속도로 Vinyl 및 Non-Vinyl PCM 재에 대한 마찰실험을 수행하고 그 결합형태를 나타내었다.

현재, 국산 Non-Vinyl PCM의 물성과 성형성을 평가하여 이에 따르는 성형공정설계, 금형설계 및 금형제조기술이 확립되어 있는 것은 아니며, Vinyl PCM의 성형용 금형을 개량하여 사용하는 기술수준에 머무르고 있다. 수입한 금형을 이용한 경우에도 국산 Non-Vinyl PCM의 물성과 성형성에 따르는 것이 아니므로 결합 없는 제품을 생산하기가 어려운 실정이다. 따라서 국산 Non-Vinyl PCM 소재 자체의 물성평가 및 성형성에 관한 연구가 수행되어야 한다. 본 논문에서는 PCM 재에 대한 이해를 돕고 이론해석을 위한 데이터를 구축하기 위하여 세 가지 가전용 PCM 재에 대한 물성시험 및 접촉면압과 인출속도에 따른 마찰 실험을 수행하였다. 또한, 이 마찰 메커니즘을 이용하여 PCM 재의 스크래치 저항성에 관하여 고찰하였다.

2. 실험

2.1 실험소재

본 연구에서는 Non-Vinyl PCM 재에 대한 이해를 돕고 이론 해석을 위한 데이터를 구축하기 위

하여 폴리에스테르 도장 처리된 조리기기용 전기 아연도금강판(SE) 2 종(한면도장)과 공조기용 용융 아연도금강판(SG) 1 종(양면도장)의 PCM 재에 대한 실험을 수행하였다. 본 연구에서 사용된 소재의 단면 구성을 Fig. 1에 나타내었고, 소재의 표면특징과 도금층의 두께를 Table 1에 나타내었다.

2.2 가전용 Non-Vinyl PCM 재의 물성시험

Table 1에 본 연구에서 수행한 가전 외관용 소재가 반드시 가져야 할 기본 물성 시험(Physical Test)방법을 나타내었다. 물성 시험은 연필경도시험, 1차 및 2차 에릭센(Erichsen), 굽힘, 충격시험 그리고 내열성, 내습성, 내용제성, 내약품성 시험을 실시하였다.

에릭센 시험 시편은 100x100mm이며 가로, 세로 1mm 간격으로 Cross-Cut하여 100개의 격자를 만든 다음 에릭센 시험기(Yasuda Seiki Co.)를 이용하여 9mm 시험한다. 이 시험편을 테잎 접착한 후 떼어내어 전체 격자 100에 대한 묻어 나오는 격자수로 도막 밀착성을 평가하였다. 벤딩 시험 시편은 70x150mm이며, KSB 0804(금속재료 굴곡시험 방법)에 따르며 시험 온도는 20±5°C에서 구부림 각도는 180°로 하여 도장막을 바깥으로 완전 밀착되게 한다. 굽힘부의 바깥면에서 균열이 생기기 시작하는 안쪽 직경으로 표시하였다. 안쪽직경이 두께와 동일하면 1T이다. 충격 시험 시편은 70x150mm이며 충격시험기(Yasuda Seiki Co.) 하중은 0.5kg, 낙하높이는 50cm, 충격면은 1/2 볼로 하여 표면변화를 관찰하였다. 연필경도 시험편은 70x150mm이며 연필경도 시험기 (Yasuda Seiki Co.), 미쓰비시 UNI 연필을 이용하여 KSG 2603(연필경도 시험)에 따라, 도막면과 45°각도로 전방으로 5회 밀어서 3회이상 흔적이 생기지 않으면 합격으로 하였다.

내용제성 시편은 70x150mm이며 Toluene, Petroleum Benzene을 각각의 표본병에 넣고 이것에 시험편을 60mm 이상 침전 시켜 상온에서 24시간 방치한 후 표면의 색깔 및 광택변화를 관찰하였다. 내약품성시험 시편은 70x150mm이며 Glass Ring(내경 25mm, 높이 30mm)에 5%CH₃COOH, 5%NaOH, 5%H₂SO₄, 5%HCL의 수용액을 준비한다. 시편 위에 Glass Ring을 Waserine 또는 Paraffin Wax 등으로 밀착 봉한 다음 수용액을 Ring의 1/2 정도 높이로 주입하고 수평을 유지 해야 하며 온도는

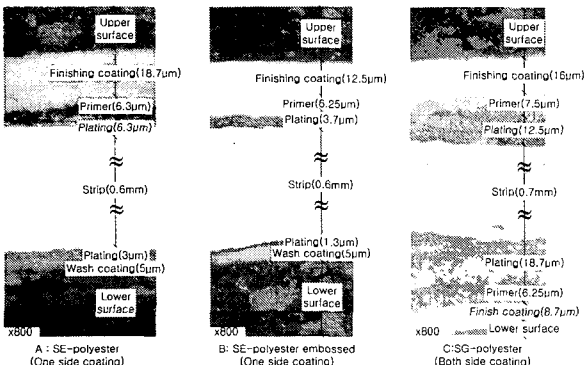


Fig. 1 Composition of Non-Vinyl PCM

Table 1 Physical tests and results of non-vinyl PCM

Test items	Test conditions	References and Results					
		A: Electro Zinc-coated Steel		B: Electro Zinc-coated Steel		C: Hot-dip Zinc-coated Steel	
Pre-coating		SE-Polyester		SE-Polyester		SG-Polyester	
Color and Surface Characteristic		Bright white		White embossed		Dark yellow	
Thickness of Coating	Polishing	Front	Back	Front	Back	Front	Back
		30.3 μ m	8 μ m	26.5 μ m	6.3 μ m	36 μ m	33.7 μ m
Hardness	Pencil Hardness Test	2H		2H		2H	
1 st Property	ERICHSEN	1mm x H100 Cross Cut		100/100		100/100	
	BENDING	10 $^{\circ}$ C x 180 x 1T		-		-	
	IMPACT	1/2 ball x 500g x 50cm		-		-	
2 nd Property	ERICHSEN	1 st test after 100 $^{\circ}$ C		100/100		100/100	
	BENDING	boiling water x 24HR		-		-	
	IMPACT	dipping		-		-	
Heat-Resisting Test	100 $^{\circ}$ C x 3HR	-		-		-	
Moisture-Resisting Test	50 $^{\circ}$ C x RH90 $^{\circ}$ C x 100HR	-		-		-	
Resistance to Solvent	TOLUENE	25 $^{\circ}$ C x 24HR dipping		*Blister		-	
	PETROLEUM BENZENE	25 $^{\circ}$ C x 24HR dipping		-		-	
	5%CH ₃ COOH	25 $^{\circ}$ C x 24HR dipping		-		-	
Resistance to Chemicals	5%NaOH	25 $^{\circ}$ C x 24HR dipping		-		-	
	5%H ₂ SO ₄	25 $^{\circ}$ C x 24HR dipping		*Blister		*Blister	
	5%HCL	25 $^{\circ}$ C x 24HR dipping		-		*Color changed	

*Defect, -Good

20±1 $^{\circ}$ C로 한다. 24 시간 시험 후 Ring 을 제거하고 물로 세척 후 실내에서 건조 시켜 도막상태를 관찰하였다.

2.3 Non-Vinyl PCM 재의 기계적 특성

본 연구에서 사용된 3 종의 가전용 Non-Vinyl PCM 재를 압연방향으로 ASTM E-8 규격의 인장시편을 제작하여 10ton 용량의 Instron 만능 시험기에 의해 10mm/min 의 일정한 속도로 인장실험을 실시하였다. Non-Vinyl PCM 재의 표시두께(T), 평균 표면 거칠기(Ra), 항복응력(YS), 인장강도(TS), 탄성계수(E), 연신율(EL)을 Table 2 에 나타내었다.

2.4 에릭센 시험

에릭센 시험을 수행하여 PCM 재의 성형한계 기준을 마련하였다. PCM 재의 특성상 도장층의 박리, 균열이 일어나는 높이를 성형한계로 규정하였다. 또한 성형깊이에 따른 각 재질의 파단 양상(박리)을 비교하였다.

Table 2 Mechanical property of non-vinyl PCM

PCM	T (mm)	Ra (μ m)	YS (MPa)	TS (MPa)	E (GPa)	EL (%)
A	0.6	0.09	189.3	319.6	69.7	25.13
B	0.6	1.44	204.6	346.8	78.8	25.45
C	0.7	0.29	295.6	420.2	104.7	19.76

시험편은 100x100mm 이며 에릭센 시험기를 이용하여 도장막의 파단 한계와 모재 강판의 파단 한계를 측정하였다.

2.5 마찰실험

판재성형에 있어서, 성형성·성형난이(難易)의 사전평가를 위해 FEM 을 중심으로 한 성형 시뮬레이션이 적극적으로 추진되고 있다. 보다 높은 정도의 실용적인 성형 시뮬레이션으로 마찰특성의 정식적인 표현이 필요하며 마찰특성에 관련한 데이터베이스가 구축되어야 한다. 본 연구에서는 평판마찰실험으로 Non-Vinyl PCM 재의 마찰실험을 수행하였다. 마찰 실험용 금형은 Fig. 2 에 보여지듯이 U.T.M 60ton 프레스에 장착하여 수행하였다. PCM 재는 성형이전에 표면이 도장 처리된 소재이므로 성형 및 핸들링시에 스크래치의 발생이 쉽다.

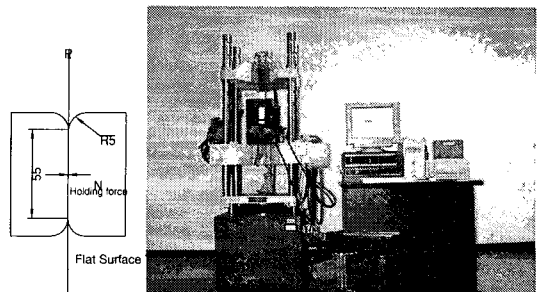


Fig. 2 Sliding test apparatus and dimensions of tools

Table 3 Experimental condition of friction test

Friction mechanism	Straight pulling		
Pulling velocity (mm/min)	60	600	1200
Holding pressure (kgf/cm ²)	20	30	40
Size of specimen (mm ²)	50 x 400		
Die material	SKD11		
Contact area (mm ²)	55 x 50		
Die surface roughness (μm)	0.2		
Lubricant type	No lubricant		

따라서 PCM 재의 인출속도와 접촉면압에 대한 마찰특성 및 스크래치 저항성 그리고 결함발생 형태를 살펴보기 위하여 Table 3 의 조건으로 마찰실험을 수행하였다. 마찰 실험 후 각 공정조건에서 사용된 시편의 광택도를 BYK-Gardner 광택계(Gross Meter 60°)를 이용하여 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 가전용 Non-Vinyl PCM 재 물성시험결과

고 내식성이 요구되는 공조기용 강판은 Fig. 1 (C:SG-polyester) 의 강판 구성에서 알 수 있듯이, 전면 이면이 동일한 양면도장방식으로 제작되었으며 아연도금층이 다른 소재에 비해 두꺼움을 알 수 있다. 에릭센시험, 벤딩시험, 충격시험에는 3종의 Non-Vinyl PCM 재가 시험기준이상으로 결함이 발생되지 않았다(Table 1). Fig. 3 에는 가전 물성시험 결함 형태를 나타내었다. 내용제성 시험결과 A의 경우에 기포(Blister)가 발생되면서 폴리에스테르 도장막이 찌그러졌으며, 내약품성 시험결과 상온에서 5% H₂SO₄ 24 시간 침전 후 A와 C의 경우에서 도장막에 기포가 발생하는 현상이 관찰되었다. 또한 C소재의 경우 5% HCL 24 시간 침전 후 소재 표면이 변색되었다. B 소재는 아무런 결함도 발생되지 않았다.

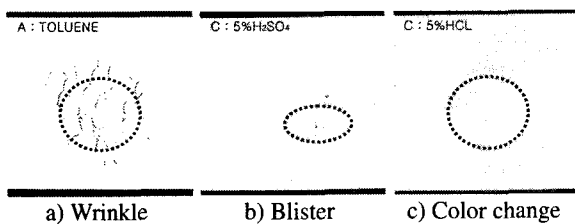


Fig. 3 The defect of physical test



Fig. 4 Fracture in erichsen test-occurring band

Table 4 Stretching limit of erichsen test

PCM	A: SE-Polyester	B: SE-Polyester (Embossed)	C: SG-Polyester
Stretching limit (mm)	7.13	7.51	7.85
Type of fracture	Occurring band (45° direction)		

3.2 에릭센 시험결과

세 가지 Non-Vinyl PCM 재에 대하여 에릭센 시험을 수행한 결과를 Table 4 에 나타내었다. 일반적으로 소재가 파단이 일어나는 높이를 에릭센 시험에서의 성형한계라고 하지만, PCM 재의 특성상 도장층의 박리 또는 균열이 일어나는 높이를 성형한계라 규정하는 것이 적절하다. 따라서 에릭센 시험 도중에 도장층의 박리 또는 균열이 일어나는 시점의 성형한계를 Table 4 에 정리하였다. 모든 소재는 펀치의 45° 방향으로 띠(Band)가 형성되며 도장층이 얇아졌다. 동일 모재를 사용한 A, B 소재를 비교해 보면 B 소재가 도장층의 스트레칭한계가 더 좋음을 알 수 있다. 그리고 양면동일 방식으로 제작된 C 소재 도장막의 성형한계가 가장 좋았다. Fig. 4 는 에릭센 시험에서의 파단 형태를 보여준다.

3.3 마찰실험결과

3.3.1 접촉면압과 인출속도가 마찰에 미치는 영향

Table 3 의 공정조건으로 접촉면압과 인출속도를 달리하여 평면 마찰실험을 수행하였으며, 각 Non-Vinyl PCM 재의 접촉면압과 인출 속도가 마찰에 미치는 영향을 Fig. 5 에 나타내었다.

A(SE-polyester)의 경우 전체적으로 낮은 면압, 20kgf/cm² 에서 마찰 계수가 크고, 중간 수준, 30kgf/cm² 에서 마찰 계수가 작았으며, 40kgf/cm² 의

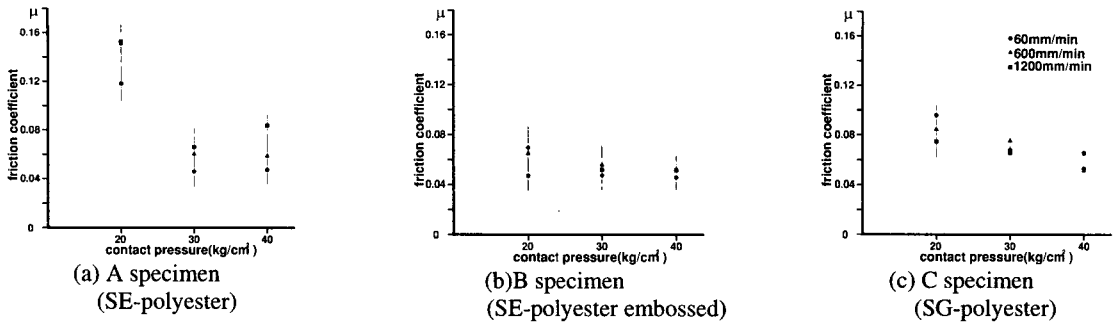


Fig. 5 Effects of normal pressure and sliding speed on friction coefficient

면압에서는 마찰 계수가 다소 상승된 것을 볼 수 있다(Fig. 5(a)). B(SE-polyester embossed)의 경우, 마찰 특성이 속도, 면압에 관계없이 유사하게 나타났으며 낮은 접촉면압에서는 높은 속도, 1200mm/min 에서 마찰 계수가 낮지만, 면압이 높아 질수록 속도에 관계없이 거의 일정한 마찰 계수를 나타내었다. 면압이 30, 40kgf/cm², 속도가 60mm/min 일 때, 마찰은 감소하였으나, 표면에서 엠보싱 면의 미소한 탈락 현상이 관찰되었다. B 소재는 다이 보다 높은 초기 표면 거칠기 값을 가지므로 성형 시 도장막의 탈락이 쉽다. 탈락된 도장막 성분의 윤택 효과로 마찰은 낮아지는 특성을 보였다(Fig. 5(b)). C(SG-polyester)의 경우 속도가 1200mm/min 일 때 면압에 관계없이 마찰은 거의 일정 하였으며, 다른 경우엔 면압이 증가할수록 마찰 계수가 낮아졌다. 속도가 60mm/min 이고 면압이 40kgf/cm²일 때 도장막이 박리 되었고, A, B 소재와 마찬가지로 결합 발생 시 마찰 값이 떨어지는 특성을 보였다(Fig. 5(c)). 본 연구에서 고려한 세 가지 Non-Vinyl PCM 재는 접촉면압이 높을수록 마찰 계수가 낮아지는 특성을 가지지만¹⁵⁾, 40kgf/cm² 보다 크면 박리 등의 결합 발생 위험이 크다. 또한 속도가 60mm/min 일 경우 마찰 계수가 낮아 졌지만, 결합이 발생 가능성이 매우 큰 것으로 나타났다. 본 연구에서 고려한 마찰계수는 도장양면을 측정된 것으로, 정량적인 값은 아니다.

3.3.2 표면거칠기

마찰 실험 후, 각 실험조건에 따라 평균 표면 거칠기(Ra)를 측정하여 Fig. 6 에 나타내었다. 측정 장비는 SJ201 (Mitutoyo Co., 측정길이 8mm)를 이용하여 소재가 다이를 통과하여 빠져 나오는 50mm

지점에서 측정하였다. Fig. 6 의 점선은 각 Non-Vinyl PCM 재의 초기 평균 표면거칠기를 나타낸다.

A 의 경우, 접촉면압이 30, 40kgf/cm² 이고 속도가 60mm/min 일 때 높은 거칠기 값을 가지며, 한 경우 (면압 20kg/cm², 속도 60mm/min) 를 제외하면 동일 면압에서 마찰 계수가 낮을수록 표면 거칠기의 값은 높게 나타났다. B 소재의 경우에는 A 소재와는 반대로 접촉면압이 30, 40kgf/cm² 이고 속도가 60mm/min 일 때 낮은 거칠기 값을 가지며, 이 때 마찰 계수 또한 낮은 수치를 나타내었다. 이것은 다이의 표면 거칠기와 시편의 거칠기 관계에서 살펴볼 수 있다. 즉, 다이 보다 낮은 초기 거칠기를 가지는 A 경우 일정 압력까지는 도장막이 눌러 붙어 거칠기는 감소하고, 일정 이상의 압력에서는 소재의 도장성분이 탈락하게 되며 거칠기는 상승한다. 이 때 미소하게 탈락된 도장성분이 윤택작용을 하게 되어 마찰 계수는 낮아졌다고 생각된다. 다이 보다 초기 거칠기가 높은 B 의 경우, 일정 압력까지 엠보싱된 표면의 거칠기가 상승하지만 압력이 높아 질수록 다이에 엠보싱면이 눌러 붙어 거칠기가 낮아지며 도장막 자체의 윤택효과로 인해 마찰 계수의 변화에는 큰 영향을 미치지 않았다. C 소재의 경우, 마찰과 표면 거칠기의 관계는 A 소재와 마찬가지로 동일 면압에서 마찰 계수가 낮을수록 표면 거칠기의 값은 높게 나타났다.

3.3.3 스크래치 저항성

본 연구에서 고려한 세가지 PCM 재의 동일 금형에 대한 스크래치 특성을 살펴보면, 동일 시험 조건에서 A 소재가 스크래치 발생 및 결합 발생이 가장 심하였고, C 소재는 도장 막 전체가 벗겨지는 결합이 발생되었으나 스크래치의 발생은 적었다.

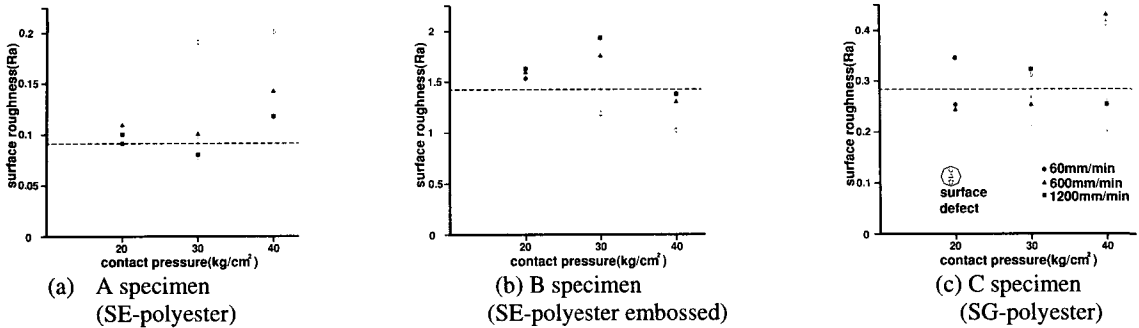


Fig. 6 Effects of pressure and sliding speed on surface roughness (Ra)

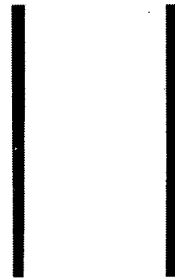
B 소재의 경우 엠보싱된 표면에서 실 스크래치가 발생되었다. 이로써 PCM 재의 스크래치 특성은 다이의 거칠기와 비교해 볼 때, 다이의 거칠기에 비해 낮은 초기 거칠기를 갖는 경우(A)와 높은 거칠기(B)를 갖는 경우에 발생 가능성이 크며, 유사한 거칠기 상태인 경우(C)에서는 스크래치 발생 가능성이 적다는 것을 알 수 있었다. 또한 동일 모재와 동일 도장방식에서는 상도(Finish Coating) 층이 얇은 경우가 스크래치 저항성이 좋을 것임으로 알 수 있었다. 그러나 스크래치 저항성은 도료 자체 특성에 보다 의존하므로 스크래치 저항성을 갖춘 PCM 재의 도료 개발이 우선되어야 하며, 다이의 표면 가공은 소재 거칠기와 유사한 상태로 가공되어야 스크래치 발생을 줄일 수 있다.

3.3.4 결함형태

Fig. 7 에 면압 40kg/cm², 속도 60mm/min 의 조건에서 발생한 상도층의 결함형태를 나타내었다. A 소재와 C 소재의 경우 상도층이 낮은 속도에서 박리 되었다. 표면 결함의 형태를 살펴보면, A, C 의 경우는 면압이 30kg/cm² 과 40kg/cm² 에서 속도가 60mm/min 일 경우에 도장막이 벗겨지는 현상이 나타났으며, B 의 경우는 엠보싱 면이 미소한 탈락 및 변색되는 현상을 보였으나, 도장막이 벗겨지는 현상은 나타나지 않아 도막 밀착성이 우수한 재료임을 알 수 있었다. 이것은 B 소재의 도막 자체의 성분과 표면의 엠보싱 처리 과정에서 모재와의 밀착성이 증가되었다고 생각된다.

3.3.5 광택도

광택도는 마찰실험 후 마찰 평판을 통과한 소재의 20mm ~ 50mm 부근의 광택도를 측정하였으며,



(a) A specimen (b) B specimen (c) C specimen

Fig. 7 Defect in friction test (40kgf/cm², 60mm/min)

Fig. 8 에 접촉면압과 인출속도에 따른 광택의 변화를 나타내었다. Fig. 8 에서 알 수 있듯이, A 소재의 경우 전체적으로 광택도가 떨어졌으며, 특히, 30kgf/cm² 이상의 면압과 600mm/min 속도에서 광택의 변화가 심하였다. 저속범위(60mm/min)에서의 마찰실험결과, A 소재 도장층은 박리가 되었다. 이 경우의 광택도는 도장층과 모재로 인한 광택도를 갖게 되어 광택변화만으로 표면결함을 판단하기는 힘들다. 600mm/min 속도로 마찰실험을 수행한 경우, 박리는 발생하지 않았으나, 도장층이 모재에 눌러 붙는 현상이 나타났으며, 미소하나 표면부에서 검은색으로의 변색을 관찰할 수 있었다. 1200mm/min 속도에서는 표면변화를 관찰 할 수 없었으며, 실험 전, 후 광택도는 거의 일정하였다.

B 소재의 경우 엠보싱된 표면 특성으로 초기에는 표면반사광이 적지만, 금형과의 마찰로 인하여 엠보싱 면이 무너지고 표면의 빛 반사율이 많아 지므로 광택도가 증가하는 현상을 보인다. 이에 광택이 상승하게 됨을 짐작할 수 있다. C 소재의 경우, 접촉면압과 인출속도에 관계없이 거의 일정한 광택도를 유지하였다. 이상의 결과에서 표면의

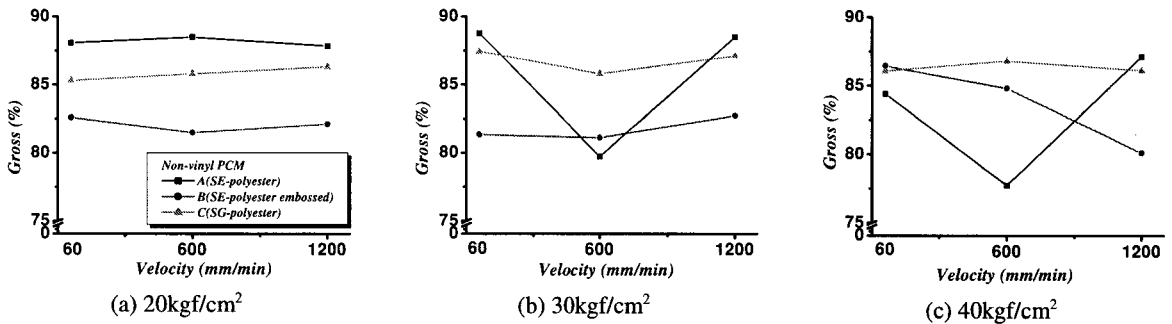


Fig. 8 Gross change of non-vinyl PCM in friction test

미소한 스크래치 변화와 광택도의 상관관계를 나타내기란 어려움이 있음을 알 수 있었다.

성형시 광택도에 영향을 주는 인자로 PCM 소재 특성 관점에서 도장층의 성분, 도장층의 표면상태, 도장층의 두께, 도장층의 경도, 도장층의 마찰저항력 등을 생각할 수 있다. 특히, 비교적 두꺼운 도장층과 평평한 면을 가진 A 소재 경우, 60mm/min 속도 범위에서는 마찰열과 마찰저항력의 증가로 도장층 전체가 박리 되었으며, 600mm/min 속도 범위에서는 상도층이 눌러 붙는 현상을 보였다. C 소재는 박리 등의 결함이 나타났으나, 거의 일정한 광택도를 유지하였다. 따라서 광택변화만으로 도장층의 결함을 판단 하기는 힘들며, 도장층의 미소탈락 및 눌러 붙는 특성이 광택에 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 이상의 결과로 프레스 작업 후, Non-Vinyl PCM 재를 이용한 결함 없는 가전제품의 광택도 향상을 위해서는 성형속도를 향상시키는 것이 유리함을 짐작할 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 가전용 Non-Vinyl PCM 재의 기본 물성시험을 수행하였고, 인출 속도와 접촉면압에 따른 PCM 재의 마찰특성 및 스크래치 저항성에 대해 고찰하였다. 이에 관련하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1)본 연구에서 고려한 3 종의 PCM 재 중, B 소재가 물성시험결과 가전용도로써 우수한 특성을 가졌고,

도막의 밀착성도 우수하였다.

2)PCM 재는 도장막 자체가 윤활 효과를 가지며 접촉면압이 증가할수록 낮은 마찰 계수를 갖는다. 그러나 금형과 도장막의 접촉으로 결합발생이 쉬우며, 특히 낮은 성형속도, 60mm/min 와 접촉면압, 40kgf/cm² 이상에서는 결합 발생 가능성이 크다.

3)동일모재와 동일 도장방식의 경우, 상도층이 얇은 경우가 성형성 및 스크래치 저항성이 좋다.

4)PCM 재용 금형의 표면은 PCM 재와 유사한 상태로 가공되어야만 스크래치 발생을 줄일 수 있다.

향후, Non-Vinyl PCM 재를 이용한 건전한 전기, 전자 제품의 외관재 생산을 위하여 스크래치가 발생되지 않은 금형특성 및 다이 반경과 금형간극에 관한 연구 그리고 도장 성분에 따른 성형성, 스크래치 특성 및 도장층 제조방식에 따른 연구가 수행되어야 할 것이다.

후 기

본 연구는 부산대학교 정밀정형 및 금형가공 연구센터를 통한 한국과학재단 우수 연구센터 지원금에 의한 것입니다.

참고문헌

1. 金井洋, “프리코트 장판,” 프레스 기술, No. 12, pp. 27 ~ 30, 1995.

2. 加藤俊之, “表面處理鋼板 のプレス成形成,” 塑性と加工, Vol. 38, No. 432, pp. 31 ~ 36, 1995.
3. Jakob Lange et al, “Development of scratch tests for pre-painted metal sheet and the influence of paint properties on the scratch resistance,” Journal of Materials Processing Technology, pp. 300 ~ 305, 1998.
4. 김호윤, 최철현, 배원병, “프리코트 메탈의 마찰 특성에 관한 연구,” 한국정밀공학회 춘계학술대회논문집, pp. 1010 ~ 1013, 1999.
5. Akira Azushima and Masatoshi Sato, “Confirmation of Pressure Dependence of Coefficient of Friction by means of Direct Observation of Micro Contact Behaviors at Interface between Tool and Workpiece,” Journal of the JSTP Vol. 38, No. 437, 1997.