

펄프몰드의 국부적 고벌크 구조화 방법 연구

김동성¹, 고성민¹, 성용주^{2†}

접수일(2020년 10월 12일), 수정일(2020년 10월 20일), 채택일(2020년 10월 22일)

Studies on Manufacturing Methods for High-bulk Structure at Local Area of Pulp Mold

Dong Sung Kim¹, Sung Min Go¹, Yong Joo Sung^{2†}

Received October 12, 2020; Received in revised form October 20, 2020; Accepted October 22, 2020

ABSTRACT

In this study, the surface embossing treatment was developed for providing bulkier and more soft surface on the local area of wet pulp mold. The changes in the surface structure of wet pulp mold by the treatment depending on the various process condition were evaluated. A pilot simulator for wet pulp mold manufacturing was used for this study. The surface embossing treatment resulted in the bulkier local structure by increasing the thickness of the area. The effects of the surface treatment were greatly affected by the moisture contents of the wet pulp mold samples, the suction pressure, the size of suction inlet. Although the higher moisture contents and the higher suction pressure resulted in the bulkier surface structure, the possibility of crushing structure was increased. At the proper process conditions, the surface embossing treatment provided the bulkier local structure which led to the increase in the cushioning property and the higher water absorption amount.

Keywords: *Wet pulp mold, Bulk, Pulp mold pilot simulator, surface embossing treatment*

1 충남대학교 농업생명과학대학 환경소재공학과(Department of Biobased Materials, College of Agriculture and Life Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Republic of Korea), Student

2 충남대학교 농업생명과학대학 환경소재공학과(Department of Biobased Materials, College of Agriculture and Life Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Republic of Korea), Professor

† 교신저자(Corresponding Author): E-mail: yosung17@cnu.ac.kr

1. 서론

편의성과 안전성을 선호하는 사회적 흐름을 따라 다양한 부분에서 일회용 제품의 사용은 지속적으로 증가하고 있다. 특히 포장용 및 위생용 제품 등의 경우 1인 가구와 노인인구의 증대, 온라인 쇼핑의 확산 등 다양한 사회적 변화에 따라 일회용품의 적용이 확대되고 있는 추세이다.¹⁾ 대부분의 일회용품의 경우 한번 사용된 이후 폐기되기 때문에 이러한 일회용품의 사용량 증대는 생활폐기물의 증대를 가져오고, 폐기된 일회용품의 처리는 전 세계적으로 심각한 환경문제로 대두되고 있는 상황이다.²⁾ 고분자 합성수지를 원료로 제조되는 여러 부직포 등을 적용하는 일회용 위생용품들과 발포 고분자와 같은 화학원료 기반의 다양한 고분자들을 원료로 제조되는 포장재들은 자연에서 잘 분해되지 않을 뿐만 아니라 서로 다른 특성을 가지는 원료들의 조합으로 제조됨으로 재활용이 어려운 단점이 있다.³⁾ 기존에 각국에서 버려지는 플라스틱 폐기물을 수입하여 재활용해오던 중국이 고체 폐기물의 수입을 전면 금지함에 따라 이러한 난분해성 고분자물질 기반의 폐기물의 처리는 더욱 심각한 문제가 되고 있다. 이에 이러한 문제의 근원적 해결을 위한 생분해성 또는 재활용성이 뛰어난 친환경 소재 기반의 제품들에 대한 개발과 보급이 시급하게 요구되고 있는 상황이다.⁴⁾

천연식물섬유를 사용하여 제조되는 종이는 대표적인 친환경적 소재로서 재활용이 매우 우수할 뿐만 아니라 생분해성이며 환경유해성이 매우 낮아 기존의 고분자 합성수지로 제조된 일회용 제품들을 대체할 수 있는 소재로서 많은 관심의 대상이 되고 있다. 이러한 종이는 원료 및 제조 특성에 따라 고평량, 고벌크의 제품화가 상대적으로 어렵기 때문에 완충포장재 또는 고흡수 패드 등의 제품 등 현재 그 사용량이 지속적으로 증가하고 있는 일회용 제품의 대체재로 활용하는 데 한계가 있다. 이러한 단점을 해결하기 위해 개발된 펄프몰드 제품의 경우 합지방식이 아닌 단일공정을 통해 고평량의 제품생산이 가능한 장점을 가지고 있다. 습식펄프몰드는 몰드(mold) 형태에 따라 특정형태의 제품의 대량생산이 가능할 뿐만 아니라 종이 제조공정과는 달리 압착탈수 공정이 없어 고평량과 고벌크의 특성을 가지는 일회용 제품을 생산할 수 있다. 현재 주로 완충포장용으로 적용되는 습식펄프몰드의 활용성 증대를 위한 다양한 연구가 지속적으로 이루어져 왔는데 펄프기반원료 대체 비목질 원료의 적

용,^{5,6)} 원료 배합비율에 의한 영향,^{7,8)} 기능성 첨가제 적용 연구,⁹⁾ 코팅에 의한 표면개질처리 연구,^{10,11)} 공정조건에 따른 탈수성 향상¹²⁾ 및 건조효율변화^{13,14)} 등의 연구들이 수행된 바 있다.

이러한 펄프몰드는 주원료인 식물섬유의 수소결합으로 통한 구조성으로 제조됨에 따라 건조된 펄프몰드의 표면이 강직화되는 특성을 가지고 있어 고급 완충포장소재 또는 위생용 흡수패드와 같은 일회용 제품의 대체하기 위해서는 표면을 부드럽게 할 수 있는 기술이 수반되어야 한다. 화장지, 티슈 등 위생용지 제조 시 적용되는 크래핑(creping)과 엠보싱(embossing) 등의 공정은 목재섬유의 수소결합에 의한 강직성을 최소화하고 표면에 부드러운 특성을 부여하기 위한 대표적인 공정이나 평량이 높은 습식 펄프몰드의 경우에는 적용이 이러한 공정의 적용이 매우 어렵다.

따라서 본 연구에서는 친환경적이고 고벌크, 고평량의 구조로 일회용 제품으로 활용성이 우수한 습식펄프몰드 제품의 표면구조를 국부적으로 벌크특성을 향상시킴으로써, 표면구조의 소프트성, 수분흡수성이 향상된 펄프몰드 제품을 생산할 수 있는 기반기술을 확보하고자 하였다.

2. 실험 및 방법

2.1 공시재료

본 연구에서는 식품포장용 소재 등의 적용을 위한 고급 펄프몰드제품에 일반적으로 활용되는 활엽수 표백 크라프트 펄프(hardwood bleached kraft pulp, HwBKP)를 실험실용 밸리비터(valley beater)로 해리하여 사용하였다. 밸리비터로 해리한 시료의 여수도는 CSF 635±5 mL였다.

2.2 습식펄프몰드 제조 및 표면 양각화 방법

2.2.1 습식펄프몰드 제조

습식펄프몰드 시험편 제조는 실제 습식펄프몰드 제조 공정을 모사할 수 있는 실험실용 성형기를 사용하여 평량 300 g/m²의 습식펄프몰드 시험편을 제조하였다.⁸⁾ 지료탱크에 농도 0.5%의 농도로 조절한 지료를 투입하고 진공압을 0.06 MPa로 설정하고 3초간 진공성형하여 습지필을 형성한 후 성형탱크 바깥쪽으로 성형기를 이동시

켜 동일 진공압으로 20초가 진공탈수를 실시하였다. 이후 수조지 제작용 18 kg 롤러를 사용하여 성형펄프몰드 와이어 반대쪽 면을 쿠칭하고 성형몰드 위에 만들어진 시편을 원형 틀로 고정할 수 160℃에서 열풍건조하여 시편을 제조하였다.

2.2.2 표면 양각화 처리 방법

펄프몰드 시편의 표면구조 개질을 위한 방법으로 표면 구조의 양각화 처리를 실시하였다. 이를 위해 펄프몰드 시험편 성형 후 건조를 실시하기 전 펄프몰드 습지의 표면에 일정 정도의 진공압을 적용하여 국부적 진공흡입을 통한 표면 양각화 처리를 진행하였다(Fig.1). 표면 양각화를 위한 진공흡입구의 직경 크기를 0.5, 1.0, 2.0 cm 로 각각 적용하였고, 0.02, 0.04, 0.06 MPa의 각각의 진공압으로 1초간 습지필 표면을 진공 흡입하여 표면 양각화를 실시함으로써 표면 양각화 최적 처리조건을 구명하고자 하였다. 양각화 처리 이후 처리된 펄프몰드 습지 필을 건조기로 이송하여 160℃에서 열풍건조하여 시편을 제조하였다.

2.3 펄프몰드 특성 평가

2.3.1 구조적 특성 평가

제조된 각각의 펄프몰드 시료는 KS M ISO187에 의거하여 온도 23±1℃, 상대습도 50±2%의 조건에서 최소 24시간 동안 조습처리하였으며, 조습처리 이후 평량은 KS M ISO 536에, 벌크는 KS M ISO 534에 의거하여 측정하였다. 펄프몰드 시편의 표면 양각화 내부 구조를 확인하기 위해 전자사주현미경(field emission scanning electron microscope, FE SEM, Philips XL30 ESEM TMP, Netherlands)을 이용하여 관찰하였다

2.3.2 표면 양각화 처리 특성 평가

펄프몰드 성형 후 습지필에 표면 양각화 처리를 실시하

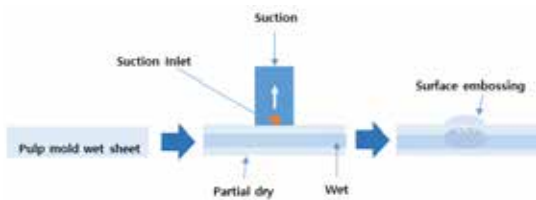


Fig. 1. Schematic diagram of surface embossing treatment for pulp mold.

는 경우 Table 1에서 나타낸 바와 같이 총 4가지 현상이 나타나게 된다. 섬유상 원료 간 결합력이 충분하지 않은 상태에서 과도한 흡입 압력을 가하는 경우 섬유가 뽑혀나오고 내부구조가 터지거나 뜯기면서 펄프몰드의 구조가 파괴되는 현상이 나타나고, 흡입 압력에 의하여 표면(상부면)에 양각이 발생과 함께 펄프몰드 하부면이 함께 들어가는 음각현상이 발생하여 양각과 음각이 동시에 형성되는 전체 구조의 변형이 나타나는 현상, 적절한 섬유 간 결합력이 확보된 상태에서 표면 양각화를 실시함에 따라 양각 처리 반대면에 음각이 발생하지 않거나 최소화하여 표면에서 양각구조가 발생하는 현상, 섬유 간 결합력이 강하게 형성되어 펄프몰드에 표면 양각화 처리를 진행하여도 펄프몰드 시편의 표면구조 변화가 나타나지 않는 현상으로 나타나게 됨에 따라 적절한 표면 양각화 조건의 도출을 위한 적정 표면양각화 처리조건 도출을 위한 조건별 특성평가를 진행하였다.

본 연구에서는 펄프몰드 습지필에서 구조의 터짐이 없는 상태가 표면 양각화가 형성될 수 있도록 다양한 양각화 조건별 영향을 평가하고 표면 양각화된 부분에 대한 구조적 특성을 정량적으로 평가하기 위하여 Fig. 2에서 도식적으로 나타낸 것과 같이 양각화 구조의 특성을 평가하였다.

2.3.3 흡수량 평가

펄프몰드의 표면구조 변화에 따른 펄프몰드 수분흡수량(water absorption amount)은 각각의 시험편을 1cm×1cm

Table 1. Schematic diagram of the structure of the pulp mold after surface embossing treatment

Property of structure	Schematic diagram
1 Untreated	
2 Crushing structure	
3 Embossing and concave structure	
4 surface embossing structure	
5 No effect	

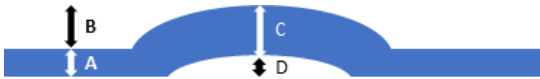


Fig. 2. Schematic diagram of the pulp mold after surface embossing treatment, (A: Untreated pulp mold thickness, B: Embossed height, C: bulking thickness, D: Engraving depth)

크기로 제조하고 증류수에 일정시간 동안 침지시켜 포화시킨 후 증류수를 제거하여 최대 수분흡수량을 평가하였다.

$$\text{Water absorption amount (\%)} = \frac{\text{Wet sample (g)} - \text{Sample (g)}}{\text{Sample (g)}} * 100$$

2.3.4 완충성 평가

펄프몰드 표면 양각화를 통한 완충성 강화효과를 평가하기 위하여 각각의 펄프몰드 시편에 쇠구슬을 자유낙하시켜 쇠구슬이 시편으로부터 튀어오르는 높이의 변화를 비교 평가하였다. 본 평가에 적용한 쇠구슬은 직경 20.62 mm, 무게 35.87 g의 쇠구슬을 적용하였으며, 70 cm 높이에서 자유 낙하시켜 다시 튀는 높이를 각각 평가하였다. 쇠구슬 낙하 후 다시 튀어오르는 높이가 낮을수록 완충효과가 높은 것을 나타내며, 이에 표준 바닥면에서의 다시 튀는 높이와 비교하여 감소율을 %로 나타내어 완충성을 비교평가 하였다.

$$\text{Cushioning property (\%)} = \frac{\text{Control height (cm)} - \text{Height on sample (cm)}}{\text{Control height (cm)}} * 100$$

3. 결과 및 고찰

3.1 진공압력 조건에 의한 표면 양각화 처리 특성 평가

진공압력 조건에 의한 펄프몰드 지필의 표면 양각화 처리 특성을 Table 2에 나타내었다. 표면 양각화 처리는 약 50%의 수분함량을 포함하는 지필을 1.0 cm의 흡입구경을 이용하여 0.02, 0.04, 0.06 MPa의 진공압력으로 표면 처리를 진행하였다. 0.02, 0.04 MPa의 진공압력을 적용한 표면 양각화 처리에서는 펄프몰드 지필 표면에 양각이 발생하는 것을 확인할 수 있었지만, 진공압력이 0.06 MPa를 적용하는 경우에는 지필이 진공압력에 의한 힘을 버티지 못하고 터짐이 발생하는 것을 확인할 수 있었다.

표면 양각화 처리에 따른 표면구조의 변화를 평가하여 Table 3에 나타내었다. 진공압력이 0.02 MPa에서 0.04 MPa로 높아질수록, 펄프몰드 지필에 형성된 양각의 높이가 0.20 cm에서 0.70 cm로 약 3배 이상 높아지지만, 실질적인 벌크 상승은 4.93 cm²/g에서 5.03 cm²/g으로 약 2%의 상승에 그치는 것은, 양각의 반대 면에 지필 흡입으로 인한 음각이 발생하면서, 양각의 높이에 비해 실질적인 벌크 상승은 크지 않는 것으로 판단되었다.

Table 2. Effects of suction vacuum pressure on the surface embossing treatment (Inlet diameter: 1.0 cm)



	0.04 MPa	0.06 MPa
		

Table 3. Characteristics of pulp mold surface structure after surface embossing treatment depending on the vacuum pressure (Inlet diameter: 1.0 cm, moisture content of wet pulp mold samples: 50 %)

	Suction vacuum pressure (-MPa)	Embossing thickness part (A+B) (cm)	Embossing height (B) (cm)	Thickness of concave height (D) (cm)	Increasing thickness (B-D) (cm)	Embossing thickness (C) (cm)	Bulk of embossing thickness (cm ² /g)	
1	0.02	1.78	0.20	0.18	0.02	1.60	4.93	
2	0.04	2.28	0.70	0.64	0.06	1.64	5.03	
3	0.06	crushed structure						
Control	-	-	-	-	-	1.58	4.86	

3.2 펄프몰드 습지필의 함수량에 따른 표면 양각화 처리 특성 평가

3.2.1 펄프몰드 습지필의 함수량 변화에 따른 표면 양각화 처리 특성 평가

펄프몰드 성형 후 습지필의 함수량에 따른 표면 양각화 처리를 실시하였으며, 이때 처리 조건은 1.0 cm의 흡입구를 사용하고 0.04 MPa의 진공압력을 적용하여 1초간 진공 흡입처리를 실시하고, 그 결과를 Fig. 3에 나타냈다. 지필의 수분함량은 펄프몰드 시편의 건조조건과 동일한 160℃의 열풍 조건에서 일정시간동안 처리하면서 수분함량을 조절하였다. Fig. 3에 나타난 바와 같이 펄프몰드 지필의 수분이 약 60% 이상인 고함수율의 조건에서는 진공흡입처리에 의하여 터짐이 발생하였으나, 지필의 수분함량이 약 60% 이하일 때부터 지필에 터짐이 발생하지 않고 양각이 형성되었으며, 지필의 수분이 감소할수록 양각 높이가 낮아지면서 음각 깊이도 감소하다가, 수분함량이 약 44%일 때, 음각 현상이 발생하지 않는 것이 확인되었다. 지필의 수분함량이 약 60~44% 이내에서 표면 양각화 처리된 펄프몰드 시편의 벌크는 유사한 수준을 나타내었다. 펄프몰드 지필의 수분함량이 약 38% 일 때, 표면 양각화 처리 시 양각의 높이가 0.04 cm로 지필 수분함량이 44%일 때 0.18 cm의 양각 높이보다 크게 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 지필의 수분이 감소하면서 섬유와 섬유 간의 수소결합이 발생하여 섬유 간 결합력이 증가함에 따라 진공압력에 의한 양각화되는 정도가 감소하는 것으로 판단된다.

Table 4는 함수량에 따른 양각처리 된 지필의 구조 변화를 나타내었는데, 무처리 펄프몰드 시험편과 비교 시 표면 양각화 처리에 의해 펄프몰드 벌크가 4.86 cm³/g에서 5.48 cm³/g로 약 12%의 벌크 상승효과가 나타나는 것을 볼 수 있다. 이러한 양각처리에 의한 습지필 구조의 변화는 양각처리효과가 펄프몰드를 형성하는 섬유 원료의 종류, 평량, 두께, 흡입조건 등의 펄프 몰드 제조 조건과 함께 양각처리 시 습지필의 함수량을 고려한다면 최적 공정조건을 도출하는 기반 자료로서 활용할 수 있을 것으로 판단되었다.

3.2.2 표면 양각화 처리에 의한 펄프몰드 시편의 내부구조 변화

표면 양각화 처리된 펄프몰드 시편의 내부구조 변화를

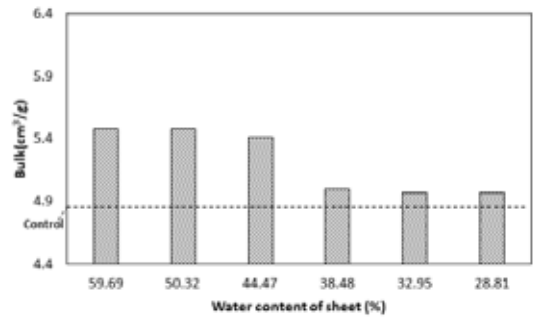


Fig. 3. Changes in the bulk by the surface embossing treatment depending on the moisture content of pulp mold samples (Inlet diameter: 1.0 cm).

Table 4. Changes in the surface structure by the surface embossing treatment depending on the moisture content of pulp mold samples

	Moisture contents of Sample sheet (%)	Embossing thickness part (A+B) (cm)	Embossing height (B) (cm)	Thickness of concave height (D) (cm)	Increasing thickness (B-D) (cm)	Embossing thickness (C) (cm)	Bulk of embossing thickness (cm ³ /g)
1	63.42						Crushed structure
2	59.69	2.01	0.43	0.23	0.20	1.78	5.48
3	50.32	1.92	0.34	0.14	0.20	1.78	5.48
4	44.47	1.76	0.18	0	0.18	1.76	5.41
5	38.48	1.62	0.04	0	0.04	1.62	5.00
6	32.95	1.61	0.03	0	0.03	1.61	4.97
7	28.81	1.61	0.03	0	0.03	1.61	4.97
Control						1.58	4.86

평가하기 위하여 전자현미경을 이용하여 무처리 Control 시편과, Table 4에서 4번 조건의 각각의 펄프몰드 시편 단면 분석을 실시하였다. Table 5에서 나타난 바와 같이, 미처리 펄프몰드 시편의 경우에는 섬유들이 일정하게 구성된 조밀한 구조를 형성하고 있지만, 표면 양각화 처리 펄프몰드 시편에서는 구조 내부에서 섬유 간 결합이 느슨해지며 공극이 형성되어 있는 것을 확인할 수 있었다. 이는 진공흡입에 의하여 표면 지필에 양각이 발생함과 동시에 양각 구조 내부에서의 섬유들의 간격이 벌어지며 공극이 형성되는 것을 나타난 결과로 판단된다.

3.3 진공 흡입구 크기에 따른 펄프몰드 지필의 표면 양각화 처리 특성 평가

펄프몰드 지필 표면처리를 위한 진공 흡입구 크기에 의한 표면 양각화 처리 특성을 확인하기 위하여 0.5 cm의 흡입구를 이용, 진공압력 0.04 MPa, 진공흡입시간을 1 초로 하여 표면 양각화 처리를 실시한 결과를 Fig. 4 및 Table 6에 나타내었다. 펄프몰드 지필에 표면 양각화 처리 시 양각의 높이는 지필 수분 함량이 62%일 때에는 터짐현상이 발생하였고, 지필 수분함량이 약 55%일 때는

터짐 발생 없이 양각의 높이가 0.34 cm, 실질 두께가 0.09 cm 증가하는 것으로 나타났다. 지필 수분함량이 약 47%일 때, 실질적인 두께 상승이 0.11 cm로 가장 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

흡입구의 구경 차이에 의한 벌크화 정도를 Fig. 5에 나타내었다. 흡입구의 크기가 1.0 cm에서 표면 양각화 처리 시 벌크가 최대 5.48 cm³/g로 흡입구의 크기가

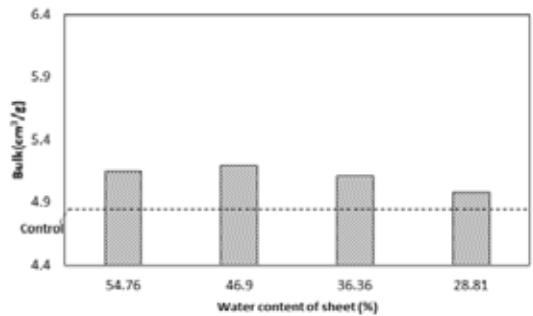


Fig. 4. Changes in the bulk by the surface embossing treatment depending on the moisture content of pulp mold samples (Inlet diameter: 0.5 cm).

Table 5. Changes in the pulp mold internal structure by surface embossing treatment

	Control	Surface embossing treatment
Digital camera image		
SEM image		

Table 6. Changes in the surface structure by the surface embossing treatment depending on the moisture content of pulp mold samples (Inlet diameter: 0.5 cm)

	Moisture contents of Sample sheet (%)	Embossing thickness part (A+B) (cm)	Embossing height (B) (cm)	Thickness of concave (D) (cm)	Increasing thickness (B-D) (cm)	Embossing thickness (C) (cm)	Bulk of embossing thickness (cm ² /g)
1	62.17						crushed structure
2	54.76	1.92	0.34	0.25	0.09	1.67	5.15
3	46.90	1.92	0.34	0.23	0.11	1.69	5.20
4	36.36	1.66	0.08	0	0.08	1.66	5.11
5	28.81	1.62	0.04	0	0.04	1.62	4.98
Control						1.58	4.86

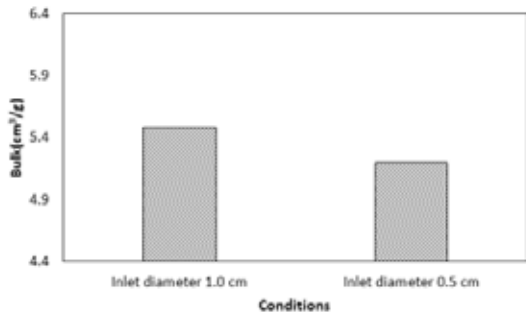


Fig. 5. Changes in bulk property of pulp mold by suction inlet diameter.

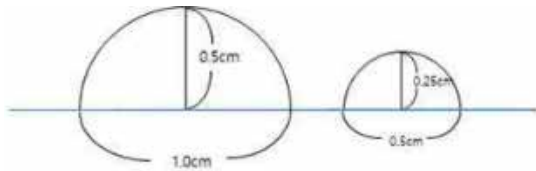


Fig. 6. Maximum embossing height depending on the suction inlet port diameter.

0.5 cm일 때의 벌크 5.20 cm³/g에 비해 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

이는 흡입구경의 차이에 의한 양각의 최대 상승 가능 높이가 정해지는데, Fig. 6에서 나타난 바와 같이 흡입구경이 1.0 cm인 경우에는 0.5 cm의 흡입 구경에 비해 상승할 수 있는 높이가 음각에 의한 영향을 제외하였을 때, 2배의 차이가 발생하며, 이로 인하여 흡입구경이 커질수록 벌크상승폭이 흡입구경 1.0 cm에서 벌크 상승폭은 약 12%, 흡입구경 0.5 cm 에서의 약 7%의 벌크 상승폭을 보이는 것으로 판단되었다.

하지만 Table 7에서 보여지는 것과 같이 동일한 조건

에서 처리 시 흡입구 직경이 2.0 cm와 같이 커지는 경우에는 음각의 형성이 크게 발생하여 실질적인 벌크 상승은 높지 않은 것을 확인할 수 있었다. 표면 양각화 처리에 의한 적절한 벌크 상승을 유도하기 위해서는 적정 흡입구 직경을 적용하고 이에 따른 진공압력, 지필의 수분함량의 적정 적용조건의 적용이 필요할 것으로 판단되었다.

3.4 표면 양각화 처리에 의한 펄프몰드 특성 평가

3.4.1 흡입구 형태에 따른 국부적 양각 구조화

진공 흡입 시 흡입구의 형태를 다르게 하여 적용함으로써 다양한 형태의 양각구조 발현성을 평가하기 위하여 펄프몰드 지필의 수분함량을 약 50%로 조절, 진공압력 0.04 MPa, 진공 흡입 시간은 1초로 적용하고, 흡입구의 형태를 원형, 사각형, 육각형을 이용, 흡입구경을 최대 1 cm 이내의 조건에서 각각 처리한 후 이에 따라 생성되는 양각 구조의 형태를 Table 8에 나타내었다.

진공 흡입 시 흡입구의 형태를 조절함에 따라 다양한 형태를 가지는 표면 양각 구조를 제조할 수 있는 것을 확인할 수 있었고, 이를 통해 제품의 상품적, 기능적 가치를 증대시키기 위한 다양한 형태와 패턴의 양각을 진공 흡입 방식으로 제조할 수 있음을 확인할 수 있었다.

3.4.2 표면 양각화 처리에 의한 펄프몰드 수분흡수량 변화

펄프몰드 지필의 표면 양각화 처리를 실시한 펄프몰드 시험편의 수분흡수량 변화를 평가하여 Table 9에 나타내었다. 표면 양각화 처리된 펄프몰드의 수분흡수량은

537%, 무처리 펄프몰드의 수분흡수량은 499%로 표면 양각화 처리에 의한 수분흡수량이 증가하는 것을 확인할 수 있는데, 이는 양각화에 의해 펄프몰드 내부에 공극이 형성되고, 벌크가 증가되어 나타나는 효과로 판단되었다.

을 증가시키에 따라 펄프몰드의 완충성을 크게 증가시키는 것을 확인할 수 있었다.

3.4.3 표면 양각화 처리에 의한 완충성 평가

펄프몰드 지필의 표면 양각화 처리를 실시한 펄프몰드 시험편의 완충성 변화를 평가하여 Table 10에 나타내었다. 표준 바닥면을 기준으로 평가한 결과 무처리 펄프몰드에서와 표면 양각화 처리 펄프몰드의 완충성은 각각 11.1%와 29.4%의 완충성을 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 이를 통해 표면 양각화 처리는 벌크와 내부 공극성

4. 결론

습식펄프몰드의 생산시 표면구조의 고벌크화를 통한 완충성과 수분흡수성 강화를 위한 방안으로 펄프몰드 습지필에 표면 양각화 처리를 실시하고 이에 따른 펄프몰드의 특성변화를 평가하였다. 펄프몰드 표면의 국부적인 표면구조를 변화시킬 수 있는 표면 양각화 처리는 표면 양각화 처리 시 사용되는 흡입압력, 지필의 수분, 흡입구

Table 7. Change in pulp mold structure depending on the diameter of suction inlet port

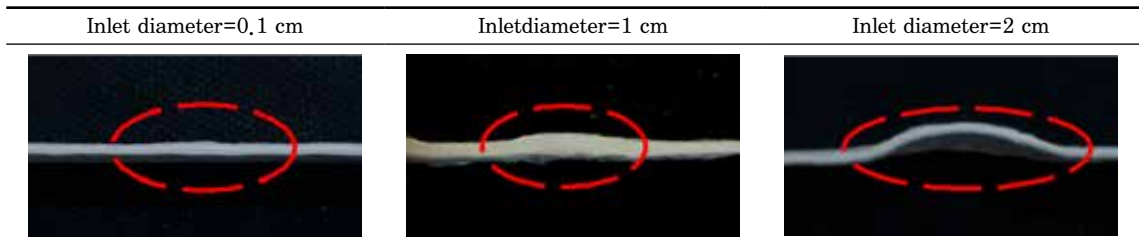


Table 8. Change in the shape of embossing surface structure depending on the shape of suction inlet port

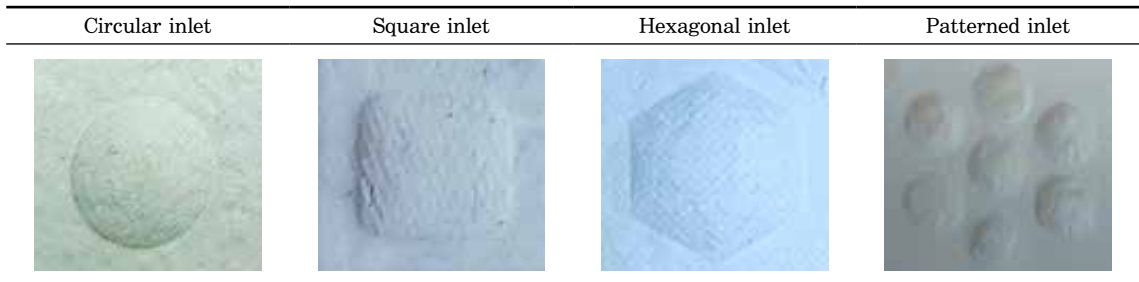


Table 9. The water absorption amount of the pulp mold samples depending on the surface embossing treatment

Conditions	Water absorption amount (%)
1 Control pulp mold	499
Surface embossed treatment pulp mold	
2 (Inlet port diameter: 1.0 cm, Suction pressure: 0.04 MPa, Suction time: 1 sec)	537

Table 10. Changes in the cushioning properties of the pulp mold samples depending on the surface embossed treatment

Conditions	Water absorption amount (%)
1 Control pulp mold	11.1
Surface embossed treatment pulp mold	
2 (Inlet port diameter: 1.0 cm, Suction pressure: 0.04 MPa, Suction time: 1 sec)	29.4

경 크기에 의하여 영향을 받는 것을 확인할 수 있었고, 표면 양각화 처리에 의하여 내부구조에서 섬유 간 벌어짐이 증가하고 내부공극이 커지면서 벌크가 상승하는 효과를 확인할 수 있었다. 표면 양각화 처리 시 진공흡입압력이 높은 경우 구조의 터짐이 발생하였고, 제한적인 압력에서도 지필의 수분함량에 의하여 표면 양각화 처리의 효과가 다르게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 이를 통해 양각 처리 효과를 극대화하기 위해서는 적절한 지필의 수분함량의 조건을 확보하는 것이 필수적인 것을 확인할 수 있었다. 표면 양각화 처리 시 흡입구경이 커질수록 지필의 표면에서 상승할 수 있는 높이가 범위가 커지기 때문에, 흡입구경이 커질수록 벌크가 상승하지만 일정 크기이상의 구경을 적용하는 경우 음각의 크기도 함께 증가하면서 실질적인 벌크의 상승폭은 미미한 것을 확인할 수 있었다. 표면 양각화 처리는 펄프몰드 구조 자체를 벌크화시키기 때문에, 수분흡수량과 완충성에도 도움을 주는 것을 확인할 수 있었고, 이러한 결과를 바탕으로 습식펄프몰드 제품의 국부적 벌크화 및 완충성 강화를 통해 다양한 소재로 활용이 가능할 것으로 판단되었다.

사 사

본 연구는 산림청(한국임업진흥원) 산림과학기술 연구개발사업 ‘(FTIS 2018115A00 - 2020-AB01)’의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

Literature Cited

- Han, J., Decomposition Analysis on Non-Recycled Plastics in Domestic Residential Wastes, *Journal of Environmental Policy and Administration* 28(2):70-100 (2020).
- You, Y. S., Oh, Y. S., Hong, S. H., and Choi, S. W., International trends in development, commercialization and market of bio-plastics, *Clean technology* 21(3):141-152 (2015).
- Ko, E., S. W., Lee, H., Kang, W., Shin, J., Kwon, O., and Kim, J., The current status of recycling process and problems of recycling according to the packaging waste of Korea., *Korean journal of packaging science & technology* 24(2):65-71 (2018).
- Kim, H. W., Um, N. I., Kim, W. I., Lee, Y. K., and Kim, K. H., Causes and countermeasures on the rejection of household plastic wastes collection, *J. Korea Soc. Waste Manag.* 36(4):346-353 (2019).
- Curling, S. F., Laflin, N., Davies, G. M., Ormondroyd, G. A., and Elias, R. M., Feasibility of using straw in a strong, thin, pulp moulded packaging material, *Industrial Crops and Products* 97:395-400 (2017).
- Kim, D. S. and Sung, Y. J., Manufacturing functional pulp mold with citrus pomace, *Journal of Korea TAPPI* 52(3):58-66 (2020).
- Park, I. S., Kim, J. N., Kim, D. Y., and Lee, Y. S., Effects of mixing ratio of ONP and OCC on physical properties of pulp molds for cushion packaging materials, *Journal of Korea TAPPI* 40(1):47-54 (2008).
- Sung, Y. J., Kim, D. S., Lee, J. Y., Baek, M. S., and Lee, J. Y., Study of the Changes in the Structure and the Water Absorption Properties by the Pulp Mixing Ratio, *Journal of Korea TAPPI* 50(5):141-151 (2018).
- Sung, Y. J., Kim, H. M., Kim, D. S., and Lee, J. Y., Evaluation of water resistance properties of pulp mold depending on the types of raw materials and the additives, *Journal of Korea TAPPI* 47(5):112-119 (2015).
- Kim, H. M., Sung, Y. J., Park, Y. S., and Shin, J. C., Manufacturing and characterization of pulp mold with rice husk fiber, *Journal of Korea TAPPI* 36(3):83-90 (2004).
- Kang, J. H. and Lim, H. A., Development of higher functional coating agents for pulp mold (I) - Investigation of functions synthetic and natural coating agents -, *Journal of Korea TAPPI* 34(4):37-43 (2002).
- Sung, Y. J., Ryu, J. Y., Kim, H. J., Kim, T. K.,

- and Song, B. K., Improvement of drainage at wet pulp mold process, *Journal of Korea TAPPI* 36(3):52-59 (2004).
13. Sung, Y. J., Kim, D. S., Choi, G. S., Go, S. M., Lee, Y. J., Kim, S. H., and Lee, J. Y., Evaluation of Drying Efficiency Depending on the Conditions of Wet Pulp Mold Manufacturing Process, *Journal of Korea TAPPI* 51(6):84-90 (2019).
14. Sung, Y. J., Ryu, J. Y., Kim, H. J., Kim, T. K., and Song, B. K., Optimization of wet pulp mold process and reduction of drying energy, *Journal of Korea TAPPI* 36(3):83-90 (2004).