

## 고지배합비율에 따른 펄프몰드 물성 변화 연구

박인식, 김재능<sup>1)</sup>, 김대용<sup>2)</sup>

### Mechanical Characteristics for Pulp Molds Made of ONP and OCC with Different Mixing Ratio

Insik Park, Jaenung Kim<sup>1)</sup>, Daeyong Kim<sup>2)</sup>

#### ABSTRACT

As the demands of environment protection increase, the pulp mold container is developed to substitute for the plastic cushion materials like EPS(expanded poly styrene). The water-absorbing ratio, tensile strength and compressive strength of pulp mold are important factors to evaluate its shock absorbing characteristics.

The study was performed to investigate the effects of the mechanical property changes on the various conditions of temperature and relative humidity for pulp mold containers made of mixed materials on ONP(old newspaper) and OCC(old corrugated container). This study also is evaluated the optimized mixing ratio of materials for making pulp mold by analyzing the changes of physical properties according to a various precured temperature and relative humidity conditions. The results show that the water absorption ratio of sample increased significantly, and tensile strength decreased 20~30%, compressive strength decreased 10~20% by increasing relative humidity condition. And the results show that the ONP 50% and OCC 50% was optimized mixing ratio according to the samples.

Key words: pulp mold, packaging, cushion, mixing ratio, tensile strength

- 본 연구는 2006년 중소기업청 주관의 산학연 컨소시엄 연구사업의 지원으로 수행되었음.
- 경북과학대학 패키징매니지먼트 (Dept. of Packaging Management, Kyungbuk College of Science, Gyungbuk, 159, Korea)
- 1) 연세대학교 패키징학과 (Dept. of Packaging, Yonsei University, Wonju, Korea)
- 2) 경북신기술포장연구센터 (Gyungbuk Packaging Research Center, Gyungbuk, 159, Korea)
- 주저자(Corresponding Author) E-mail: [ispark@kbcs.ac.kr](mailto:ispark@kbcs.ac.kr)

## 1. 서론

전자제품은 포장과 유통단계에서의 파손 발생을 최소화하기 위하여 외부 포장재 내부에 완충 성능이 우수한 완충재(shock absorbing material)를 사용하였는, 기존에는 EPS(expanded poly styrene: 발포스티로폼), EPE(expanded polyethylene: 발포폴리에틸렌) 및 EPP(expanded polypropylene: 발포폴리프로필렌)과 같은 합성수지 소재가 사용되어 왔다. 합성수지 완충포장재는 제조가격이 저렴하면서도 제품을 보호하는 완충성이 우수한 소재로 전기 전자제품에 널리 사용되어 왔다.

하지만 국내외적으로 환경에 대한 관심이 높아짐에 따라 국내에서는 “합성수지 재질로 된 포장재의 연차별 줄이기 기준의 이행여부 확인 및 줄이기 방법 등에 관한 규정(환경부고시2003-91호)”로 EPS 재질 사용을 규제하고 있다. 규정에 따르면, 2006년까지는 포장용적 20,000 cm<sup>3</sup>이하, 2007년 30,000cm<sup>3</sup>, 그리고 2008년 이후는 40,000cm<sup>3</sup>이하의 가전제품에 발포스티로폼 이외의 완충 포장재를 사용하도록 되어 있다. 완충포장재로서 펄프몰드 전자제품에 대한 EPS를 대체 할 수 있는 재질로서 주목되어 펄프몰드 제조공법에 대한 연구(성용주등, 2004), 재료물성에 대한 연구(이영민등, 2006)등의 많은 연구 결과가 보고 되었다. 또한 친환경적인 포장재의 제조물성 특성에 대한 연구로 펄프몰드 제조공정에서의 탈수성 향상(김형진등, 2004), 제품에 대한 기계적 특성(윤혜정등, 2006)에 대한 연구가 이루어 졌으나, 전자제품의 완충포장재로 이미 적용하고 있는 건식 펄프몰드의 포장재 적용에 대한 물성연구는 전무한 실정이다.

완충용 건식 펄프몰드의 주요원료로는 신문고지(ONP: old newspaper)와 골판지고지(OCC: old corrugated container)를 혼합하여 사용하고 있으며, 제조방법에 따라 진공 및 프레스 방식인 습식펄프몰드와 진공에 의한 건식펄프몰드로 구분된다. 건식펄프몰드는 외관이 우수하고 치수 안전성이 뛰어나 일정한 농산물 포장에서 공산품 포장재로 범위가 확대되고 있는 제품으로서 유통조건에 따른 펄프몰드 물성 변화에 대한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 기존 적용하고 있는 전자제품의 완충포장재 원료인 고지의 배합비율을 달리한 펄프몰드를 제작하여 완충성능을 분석하여 경제적인 측면과 포장물성을 고려한 최적 원료배합비율을 가지는 펄프몰드의 특성을 규명하고자 한다. 펄프몰드의 최적 원료 혼합 비율 특성을 분석하기 위해 시료의 흡수특성, 겉보기밀도, 인장강도, 압축강도를 측정 분석하여 완충소재의 물성을 연구하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시재료

연구에 사용된 공시재료는 경북 칠곡군에 소재한 (주)우진팩에서 사용하고 있는 신문고지(ONP)와 골판지고지(OCC)를 일정비율로 물과 혼합하여 생산한 펄프몰드(Fig. 1) 제품을 사용하였다. 연구에 사용되었던 공시재료에 대한 기본 물성을 측정하여 평균값을 Table (1)에 나타내었다.

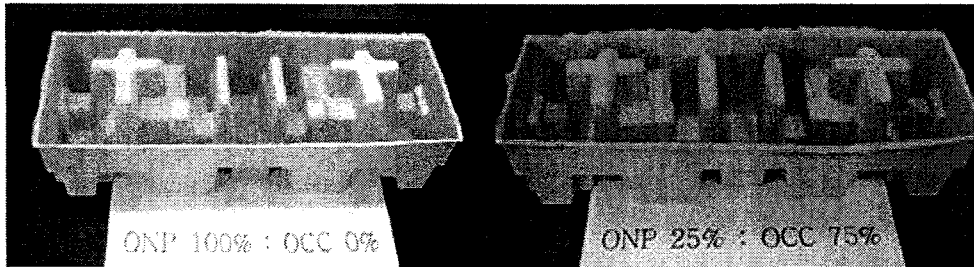


Fig. 1. The general view of pulp molds made of ONP and OCC with different mixing ratio.

### 2.2 전처리 조건

항온항습기(KPD-002, Kea Pae Co., Korea)를 이용하여 적정 유통조건으로 온습도 조건을 설정하여 24시간동안 전 처리 하였다. 전 처리 조건에서 온도는 30°C,에서 60°C, 까지 10°C씩 증가 시켰고, 상대습도는 각 온도 조건에서 60%에서 90%까지의 조건으로 전 처리 한 시료를 이용하여 고지배합별 펄프몰드에 대한 물성변화를 연구하였다.

**Table 1.** Material properties of pulp molds.

Item	Mixing ratio (%)		Grammage (g/m <sup>2</sup> )	Thickness (mm)	Density (g/cm <sup>3</sup> )
	ONP	OCC			
N100	100	0	605 (21)	1.03 (0.16)	0.564 (0.017)
N75	75	25	622 (41)	1.08 (0.12)	0.575 (0.020)
N50	50	50	608 (21)	1.07 (0.12)	0.575 (0.013)
N25	25	75	588 (25)	1.06 (0.09)	0.578 (0.011)
N0	0	100	614 (23)	1.05 (0.14)	0.582 (0.010)

( ) denotes standard deviation.

### 2.3 펄프몰드의 물성분석

전 처리된 공시재료에 대한 기초물성 측정은 시료 절단 치구를 이용하여 펄프몰드의 측면 부위 시편을 폭 12.7mm\*길이100mm의 크기로 절단하였고, 정밀전자저울 (SC25P, CAS Co., Korea) 및 디지털두께측정기(No.293-805, Mitytoyo Co., Japan)를 사용하여 수분 흡수율(%)과 겉보기밀도(apparent density, g/cm<sup>3</sup>)를 측정하였다. 시편에 대한 인장강도(tensile strength, kgf) 측정은 만능시험기(KTM5, Kea Pae Co., Korea)를 사용하였다. 고지의 배합조건과 유통조건에 따른 완충특성을 분석하기 위해 압축강도기 (compression tester, Dae Kyung Tech., Korea)로 성형제품의 압축강도를 측정 분석하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 온도 및 습도 변화에 따른 펄프몰드 물성 변화 특성 분석

온습도 변화에 대한 펄프몰드의 특성은 다중회귀 기법을 이용하여 계측된 물리적 특성과 온습도조건에 대한 상관관계로 분석 하였으며, ONP100% 로 제조한 시료 샘플에

대한 분석 결과를 Table. 2에 나타내었다.

표에서 보는 바와 같이 습도변화 조건에 따른 펄프몰드의 물리적 특성은 흡수율 (R=0.958), 인장강도(R=-0.681) 및 압축강도(R=-0.866)와의 상관관계가 아주 크게 나타났으며, 온도변화에 따른 펄프몰드의 물성 변화는 큰 상관관계가 없는 것으로 분석되었다. 또한 일반 골판지로 사용되는 종이의 경우 수분과 파열강도의 상관관계가 높은 특성을 갖고 있는데 반해, 펄프몰드는 영향이 크지 않은 것으로 나타났다. 따라서 전자제품의 완충소재로 사용되고 있는 펄프몰드 품질 열화 요인으로는 물류 및 유통조건에서의 온도 변화보다 상대습도의 의한 요인이 더 크게 작용되는 것으로 분석되었다.

**Table 2.** Material properties of pulp molds.

요 인	TM	RH	AR	TS	BR	CS	SS
TM	1.000						
RH	0.000	1.000					
AR	0.027	<b>0.958</b>	1.000				
TS	0.226	<b>-0.681</b>	<b>-0.630</b>	1.000			
BR	-0.290	0.101	0.125	-0.209	1.000		
CS	0.134	<b>-0.866</b>	<b>-0.869</b>	<b>0.570</b>	-0.093	1.000	
SS	-0.087	-0.472	-0.485	0.283	0.190	<b>0.645</b>	1.000

where, TM=temperature, RH=relative humidity, AR=absorption ration of humidity  
BR=burst strength, CS=compression strength, SS=shock strength

### 3.2 온습도 변화에 따른 펄프몰드 물리적 특성 변화 분석

#### 3.2.1 온도 및 습도변화에 따른 고지 배합별 수분 흡수율 변화

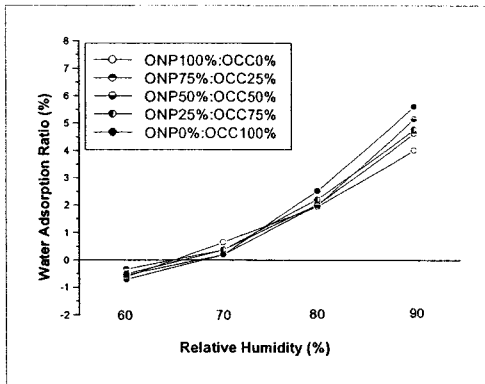
일반적으로 전자제품은 수분에 민감한 제품으로, 충격 완화를 위하여 사용되는 완충 포장재가 부가적으로 가져야 하는 특성으로는 내수성 가져야 하며 포장재를 설계하는

데 있어 가장 중요한 요인으로 작용한다. 수분에 대한 펄프몰드의 흡수 특성을 분석하기 위해 가전제품이 가지는 유통경로와 유사한 온도와 습도 조건을 설정하여 폐지의 혼합비율별 시료에 대하여 수분 흡수율을 측정 분석하였다. 항온항습기 전 처리 온도 범위는 30°C에서 60°C, 습도는 60%RH에서 90%RH의 조건에서 각 시료를 24시간동안 전 처리 하였으며 보관 전과 후의 시료 무게를 측정하는 방법으로 그 차이를 이용한 수분 흡수율을 계산하였으며, 그 결과를 Fig. 2의 (a) ~ (d)에 나타내었다.

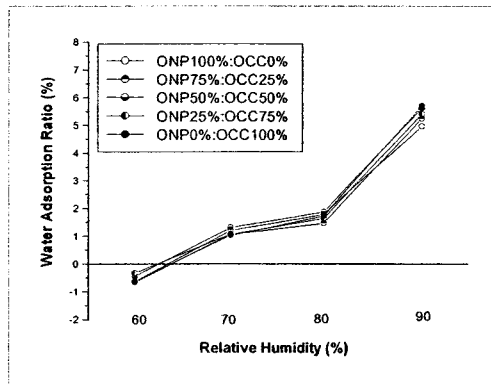
Fig. 2에 따르면 전 처리 조건에서의 상대습도가 높아짐에 따라 수분을 흡수하는 경향은 현저하게 증가하였으며, 온도와 배합비율에 관계없이 증가하는 경향은 유사한 것으로 나타났다. 온도 30°C, 상대습도 90%RH의 조건에서 처리된 시료의 수분 흡수율은 4.01~7.10% 증가하였으며, 수분 흡수율은 OCC를 혼합한 비율이 높은 샘플에서의 증가되는 경향이 현저한 것으로 나타났다. 전 처리 조건의 상대습도가 60%RH에서는 샘플의 무게가 감소하였으며 이는 펄프몰드 자체의 수분 함유량이 임계수분을 맞추기 위하여 수분을 외부로 배출하는 것으로 판단된다.

일반적으로 국내 신문용지를 수거하여 폐지로 활용하는 ONP는 섬유 길이가 짧고 미세한 분말 형상을 갖고 있기 때문에 펄프몰드 성형과정에서 두께에 대한 제어가 용이하고 밀도가 낮은 특성으로 인해 완충에 대한 성능 특성이 낮은 반면, 섬유장이 길고 펄프의 리그닌이 상대적으로 높은 OCC는 밀도가 상대적으로 높아 완충특성이 우수한 경향을 가지게 된다. (김경윤등, 2004) 그러나 라이너와 골심지가 혼재 되어 있는 OCC의 경우 ONP에 비해 내부 물질에서 더 많은 공간이 존재하여 완충효과가 높아진다고 연구결과(김형진등, 2006)가 보고 되었다. 펄프몰드에서 OCC 재료 혼합 비율이 높을수록 수분흡수율이 증가하는 결과에서 상대습도가 90%이상 전자제품의 유통 과정을 충족시키기 위한 원료 배합으로 볼 때 OCC혼합 비율 수준은 약 50%이내가 적정 수준이라고 판단된다.

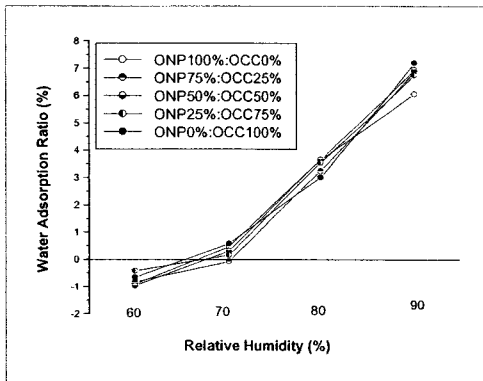
ONP 재질로만 구성된 펄프몰드는 수분에는 강하지만 제품 충격을 완화 시킬 수 있는 완충 성능이 OCC재질에 비해 떨어진다는 것을 의미한다. 따라서 핸드폰, LCD등과 같이 수분에 민감한 전자제품은 완충 성능보다는 수분에 강한 재질이여야 하고, 세탁기 밥솥등과 같이 충격 방지가 우선 고려되는 전기제품 포장에는 ONP와 OCC를 적정비율로 혼합하여 사용하는 것은 사용 제품과 관련이 있을 것으로 판단된다..



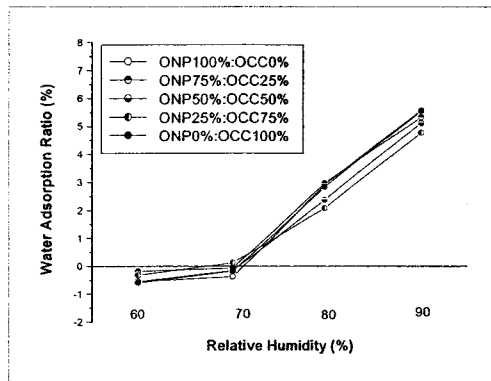
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 2. Water adsorption ratio changes versus relative humidity for the pulp molds made of mixed materials with ONP and OCC precured at constant temperature of 30°C (a), 40°C (b), 50°C (c) and 60°C (d).

### 3.2.2 온도 및 습도변화에 따른 고지 배합별 펄프몰드의 인장강도 변화

펄프몰드 재료로 사용되는 신문용지와 골판지용지는 각종 화학 첨가제를 투입하여 섬유자체의 결합력을 유지하게 한다. ONP는 일반적으로 OCC에 비해 미세분 함량이 높은 상태로 진공 가압으로 성형되는 몰드의 특성은 ONP로 제조된 몰드에 있어서 밀도가 조밀하고 섬유 결합력이 우수한 것으로 알려져 왔다. 몰드의 성형 결합력은 몰드

제조 공정에 있어서 형상 및 리브 구조 설계에 중요한 요소로 작용하는데 결합력이 약한 소재는 몰드 성형이 용이하게 하기 위해 보다 많은 지력증가제와 접착제가 투입되므로 원가 상승요인이 될 수 있다. 또한 제품의 완충포장재에 적용한 몰드의 경우 유통 과정에서 외부 수분 조건은 몰드의 물성을 열화 시키는 가장 큰 요인으로 작용한다. 국내 고지의 경우 강도 향상을 위해 사용되는 전분은 시간과 수분에 따라 함수율 증가로 인한 강도저하 현상의 요인이 되는데, 수분에 따른 강도물성 저하를 최소화 하기위해 고지 혼합비율을 적정 수준으로 설정할 필요가 있는 것으로 생각된다.

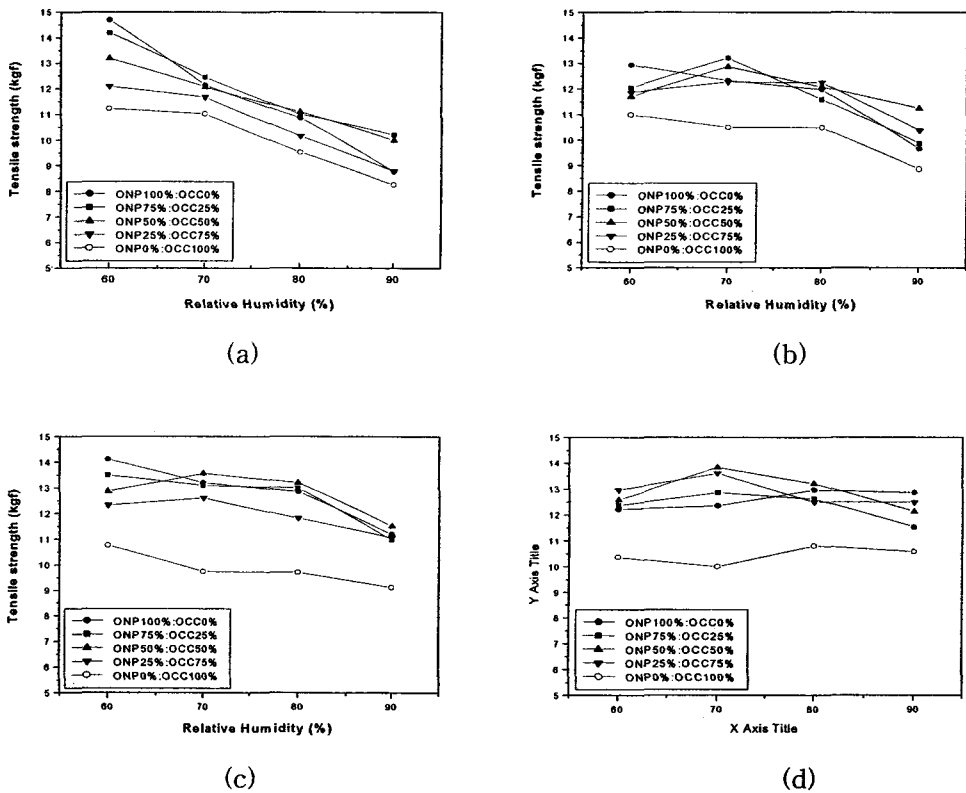


Fig. 3. Tensile strength changes versus relative humidity for the pulp molds made of mixed materials with ONP and OCC precured at constant temperature of 30°C (a), 40°C (b), 50°C (c) and 60°C (d).

Fig. 3에 각종 온도와 습도조건에서 24시간 전 처리한 몰드를 습도에 따른 인장강



도 변화를 나타내었다. Fig. 3(a)에 따르면, 30°C, 60% RH 조건에서의 인장강도 (kgf)는 N100 14.7, N75 14.2, N50 13.2, N25 12.1 그리고 N0 11.23으로 OCC의 배합비가 낮을수록 인장강도가 우수한 것을 알 수 있었다. 동일온도에서 90% RH 조건에서는 N100 8.78, N75 10.21, N50 10.01, N25 8.79 그리고 N0 8.25로 ONP 함량이 높은 몰드에서 습도에 의한 인장강도 저하가 현저하였으며, ONP 50%로 배합된 제품의 경우 습도에 의한 인장강도 변화가 가장 적은 것으로 나타났다. N100을 제외하고는 대부분 70% RH 이상의 습도 조건에서 수분에 의한 인장강도 저하가 현저하게 저하되는 것을 알 수 있었다.

Fig. 3(b)~(d)에는 각 온도조건에서 습도에 따른 인장강도 변화를 나타내었다. N100의 경우 초기에는 인장강도가 가장 높은 경향을 보였으나 습도조건에 따라 인장강도가 급격하게 저하되는 것을 알 수 있었다. 또한 골판지고지만 사용한 N0의 경우 가장 낮은 인장강도를 보였으나, 습도조건 변화에 따라 강도 저하는 가장 낮은 것으로 분석되었고, N50에서는 온도 습도조건 변화에서도 다른 시료에 비해 우수한 인장강도를 유지 하는 것을 알 수 있었다.

이는 100% 신문 고지를 원료로 사용하고 있는 N100에는 미세분이 많이 함유되어 있어 초기에는 N0에 비해 20%이상 높은 인장강도 특성을 갖지만, 성형을 유지하기 위해 사용되었던 다량의 사이징제와 전분이 수분을 흡수하여 급격한 강도저하를 일으키는 것으로 판단된다. 따라서 동일한 급형과 성형조건에서 제조된 몰드에 있어서 ONP와 OCC배합비율에 따라 수분 및 유통환경조건에 따라 인장강도 변화가 현저하다는 것을 알 수 있었으며 특히 여름철과 수출용 제품에 펄프몰드가 사용 될 경우 적절한 배합비율을 선택하면 수분에 대한 영향을 최소화 할 수 있다고 분석되었다.

### 3.2.3 온도 및 습도변화에 따른 고지 배합별 펄프몰드의 압축강도 변화

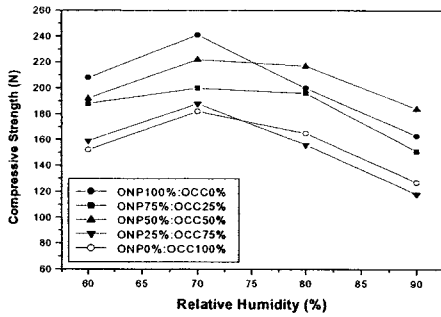
펄프몰드의 압축강도는 제품 설계단계에서 완충을 목적으로 한 리브구조와 관련이 높으며 인장강도와 마찬가지로 유통단계의 습도조건에 따라 압축강도가 저하되는 현상이 발생한다. 수분영향에 의한 인장강도 저하요인은 내부적인 요인이 크지만 압축강도 변화는 제품 포장단계에서 유통단계에서의 완충성능 저하의 직접적인 원인을 분석할 수 있는 요인이다.

수분조건에 따른 몰드제품 자체 압축강도 변화를 측정된 결과를 Fig. 4에 나타내었

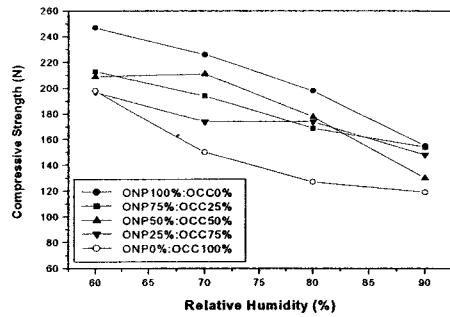
으며, Fig. 4(a)에 따르면, 30°C, 60%RH 조건에서의 압축강도(N)는 N100 208, N75 188, N50 192, N25 159 그리고 N0 152이었으며, 70%RH 조건에서 압축강도 수치가 약 20%정도 증가하였으며 90%RH 까지 습도에 의한 압축강도는 현저하게 저하되는 경향을 보였다. 이는 습도조건에서 60%RH 조건에서는 Fig. 1에서와 같이 시료에 함유된 수분이 외부 조건보다 많은 상태로 수분에 대한 평형상태에 도달하는 70%RH이후 압축강도 변화가 급격하게 저하되는 것으로 판단된다.

Fig. 4(b)~(d)에는 각 온도조건에서 습도에 따른 압축강도 변화를 나타내었으며 인장강도에서 분석된 결과와 유사한 경향이 관찰되었다. 골판지 고지를 사용한 N0의 경우 각 습도조건에 따른 열화가 가장 뚜렷하게 관찰되었으며, 신문 고지를 배합한 제품에서도 일정한 경향으로 상대습도가 증가함에 따라 압축강도가 저하되는 일치된 경향을 가지는 것을 알 수 있었다. N50의 경우 온도 습도조건 변화에서 다른 시료에 비해 대체적으로 우수한 인장강도를 유지 하였으며 강도 열화가 가장 적은 것으로 분석되었다.

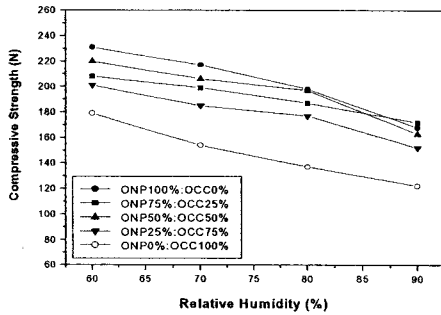
이는 골판지고지의 섬유질 내부의 공극을 신문 고지의 미세분이 적정하게 보충해주는 역할 때문인 것으로 판단되며, N75와 N25에서도 N100의 경우보다 저하되는 경향이 낮은 것으로 관찰되었으나 N50에서와 같이 뚜렷한 유의차가 없어, 펄프몰드 제조에 있어 ONP와 OCC 원료 적정 혼합 비율은 각각 50%일 때 가장 큰 효과가 있는 것으로 분석되었다.



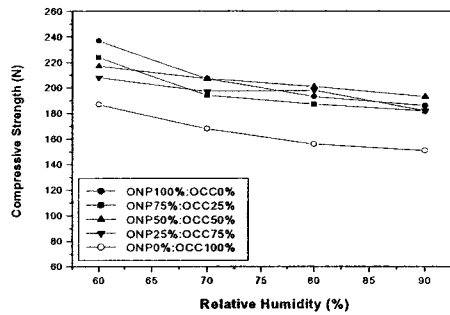
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 4. Compressive strength changes versus relative humidity for the pulp molds made of mixed materials with ONP and OCC precured at constant temperature of 30°C (a), 40°C (b), 50°C (c) and 60°C (d).

#### 4. 결론

본 연구는 신문고지(ONP)와 골판지고지(OCC)의 혼합 비율을 달리하여 펄프몰드를 성형하였으며, 온도와 습도조건을 달리하여 각 시료별 수분 흡수율 변화, 완충포장재와 관련된 물성을 측정하였다. 본 연구에서 얻어진 결과는 다음과 같다.

- 1) 습도변화 조건에 따라 분석된 펄프몰드의 물리적 특성 상관관계는 흡수율( $R=0.958$ ), 인장강도( $R=-0.681$ ) 및 압축강도( $R=-0.866$ )에서 높았으며, 온도변화 조건에 따른 펄프몰드의 물성 변화에 큰 영향이 없는 것으로 분석되었다.
- 2) 온도 30°C, 상대습도 90%RH의 조건에서의 수분 흡수율은 시료에 따라 4.01~7.10% 증가 하는 경향이 있었으며, OCC의 혼합 비율이 증가 할수록 수분 흡수율 현저하게 증가하는 경향을 보였다.
- 3) 30°C, 90%RH 조건에서의 인장강도(kgf)는 N100 8.78, N75 10.21, N50 10.01, N25 8.79 그리고 N0 8.25로 ONP 함량이 높은 펄프몰드의 경우 습도에 의한 인장강도는 현저하게 저하되는 것으로 나타났으며, ONP 50%로 배합된 제품의 경우 습도에 의한 인장강도 변화가 가장 적은 것으로 분석되었다.
- 4) 30°C, 60%RH 조건에서의 압축강도(N)는 N100 208, N75 188, N50 192, N25 159 그리고 N0 152이었으며, 70%RH 조건에서 압축강도 수치가 약 20%정도 증가하였으며 90%RH 까지 습도에 의한 압축강도는 현저하게 저하되는 경향을 보였다.
- 5) 펄프몰드 제조에 있어 ONP와 OCC 원료 적정 혼합 비율은 각각 50%일 때 가장 큰 효과가 있는 것으로 분석되었다.

## 사 사

본 연구는 중소기업청 주관의 산학연 컨소시엄 사업의 지원으로 수행되었습니다. 본 연구에 적극적으로 협조해주신 (주)우진팩 관계자 여러분께 감사드립니다.

## 인용문헌

1. 김경운, 김철환, 이영민, 송대빈, 신태기, 김재욱, 박종열 : 환경친화적 완충재의 개발을 위한 폐지 섬유유의 이용, J. of Korea TAPPI, Vol. 38, No. 2, pp. 52-59, (2006)

2. 김형진, 서진호, 류정용 : 펄프 몰드의 탈수성 개선을 위한 기능성 첨가제의 응용, Applied Chemistry, Vol. 8, No. 1, pp. 279-282, (2004)
3. 안세흠, 김태준, 오세균 : 재생화학펄프로 Virgin펄프를 대체 사용시 종이 물성에 미치는 영향, J. of Korea TAPPI, Vol. 22, No. 1, pp. 32-46, (1990)
4. 이영민, 김철환, 김재욱, 김경윤, 신태기, 송대빈, 박종열 : 폐잔재의 펄프화를 통한 환경친화적 완충소재의 개발, J. of Korea TAPPI, Vol. 38, No. 2, pp. 61-71, (2006)
5. 윤혜정, 진성민 : 평량에 따른 수초지와 기계지의 지합 특성, J. of Korea TAPPI, Vol. 38, No. 4, pp. 25-30, (2006)
6. 임부국, 이호철, 양재경, 장준복, 이종윤 : 폐지의 건식해리 특성 및 곡면 펄프몰드의 제조법 고찰, J. Korean Solid Wastes Engineering Society, Vol. 18, No. 7, pp. 619-625, (2001)
7. 성용주, 류정용, 김형진, 김태근, 송봉근 : 습식 펄프몰드 생산공정의 공정개선 및 건조에너지 절감 방안, Journal of Korea TAPPI, Vol. 36, No. 3, pp. 83-90, (2004)
8. Yifang Ou, Qiulian Huang : Thermal Degradation of Cellulose-Based Complex Material, J. of Applied Polymer Science, Vol. 85, pp. 2535-2539, (2002)
9. Yifang Ou, Qiulian Huang : Study on the photo degradation of pulp mold container, J. of Applied Polymer Science, Vol. 87, pp. 2052-2056, (2003)