

# 완충포장소재를 위한 고지배합비율에 따른 펄프몰드의 물성 변화 연구

박인식\*<sup>1</sup> · 김재능 · 김대용\*<sup>2</sup> · 이윤석<sup>†</sup>  
(2007년 10월 30일 접수: 2008년 2월 20일 채택)

## Effects of Mixing Ratio of ONP and OCC on Physical Properties of Pulp Molds for Cushion Packaging Materials

Insik Park\*<sup>1</sup>, Jai-Neung Kim, Daeyong Kim\*<sup>2</sup>, and YounSuk Lee<sup>†</sup>

(Received October 30, 2007; Accepted February 20, 2008)

### ABSTRACT

As the demands of environment protection increases, the pulp mold container is developed to substitute for EPS (expanded polystyrene) as a shock absorbing packaging material. The water-absorbing ratio and mechanical properties such as tensile strength and compressive strength of pulp mold are important factors to evaluate its shock absorbing characteristics. Influences of mixing ratios of ONP (old newspaper) and OCC (old corrugated container) on physical properties of pulp mold were investigated at various conditions of temperature and relative humidity. The optimum mixing ratio of ONP and OCC was also searched based on physical properties. The results showed that when relative humidity was increased from 60% to 90%, the water absorption ratio of pulp mold increased significantly, tensile strength decreased 20~30%, and compressive strength decreased 10~20%. In addition, the optimum mixing ratio of ONP and OCC was found to be 50%:50%.

**Keywords** : pulp mold, packaging, cushion, mixing ratio, tensile strength

## 1. 서 론

전자제품은 포장과 유통단계에서의 파손 발생을 최소화하기 위해 기존에 사용되고 있는 완충재 (shock

absorbing material)로 EPS (expanded polystyrene: 발포스티로폼), EPE (expanded polyethylene: 발포폴리에틸렌) 및 EPP (expanded polypropylene: 발포폴리프로필렌)과 같은 합성수지를 사용하였다. 합성수지는

• 연세대학교 패키징학과 (Dept. of Packaging, Yonsei University, Wonju, Korea)

\*1 경북과학대학 패키징매니지먼트 (Dept. of Packaging Management, Kyungbuk College of Science, Gyungbuk, 159, Korea)

\*2 경북신기술포장연구센터 (Gyungbuk Packaging Research Center, Gyungbuk, 159, Korea)

† 교신저자 (Corresponding author): E-mail: leeyouns@yonsei.ac.kr

제조 시 소요되는 재료비에 상응하는 완충 흡수 능력이 우수한 소재로 범용으로 완충포장재로 성형되어 전기 전자제품에 많이 사용되고 있다.

그러나 국내외적으로 환경에 대한 관심 고조와 함께 국내에서는 “합성수지 재질로 된 포장재의 연차별 줄이기 기준의 이행여부 확인 및 줄이기 방법 등에 관한 규정 (환경부고시2003-91호)”가 시행되어 EPS 재질 사용을 환경적으로 규제하고 있다. 규정에 따르면, 2006년 까지는 포장용적 20,000 cm<sup>3</sup> 이하, 2007년 30,000 cm<sup>3</sup>, 그리고 2008년 이후는 40,000 cm<sup>3</sup> 이하의 가전제품에 발포스티로폼 이외의 완충 포장재를 적용하도록 되어 있다. 따라서 펄프몰드 완충포장재는 전자 제품에 대한 EPS를 대체 할 수 있는 재질연구로서 펄프몰드 제조공법에 대한 연구<sup>1,2)</sup> 및 재료물성에 대한 연구<sup>3)</sup> 결과 등이 보고되었다. 또한 펄프몰드 제조공정에서의 탈수성 향상<sup>4)</sup>, 제품에 대한 기계적 특성<sup>5)</sup>에 대한 물성 연구가 이루어졌으나, 환경규제에 따른 대체 전자제품의 완충포장재로 이미 상용화되고 있는 건식 펄프몰드 포장재에 대한 품질과 물성연구는 현재까지 거의 진행되고 있지 않다.

전자제품 완충을 목적으로 사용되고 있는 펄프몰드 제조 방법은 신문고지 (ONP: old newspaper)와 골판지고지 (OCC: old corrugated container)를 주요 원료로 사용하고 있으며, 진공 및 프레스 방식인 습식펄프몰드와 진공에 의한 성형 및 건조공정을 거치는 건식펄프몰드의 제조방법에 따라 완충재가 제조된다. 최근 외관특성이 우수하고 치수 안정성이 일정한 건식펄프몰드는 농산물에서 공산품 포장재로 범위가 확대되고 있으나 다양한 유통조건에 따른 펄프몰드 물성 변화에 대한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 기존 적용하고 있는 전자제품의 완충 포장재 원료인 OCC의 배합비율에 따른 제품의 완충 성능을 분석하여 경제적인 측면과 포장물성을 고려한 최적 원료배합비율을 가지는 완충포장재를 개발하고자 하였다. 이를 위해 배합비율을 달리하여 4종류의 샘플을 생산하였고 유통조건별로 보관하여 펄프몰드 물성 변화를 분석하였다. 최적 원료 혼합 비율을 분석할 펄프몰드를 실제 제조 공정에 적용하기 위해 제조된 펄프몰드의 흡수특성, 겉보기밀도, 파열강도, 인장강도, 압축강도 그리고 충격가속도를 측정하여 OCC의 배합별 완충소재의 물성을 연구하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 재료

본 연구에 사용된 공시재료는 경북 칠곡군에 소재한 (주)우진팩에서 사용하고 있는 신문고지 (ONP)와 골판지고지 (OCC)를 일정비율로 혼합하여 설계한 제품의 금형을 제작하여 펄프몰드의 원료 배합비율을 달리하여 Fig. 1에 나타난 형태로 생산한 제품을 사용하였다. 각 고지별 배합비율에 따른 공시재료의 기본 물성을 측정된 평균값을 Table 1에 나타내었다.

### 2.2 전처리 조건

향온항습기 (KPD-002, Kea Pae Co., Korea)를 이용하여 적정 유통조건으로 온습도 조건을 설정하여 24시간동안 전처리하였다. 전처리 온도 조건은 30°C에서 60°C까지 10°C씩 증가시켰고, 상대습도는 각 온도 조건에서 60%에서 90%까지의 조건으로 전처리한 시료

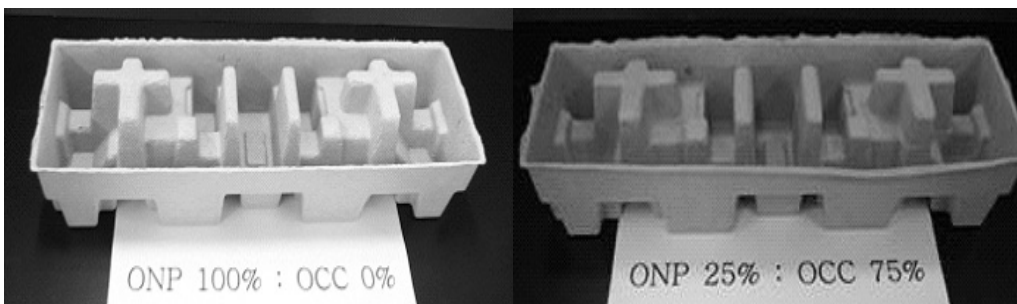


Fig. 1. The general view of pulp molds made with different mixing ratio of ONP and OCC.

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

| Item | Mixing ratio (%) |     | Grammage<br>(g/m <sup>2</sup> ) | Thickness<br>(mm) | Density<br>(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                     |

The values denote average ± standard deviation of each item (n=5).

를 사용하여 고지배합별 펄프몰드 물성변화를 연구하였다.

### 2.3 펄프몰드의 물성분석

전처리된 공시재료의 기초물성을 측정하기 위해 절단 치구를 이용하여 생산된 펄프몰드의 측면 부위를 일정한 크기 (12.7 mm x 100 mm)로 절단하였고, 정밀전자저울 (SC25P, CAS Co., Korea) 및 디지털두께측정기 (No.293-805, Mitytoyo Co., Japan)를 사용하여 수분 흡수율 (%)과 겉보기 밀도 (apparent density, g/cm<sup>3</sup>)를 측정하였다. 시편에 대한 인장강도 (tensile force, kgf) 측정은 만능시험기 (KTM5, Kea Pae Co., Korea)를 사용하였으며 측정된 인장강도에 각 시편의 평량을 나눈 인장강도지수로 물성을 분석하였다.

고지의 배합조건과 유통조건에 따른 펄프몰드 제품의 완충특성을 분석하기 위해 압축강도기 (compression tester, Dae Kyung Tech., Korea)를 이용하여 성형된 제품의 압축강도를 측정하였고, 측정값에 각 시편의 평량을 나눈 압축강도지수로 완충 특성을 분석하였다. 그리고 온습도 변화에 대한 펄프몰드의 물리적 특성은 계측된 각 요인에 대한 연관성을 Origin (MicrocalTM사, ver. 6.0)프로그램을 이용한 다중회귀 기법으로 분석하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 펄프몰드의 물성별 요인 분석

온습도 변화에 대한 펄프몰드의 물리적 특성을 분석하였으며, 100% ONP 고지로 제조한 시료 샘플에 대한 분석 결과를 Table 2에 나타내었다.

표에서 보는 바와 같이 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. 일반 골판지로 사용되는 종이의 경우 수분과 파열강도와와의 상관관계가 높은 특성을 갖고 있는데 반해, 두께와 평량이 높은 펄프몰드는 파열강도에 있어 수분의 영향이 크지 않은 것으로 나타났다. 따라서 전자제품의 완충소재로 사용되고 있는 펄프몰드 품질 열화 요인으로는 물류 및 유통조건에서의 온도 요인보다는 상대습도 요인이 더 크게 작용하는 것임을 알 수 있었다.

### 3.2 펄프몰드의 물리적 특성 변화 연구

#### 3.2.1 고지 배합별 수분 흡수율 변화

일반적으로 전자제품은 유통환경에서 수분에 민감한 제품으로, 전자제품의 완충 포장재가 부가적으로 가

**Table 2. Correlation coefficient between diverse mechanical properties of pulp mold**

| Factor | TM    | RH    | AR           | TS            | BR     | CS            | SS     |
|--------|-------|-------|--------------|---------------|--------|---------------|--------|
| TM     | 1.000 | 0.000 | 0.027        | 0.226         | -0.290 | 0.134         | -0.087 |
| RH     | 0.000 | 1.000 | <b>0.958</b> | <b>-0.681</b> | 0.101  | <b>-0.866</b> | -0.472 |

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

져야 하는 주요 특성인 내수성은 포장재를 설계하는데 있어 가장 중요한 요인으로 작용한다. 펄프몰드의 수분에 대한 흡수 특성을 분석하기 위해 가전제품이 가지는 유통경로와 유사한 온도와 습도 조건을 설정하여 폐지의 혼합비율별 시료에 대하여 수분 흡수율을 측정 분석하였다. 전처리 온도 범위는 30°C에서 60°C까지 설정하였고 항온항습기의 습도는 60%RH에서 90%RH의 습도 조건에서 각 시료를 24시간동안 전 처리하여 보관 전 시료의 초기중량과 전처리 후의 시료 무게의 차이를 측정하는 방법으로 수분 흡수율을 계산한 결과를 Fig. 2에 나타내었다.

Fig. 2 (a) ~ (d)의 결과에 따르면 온도와 배합비율에 관계없이 상대습도가 높아짐에 따라 수분을 흡수하는 경향은 현저하게 증가됨을 알 수 있다. 온도 30°C, 상대 습도 90%RH의 조건에서의 수분 흡수율은 시료에 따라 4.01 ~ 7.10% 증가하는 경향이 있었으며, OCC의 혼합 비율이 증가할수록 수분 흡수율 증가 경향이 현저

하였다. 상대습도 60%RH조건에서는 측정 시료 모두 수분을 흡수하기보다는 자체 수분을 배출하였으며, 전처리 온도가 증가함에 따라 이러한 경향이 높아지는 것을 알 수 있었다.

일반적으로 국내 신문용지를 수거하여 폐지로 활용하는 ONP는 섬유 길이가 짧고 미세한 분말 형상을 갖고 있기 때문에 펄프몰드 성형과정에서 두께에 대한 제어 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.<sup>6)</sup> 그러나 OCC가 ONP에 비해 내부 물질에서 더 많은 공간이 존재하여 완충효과가 높아진다고 보고하였던 연구<sup>4)</sup>에서와 같이 OCC 배합비율이 높을 수록 더 많은 수분이 흡수되는 결과를 보였으며 전자제품을 포장하고 유통하는 과정에서 상대습도가 90%이상 되는 환경은 일반적인 조건이라 할 수 있다.

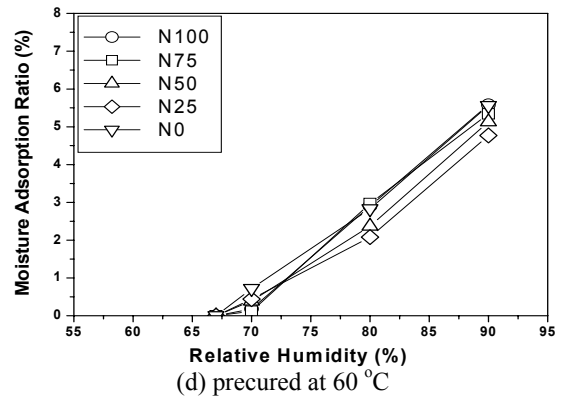
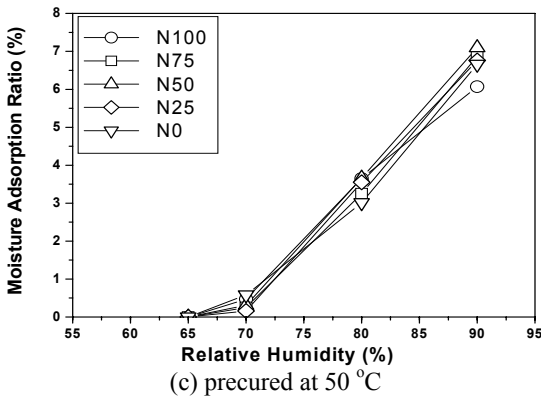
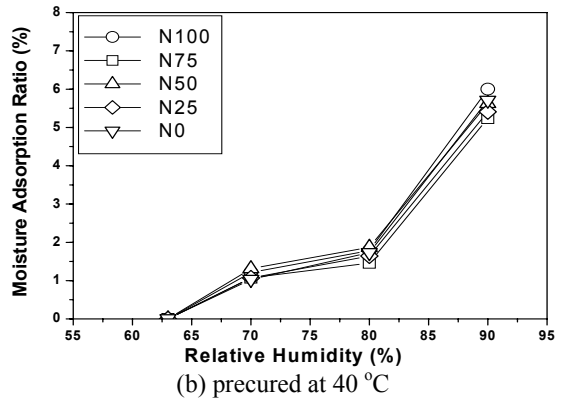
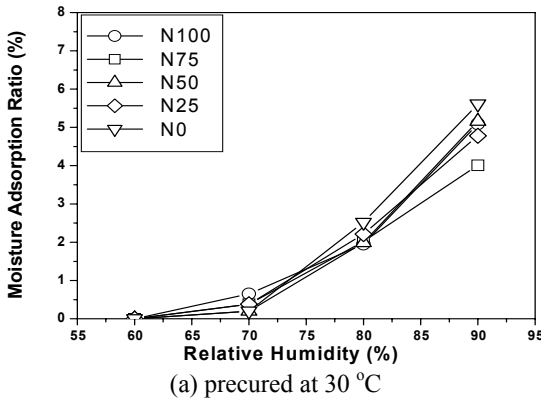


Fig. 2. Water adsorption ratio changes versus relative humidity for the pulp molds made of mixed materials with ONP and OCC.

ONP 재질로만 구성된 펄프몰드는 수분에는 강하지만 제품 충격을 완화시킬 수 있는 완충 성능 OCC재질에 비해 떨어진다는 것을 의미한다. 따라서 핸드폰, LCD등과 같이 수분에 민감한 전자제품은 완충 성능보다는 수분에 강한 재질이어야 하고, 세탁기 밥솥등과 같이 충격 방지가 우선 고려되는 전기제품 포장에는 ONP와 OCC를 적정비율 (50%) 배합하여 포장재를 제작하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

3.2.2 고지 배합별 인장강도지수 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 몰드제조 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 유통과정에서 외부 수분 조건은 몰드의 물성을 열화시키는 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. 3은 각종 온도와 습도조건에서 24시간 전 처리한 몰드를 습도에 따른 인장강도지수(인장강도/평량) 변화를 나타내었다. Fig. 3(a)에 따르면, 30°C, 60% RH 조건에서 N100, N75, N50, N25 및 N0의 인장강도지수는 각각 24.3, 22.8, 21.7, 20.6 및 18.3의 값으로 OCC의 배합비가 낮을수록 인장강도가 우수한 것을 알 수 있었다. 동일온도에서 90% RH 조건에서 N100, N75,

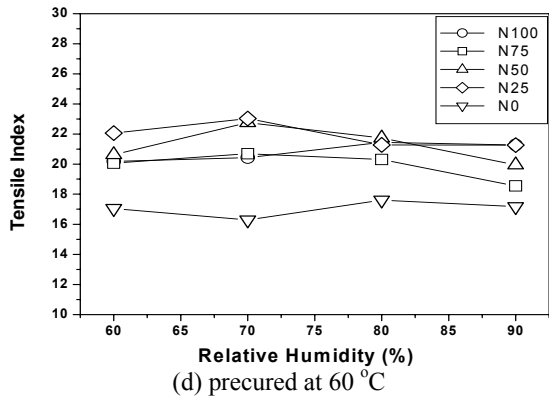
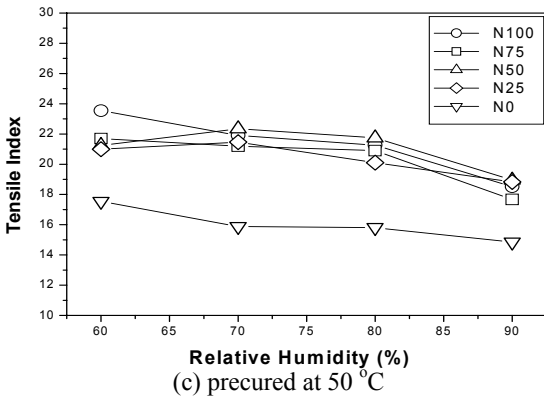
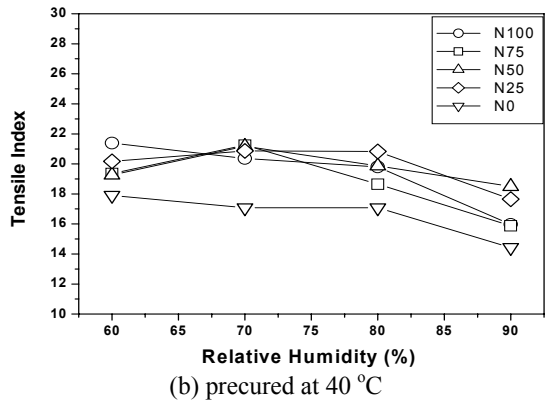
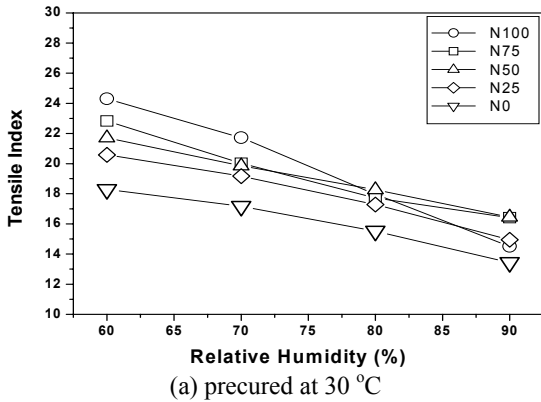


Fig. 3. Tensile index changes versus relative humidity for the pulp molds made of mixed materials with ONP and OCC.

N50, N25 및 N0은 각각 14.51, 16.41, 16.75, 14.95 및 13.12로 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% RH이상의 습도 조건에서 수분에 의한 인장강도 저하가 현저하게 저하되는 것을 알 수 있었다.

Fig. 3(a) ~ (d)에는 각 온도조건에서 습도에 따른 인장강도지수 변화를 나타내었다. N100의 경우 초기에는 인장강도가 가장 높은 경향을 보였으나 습도조건에 따라 강도 특성이 급격하게 저하되는 것을 알 수 있었다. 또한 골판지 고지만 사용한 N0의 경우 가장 낮은 인장강도 특성을 보였으나, 습도조건 변화에 따라 강도지수 변화 특성은 가장 낮은 것으로 분석되었고, N50에서는 온도 습도조건 변화에서도 다른 시료에 비해 비교적 우수한 강도를 유지하는 것을 알 수 있었다.

이는 100% 신문 고지를 원료로 사용하고 있는 N100

에는 미세분이 많이 함유되어 있어 초기에는 N0에 비해 20%이상 높은 인장강도 특성을 갖지만, 성형을 유지하기 위해 사용되었던 접착제에 수분이 흡수되어 급격한 강도저하를 일으키는 것으로 판단된다. 따라서 동일한 금형과 성형조건에서 제조된 몰드에 있어서 ONP와 OCC의 배합비율에 따라 인장강도 특성 변화는 온도와 습도의 영향이 큰 것을 알 수 있었으며, 특히 여름철과 수출용 제품에 펄프몰드가 사용 될 경우 적정한 배합비율을 선택하여 수분에 대한 영향을 최소화할 수 있다고 분석되었다.

### 3.2.3 고지 배합별 압축강도지수 변화

펄프몰드의 압축강도는 제품 설계단계에서 완충을 목적으로 한 리브구조와 관련이 높으며 인장강도와 마찬가지로 유통단계의 습도조건에 따라 압축강도가 저하되는 현상이 발생한다. 수분영향에 의한 인장강도 특성 변화요인은 내부적인 요인이 크지만 압축강도는 제

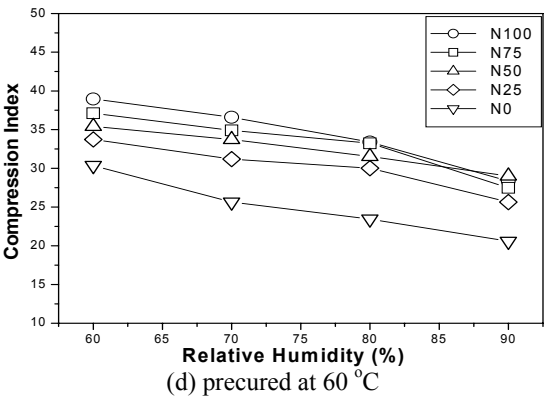
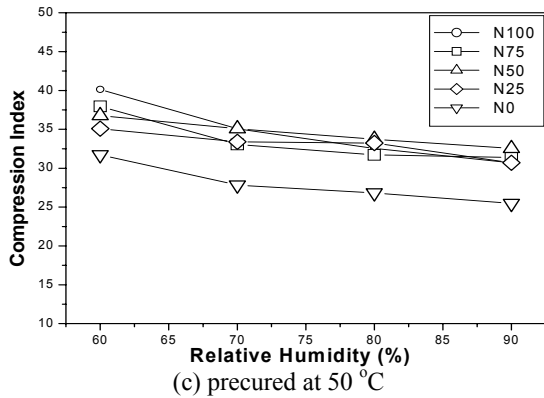
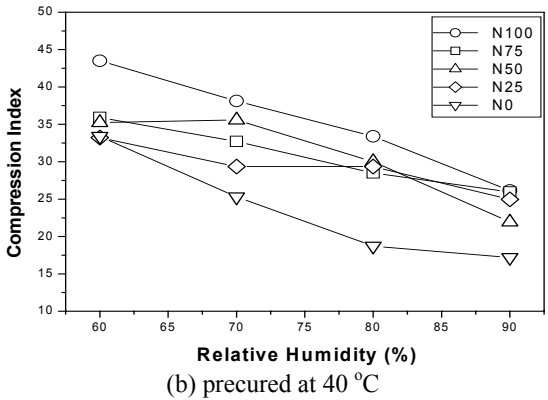
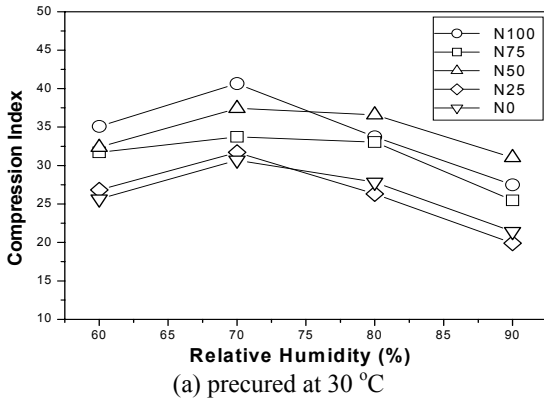


Fig. 4. Compressive index changes versus relative humidity for the pulp molds made of mixed materials with ONP and OCC.

품 포장단계에서 유통단계에서의 완충성능 저하의 직접적인 원인을 분석할 수 있는 요인이다.

수분조건에 따른 몰드제품 자체 압축강도 변화를 측정하여 압축강도 지수를 분석하였고 그 결과를 Fig. 4에 나타내었다. Fig. 4(a)에 따르면, 30°C, 60%RH 조건에서 N100, N75, N50, N25 및 N0의 압축강도지수는 각각 35.08, 31.71, 32.38, 26.82 및 25.64이었으며, 70%RH 조건에서 압축강도 수치가 약 20%정도 증가하였고 90%RH 까지 습도에 의한 압축강도가 급격하게 저하되는 경향을 보였다. 이는 60%RH 조건에서는 Fig. 1에서와 같이 시료에 함유된 수분이 외부 조건보다 많은 상태로 수분에 대한 평형상태에 도달하는 70%RH 이후 압축강도 변화가 급격하게 저하되는 것으로 판단된다.

Fig. 4(a) ~ (d)에는 각 온도조건에서 습도에 따른 압축강도지수 변화를 나타내었으며 인장강도 특성 분석 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 압축강도 특성을 유지 하였으며 수분에 의한 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 나타났다.

## 4. 결론

본 연구는 신문고지(ONP)와 골판지고지(OCC)의 혼합 비율을 달리하여 완충포장 소재 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) 수분 흡수율은 30°C, 90%RH 조건에서 시료에 따라 증가하는 경향이 있었으며, OCC의 혼합 비율이 증가할수록 수분 흡수율 현저하게 증가하는 경향을 보였다.

3) ONP 함량이 높은 펄프몰드의 경우 습도에 의한 인장강도 특성은 현저하게 저하되는 것으로 나타났으며, ONP 50%로 배합된 제품의 경우 습도에 의한 인장강도지수 변화가 가장 적은 것으로 분석되었다.

4) 압축강도지수는 30°C, 70%RH 조건에서 약 20% 정도 증가하였으며 90%RH 까지 습도에 의한 압축강도지수는 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 2006년 중소기업청 주관의 산학연 컨소시엄 사업의 지원으로 수행되었습니다. 본 연구에 적극적으로 협조해주신 (주)우진팩 관계자 여러분께 감사드립니다.

## 인용문헌

1. Ou, Y., Huang, Q., and Chen, J., Degradation of new cellulose-based complex material, *Journal of Applied Polymer Science*, 81(4): 809-812 (2001).
2. Yong Joo Sung, Jeong-Yong Ryu, Hyung Jin Kim, Tae Keun Kim, and Bong Keun Song, Optimization of Wet Mold Process and Reduction of Drying Energy, *J. of KTAPPI*, 36(3): 83-90 (2004).
3. Young-Min Lee, Chul-Hwan Kim, Jae-Ok Kim, Gyung-Yun Kim, Tae-Gi Shin, Dae-Bin Song, and Chong-Yawl Park, Development of Environment-friendly Cushioning Materials by Pulping of Waste Residual Woods, *J. of KTAPPI*, 38(2): 61-71 (2006).
4. 김형진, 서진호, 류정용, 펄프 몰드의 탈수성 개선을 위한 기능성 첨가제의 응용, *응용화학*, 8(1): 279-282

- (2004).
5. Hye Jung Youn, Seong Min Chin, Effect of Basis Weight of Handsheet and Machine Made Sheet on Formation, J. of KTAPPI, 38(4): 25-30 (2006).
6. Kyung-Yun Kim, Chul-Hwan Kim, Young-Min Lee, Dae-Bin Song, Tae-Gi Shin, Jae-Ok Kim and Choung-Ywal Park, Utilization of Wastepaper Fiber for Development of Environment-friendly Shock-Absorbing Materials, J. of KTAPPI, 38(2); 52-59 (2006).