

톱밥과 왕겨로 제조된 세라믹을 첨가한
한지벽지의 물성

Properties of Hanji Wallpaper by Incorporating Ceramics
from Wood and Rice-husk

오승원 · 임현아 · 강진하

톱밥과 왕겨로 제조된 세라믹을 첨가한 한지벽지의 물성^{*1}

오승원^{*2} · 임현아^{*3†} · 강진하^{*4}

Properties of Hanji Wallpaper by Incorporating Ceramics from Wood and Rice-husk^{*1}

Seung-Won Oh^{*2}, Hyun-A Lim^{*3†} and Jin-Ha Kang^{*4}

ABSTRACT

This study was carried out to explore a new application of traditional Hanji and obtain fundamental properties for producing Hanji wallpaper by incorporating ceramics from wood and rice-husk as an interior building material. The results of properties determined were summarized as follows:

The addition of ceramics in Hanji paper reduced its apparent density, but increased bulk density due to the ceramic particles distributed on the surface and inside the fiber of Hanji wallpapers. In particular, woodceramic particles were specifically distributed on the fiber surface, while particles of rice-husk ceramics were permeated into the inside surface of fibers. The density of rice-husk ceramics were greater than that of woodceramics. The physical properties of Hanji wallpapers, such as breaking strength, wet breaking strength, burst strength, tear index and folding endurance were deteriorated with the addition of ceramics. However, the addition of woodceramics in the Hanji wallpaper resulted in better strength in most cases than that of rice-husk ceramics, except tear strength. Therefore, an optimum addition level of woodceramics into the wallpaper was found to be 5% on the basis of intensity. The addition of ceramics also prolonged the combustion time because it lowered air permeability and brightness of the wallpaper.

Keyword : Hanji wallpapers, Physical properties, Rice-husk ceramics, Woodceramics

* 1. 논문접수 : 2005.12.13.

* 2. 전북대학교 농업생명과학대학 생물산업연구소, Research Institute of Bioindustry, College of Agriculture & Life Sciences, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea.

* 3. 전북대학교 농업과학기술연구소, Institute of Agricultural Science & Technology, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea.

* 4. 전북대학교 농업생명과학대학 산림과학부, Division of Forest Science, College of Agriculture & Life Sciences, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea.

† 주저자 (Corresponding author) : e-mail ; lim-hyun-a@hanmail.net

1. 서 론

최근 현대인들은 하루생활 중 많은 시간을 실내에서 생활하고 있기 때문에 일반 대기환경과 더불어 실내 공기질(indoor air quality, IAQ)에 대한 인식이 고조 되면서 “친환경 건축 마감재”에 대한 관심도 높아지고 있다. 특히, 생활수준 향상으로 실내 인테리어 소재 중 하나인 벽지에 대한 관심은 더욱 증가되고 있다(조현영, 2003). 그중 우리 선조들이 사용한 한지는 건축물의 중요한 창조 재료였고, 벽지 재료였다. 이는 바로 자연을 대하는 자세였고 그 선조들이 건축한 건축물에서 실제로 구현된 것이었다. 따라서 최근에 이와 같은 친환경적 재료에 많은 관심을 갖게 되면서 한지벽지에 대한 연구가 진행되고 있는 실정이다(윤승락 등, 1996; 윤승락 등, 1997; 조현진, 2002, 2005).

이에 따라 전통한지에 기능성 천연재료가 첨가된 친환경 한지벽지를 제조하여 사용한다면, 천연소재의 이미지가 부각되면서 특수기능 벽지로 그 영역이 점차 확대될 것이다. 이러한 기능성 천연재료 중 우드세라믹이 최근에 주목받고 있는데, 이는 목재나 목질재료에 열경화성 수지를 주입하여 진공상태의 고온에서 탄화하여 만든 새로운 다공질 탄소재료로서 목재의 성질을 유지하고, 내부식성, 내구성, 전자파차폐 및 원적외선 방사 등의 성질을 지니고 있어 공업적으로 다양하게 이용할 수 있는 신 재료로 평가받고 있다(오승원, 2004).

일반적으로 세라믹이라 하면 점토나 광물을 원료로 만든 자기나 도기모양을 말하고 있으나 넓은 의미의 정의에는 이온결합 및 공유결합을 갖는 무기질 재료를 가리키는 것으로 무기질 재료에 속한 탄소재료도 세라믹에 포함된다고 할 수 있다. 전통적인 탄소재료인 목탄과 첨단적인 탄소재료인 그래파이트, 탄소섬유 등의 중간적 성질을 가진 다공질 탄소재료로 개발한 것이 우드세라믹이다(岡部敏弘, 1996).

이외에 세라믹 재료로 목재를 대체할 수 있

는 왕겨가 있는데, 왕겨는 주로 농촌에서 연료 및 농업용퇴비, 돈사의 방습제 등 주로 부가가치가 낮은 용도에 사용되어 왔다. 농업부산물 중의 하나인 왕겨는 까슬거리는 특성, 잘 썩지 않는다는 점, 낮은 걸보기 밀도, 그리고 높은 회분 함량 등으로 제한을 받아왔으나, 목재 생산량의 두 배가 넘고, 이를 원료로 사용한다면 농가소득에 크게 도움이 될 뿐만 아니라 목재자원의 대체 효과가 있을 수 있으므로(김광수, 1996; 김광수 등, 1997; 김태영 등, 1998), 이를 탄소재료로 개발한 것이 왕겨세라믹이다.

따라서 본 연구에서는 한지가 건축 재료의 마감 인테리어재료로서 다시 활용될 수 있는 기회를 마련하고자, 세라믹의 원료로서 손쉽게 주위에서 구할 수 있는 입산부산물인 톱밥 및 농산부산물인 왕겨를 원료로 선택하여 탄소계 우드세라믹 및 왕겨세라믹을 제조하고, 이들 부산물로 제조된 세라믹의 새로운 활용분야를 찾고자, 한지 제조시 이들을 첨가하여 한지벽지를 제조 한 후, 우드세라믹 및 왕겨세라믹 첨가량에 따른 원지의 물리적 성질의 변화를 측정하여, 이와 같이 제조된 한지벽지가 건축 재료로 활발하게 사용되는 데 기초 자료를 제공하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2-1 공시재료

닥나무(*Broussonetia kazinoki* Sie, 한국산) 인피섬유와 첨가소재로 우드세라믹과 왕겨세라믹을 사용하였으며, 세라믹 입자의 크기는 250 mesh 이하로 조절하였다. 이를 내침하는 경우 문제점이 없었다.

2-2 실험방법

2-2-1 세라믹 제조

톱밥과 왕겨를 소재로 우드세라믹과 왕겨세

라믹을 다음과 같이 각각 제조하였다.

소나무 톱밥은 입자의 크기를 1 mm 이하로 선별하고 함수율을 6% 이하로 조절한 다음, 분말페놀수지(코오롱 유화(주), KNB-100PL)와 톱밥을 충분히 혼합하여 열압기를 이용하여 보드를 제조하였다. 제조된 톱밥보드를 액상 페놀수지(코오롱 유화(주), KPD-L777)에 함침 하여 수지함침율 50%로 조절한 다음, 시료를 건조기에 넣고 건조 및 경화시켰다. 건조한 다음 진공 소결로를 이용하여 탄화온도 600℃, 승온속도 4℃/min, 최고온도 유지시간 2시간의 조건으로 탄화하여 우드세라믹을 제조하였다.

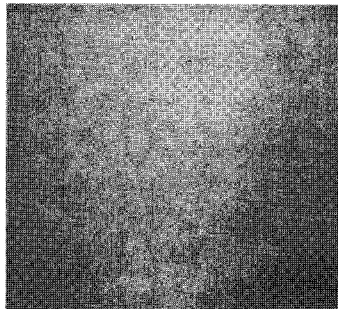
왕겨는 분쇄기로 분쇄하여, 입자의 크기를 18 mesh로 선별하고 함수율을 5% 이하로 조절한 다음, 우드세라믹 제조방법과 동일하게 제조하였으며, 탄화온도는 1,000℃로 조절하였다.

위와 같이 제조된 세라믹의 물성은 본 저자의 논문에서 보고한 바 있다(오승원 등, 2005).

2-2-2 지료 조성

칼날이 달린 비이터(knife beater)를 사용하여 30분 정도 닥섬유를 해리하였으며, 닥섬유의 수분함량을 측정하고, 건조중량비에 따라 기능성 첨가소재인 우드세라믹 또는 왕겨세라믹의 첨가량 5, 10, 20, 30%로 변화시켜 첨가하였다.

2-2-3 한지벽지 원지의 제조



한지를 뜯 때 수분산을 용이하게 하고 섬유 간의 점착성을 향상시키기 위하여 미리 조제한 PEO(polyethylene oxide) 수용액을 격렬하게 교반하여 첨가하였다. 앞물질과 옆물질을 반복하여 제조된 한지의 두께와 평량이 일정하도록 ($35 \pm 1 \text{ g/m}^2$) 초지하여 탈수하고 수증기로 가열된 철판에서 건조시켰다. 지통과 발 및 건조기는 실험목적에 부합되도록 제작하여 사용하였다.

2-2-4 한지벽지 원지의

주사전자현미경(SEM) 관찰

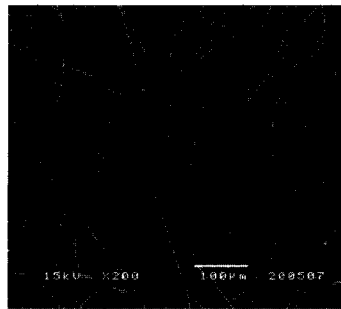
각 시편의 표면 구조를 파악하기 위하여 일정한 크기로 절단한 후 ion sputter(Model: JFC-1200, Jeol사)를 사용하여 Au/Pd 코팅 처리하였다. 처리된 시편은 SEM JSM-5200(Jeol사)을 이용하여 측정하였다.

2-2-5 한지벽지 원지의 물성측정

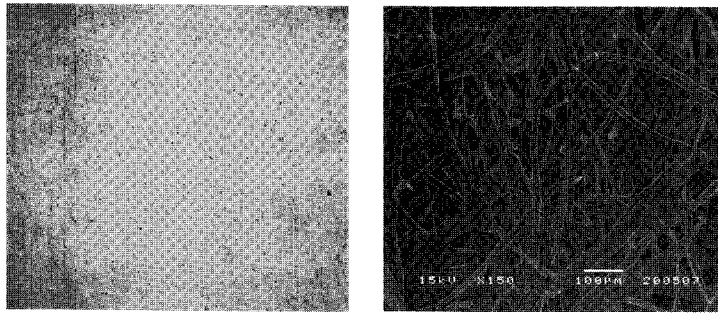
한지벽지 원지를 항온항습실(온도 : $20 \pm 1^\circ\text{C}$, RH : $65 \pm 5\%$)에서 24시간 이상 조습한 후, 조습된 한지벽지 원지는 TAPPI Test Methods에 의거 평량, 두께, 밀도, 인장강도, 습인장강도, 인열강도, 파열강도, 내절도, 회분, 착화 및 연소시간을 측정하였다. 그리고 투기도, 백색도, 색도를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

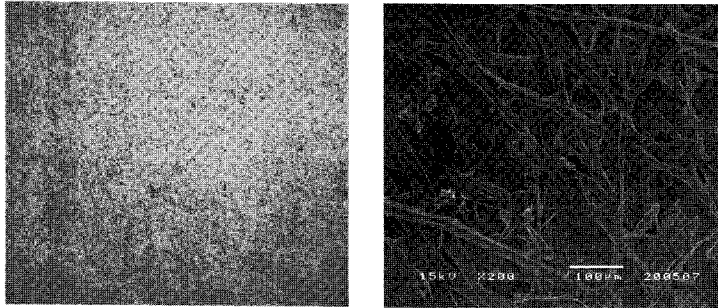
3-1 한지벽지 원지의 주사전자현미경(SEM) 관찰



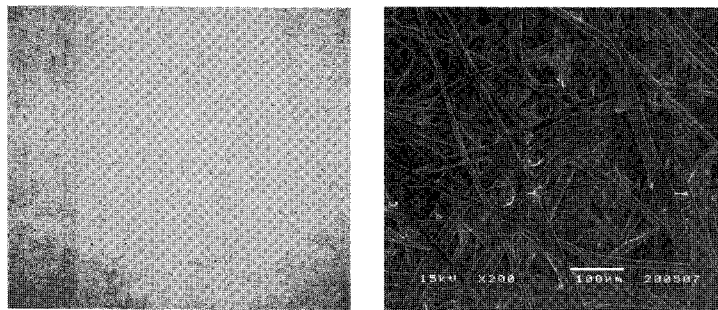
(A)



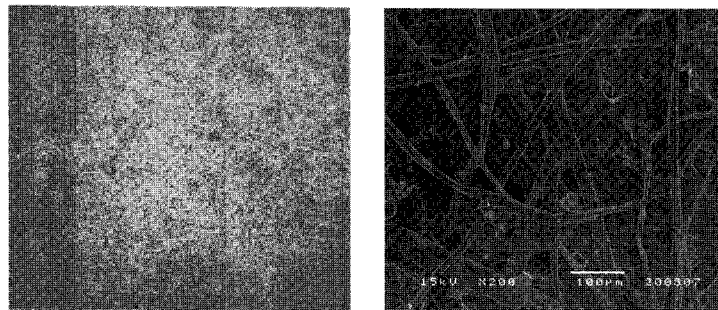
(B)



(C)



(D)



(E)

<Fig. 1> The photo and SEM photograph of Hanji wallpapers by incorporating ceramics from wood and rice-husk. (A) : Base Hanji, (B) : Woodceramics 5%, (C) : Woodceramics 30%, (D) : Rice-husk ceramics 5%, (E) : Rice-husk ceramics 30%.

세라믹을 첨가하여 제조된 한지벽지 원지를

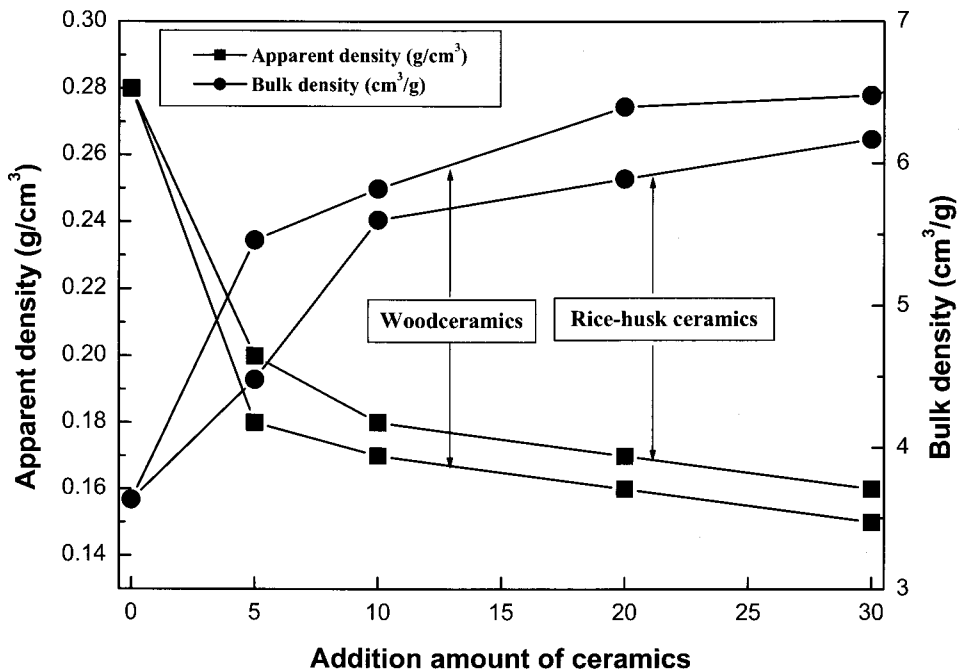
Fig. 1에서 보면, 우드세라믹 및 왕겨세라믹의

첨가량에 따라 이들의 영향으로 거친 표면이 관찰되었다. 그러나 그 분포상태가 고르지 않아 섬유에 어떤 상태로 되어있는지 자세히 확인하기 위하여 한지벽지 원지의 표면을 SEM으로 관찰하였다. 우드세라믹 및 왕겨세라믹의 첨가량이 증가함에 따라 세라믹 입자가 섬유 내부와 표면에 분포되어 있는 것을 볼 수 있는데, 우드세라믹의 경우는 표면의 분포가 많고, 왕겨세라믹의 경우는 내부로 많이 침투되어 있는 것을 알 수 있다. 이러한 경향은 투기도 및 밀도에 영향을 미치는 것으로 사료된다.

3-2 한지벽지 원지의 물성

벽지용 한지 원지는 끊어지지 않을 정도의 강도를 갖고 있도록 최대한 얇게 초지하면 생산 단가를 낮출 수 있으므로, 우드세라믹 첨가에 따른 한지벽지 원지의 평량은 35 - 36 g/m²로 조절하였다.

Fig. 2는 겉보기 밀도와 bulk를 나타낸 것으로 세라믹의 첨가량이 증가함에 따라 한지벽지 원지의 겉보기 밀도가 감소하는 경향을 보였다. 이는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 세라믹이 차지하는 공간이 생겨 섬유 간에 촘촘히 결합하지 못해서 나타난 결과로, 이로 인해 bulk는 증가하는 경향을 보였다. 한편 우드세라믹 첨가에 비해 왕겨세라믹 첨가의 경우 밀도가 높고, bulk는 낮은 것으로 나타났다.



<Fig. 2> Apparent and bulk density of Hanji wallpapers by incorporating ceramics from wood and rice-husk.

Table 1은 종이 품질시험에 의하여 한지벽지 원지의 물리적 성질을 측정된 결과로서, 세라믹을 첨가한 한지가 무처리한 한지에 비

해 모든 강도가 감소하였는데 이는 우드세라믹이 섬유간 결합력을 떨어뜨렸기 때문이다. 열단장의 경우, 우드세라믹을 10% 이상 첨가

시에 2 km이하로 떨어지는 것으로 나타났다. 습윤강도 또한 비슷한 경향을 나타냈다. 왕겨세라믹 첨가시에는 우드세라믹 첨가시 보다 열단장 및 습인장강도가 더 낮은 경향이였다. 현재 벽지시공에서의 접착제는 대부분 전분풀을 사용하고 있기 때문에 물에 의해 종이가 처지던가 끊어지는 현상이 일어난다. 벽지가 끊어지지 않기 위해서는 습인장강도가 0.2 kgf/cm² 이상이어야 한다(조현진, 2002). 따라서 습인장 강도를 단위 kgf/cm²로 환산하면 세라믹 무첨가지가 0.23 kgf/cm², 우드세라믹 첨가량 5, 10, 20, 30%에 따라서 각각 0.22, 0.17, 0.12, 0.10 kgf/cm²가 되며, 왕겨세라믹 첨가의 경우는 각각 0.17, 0.13, 0.10, 0.09 kgf/cm²로 더 낮은 경향으로 나타났다. 우드세라믹을 10% 이상 첨가시와 왕겨세라믹을 첨가한 경우에 습인장강도가 저하하였다.

이외에 우드세라믹 첨가지는 왕겨세라믹 첨가지에 비하여 파열강도 및 내절도는 높게 나타났다으나, 인열강도는 낮게 나타났다. 이에 따라 전반적인 물리적 성질에서 우드세라믹 5% 첨가시 열단장이 2 km 이상, 습인장강도 0.2 kgf/cm² 이상, 기타 다른 강도가 우수하여 벽지 원지로 사용할 수 있을 것으로 판단되었다.

이상의 결과에서, 우드세라믹을 10% 이상 첨가할 경우 더 이상의 물리적 성질을 악화시킬 우려가 있기 때문에 10% 이하의 범위로 첨가량을 조절할 필요가 있다고 사료되며, 우드세라믹 10% 이상 첨가시와 왕겨세라믹을 첨가할 경우에는 평량을 높여서 제조하는 것이 벽지 원지에 적합한 강도를 유지할 수 있을 것으로 판단된다.

<Table 1> Physical properties of Hanji wallpapers by incorporating ceramics from wood and rice-husk

Addition amount of ceramics (%)	Breaking length (km)	Wet breaking length (km)	Burst index (kPa·m ² /g)	Tear index (mN·m ² /g)	Folding endurance (times)	
None	2.04	0.45	5.36	668.9	113	
Wood-ceramics	5	2.02	0.42	5.04	655.3	87
	10	1.42	0.33	4.76	591.5	38
	20	1.14	0.23	4.47	574.0	35
	30	1.07	0.18	4.27	495.1	10
Rice-husk ceramics	5	1.54	0.34	5.19	655.3	54
	10	1.43	0.26	4.62	651.2	37
	20	1.27	0.19	4.55	624.3	22
	30	1.21	0.18	4.48	578.8	11

회분의 함량은 Table 2에 나타낸 바와 같이 우드세라믹을 첨가하였을 때 보다 왕겨세라믹을 첨가하였을 때 높았고, 우드세라믹 첨가량이 증가함에 따라 약간 줄어들었으며, 왕겨세라믹 첨가량이 증가함에 따라 증가하는 경향이였다. 세라믹을 제조하는 공정에서 회

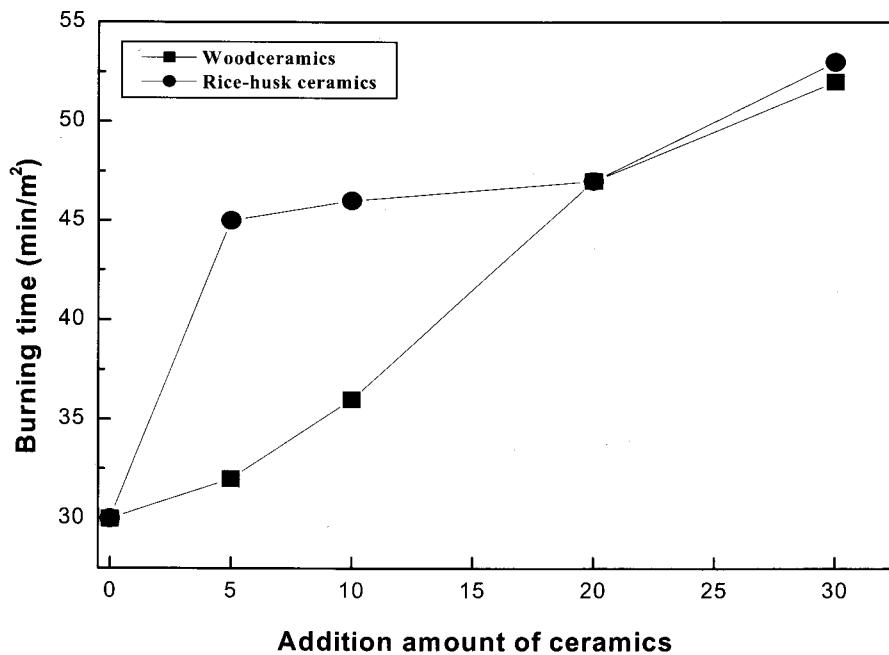
분은 전혀 역할이 없고, 원료물질이 함유하고 있던 회분은 반응을 하지 않기 때문에 반응 후에도 전체가 그대로 제거되지 않은 상태로 잔유하게 된다(김태영 등, 1998). 따라서 우드세라믹이 탄소소재이면서 회분의 양이 거의 없어, 우드세라믹 첨가지의 경우 회분이 감소

하는 경향은 우드세라믹의 첨가량이 증가함에 따라서 한지 섬유유 함량이 줄어들기 때문으로

사료된다. 따라서 한지 내에 우드세라믹의 보유율을 측정하기 곤란하였다.

<Table 2> Ash and retention rate of Hanji wallpapers by incorporating ceramics from wood and rice-husk

Addition amount of ceramics (%)		Ash content (%)	Ignition time(sec)	Burning time (min/m ²)
None		1.6	3	30
Wood-ceramics	5	1.3	4	32
	10	1.2	4	36
	20	1.2	4	47
	30	1.1	5	52
Rice-husk ceramics	5	2.0	3	45
	10	2.5	4	46
	20	3.2	4	47
	30	4.4	4	53



<Fig. 3> Burning time of Hanji wallpapers by incorporating ceramics from wood and rice-husk.

왕겨세라믹은 약간의 회분이 그대로 세라믹 내에 남아 있어 이에 따른 영향으로 회분이 우드세라믹 첨가지에 비해 높은 경향이였다.

또한 Table 2와 Fig. 3에서 보는 바와 같이 세라믹의 첨가량이 증가함에 따라서 착화시간은 큰 차이가 없었으나, 연소시간에 있어서는 우드세라믹 및 왕겨세라믹 모두 다소 길어지는 경향을 보였다. 이는 세라믹이 연소시간을 연장시키는 효과를 발현한다고 사료된다.

3-3 한지벽지 원지의 광학적 성질

Table 3은 투기도, 백색도 및 색도를 나타낸 것으로서 투기도는 세라믹의 영향으로 다소 감소하는 경향을 나타내었는데, 이는 세라

믹이 섬유 사이의 공극에 영향을 미친 것으로 사료된다. 또한, 한지벽지 원지의 광학적 성질은 첨가되는 세라믹 색상에 영향을 크게 받으며, 백색도는 첨가량이 증가함에 따라서 두드러지게 낮아지는 경향을 나타냈다. 따라서 무첨가지가 79%, 우드세라믹 5% 첨가지가 70%, 10% 첨가지가 60%, 20% 첨가지가 54%, 30% 첨가지가 48%이었으며, 왕겨세라믹의 경우도 이와 비슷한 경향이였다. 백색도와 비례하여 색상 또한 어두워지는 경향으로 나타났다. 이는 세라믹 소재가 가지는 고유 색상이 한지벽지 원지에 영향을 미쳤기 때문이다.

<Table 3> Optical properties of Hanji wallpapers by incorporating ceramics from wood and rice-husk

Addition amount of ceramics (%)	Air permeability (sec)	Brightness (%)	Color degree		
			L	a	b
None	0.4	79	94.1	0.1	4.1
Wood-ceramics	5	70	88.7	-0.3	2.7
	10	60	84.3	-0.3	1.5
	20	54	79.6	-0.4	0.6
	30	48	75.8	-0.3	0.6
Rice-husk ceramics	5	69	88.1	-0.4	1.5
	10	60	82.7	-0.4	1.1
	20	51	78.1	-0.3	0.4
	30	45	74.5	-0.3	0.3

4. 결 론

본 연구는 한국적 이미지를 살린 전통한지의 새로운 용도 개발을 위하여 우드세라믹 및 왕겨세라믹을 첨가한 한지벽지를 제조하고, 그 물성을 측정된 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

세라믹은 한지벽지 원지의 구조적 측면에서

섬유의 내부와 표면에 분포하여 세라믹 첨가량이 증가함에 따라 겉보기 밀도가 낮아지고 bulk 해지는 경향이였으며, 우드세라믹의 경우 표면 분포가 많고, 왕겨세라믹의 경우 내부로 많이 침투되어, 왕겨세라믹 첨가지의 밀도가 우드세라믹 첨가지에 비해 높은 것으로 나타났다. 또한 세라믹의 첨가량이 증가함에 따라 인장강도, 습인장강도, 파열강도, 인열강

도, 내절도에서 모두 그 성질이 감소하였으며, 우드세라믹 첨가지는 왕겨세라믹 첨가지에 비해 인열강도를 제외한 모든 강도에서 우수하였다. 이에 따라 우드세라믹 5% 첨가의 경우 벽지 원지로서 사용시, 강도 면에서 적절한 것으로 나타났다. 또한 세라믹 첨가에 따라 연소시간은 다소 길어졌으며, 투기도 및 백색도는 다소 낮아지는 경향이었다.

사 사

본 실험에 사용한 닥펄프를 제공해 주신 성일한지에 깊이 감사의 말씀을 올립니다.

5. 인용문헌

1. 김광수. 1996. 왕겨활성탄 제조에 관한 실험적 연구. 대한환경공학회지 18(11):1313-1320.
2. 김광수, 최희철, 배영진, 안재환, 조형래. 1997. 왕겨활성탄의 흡착특성. 한국수질보전학회지 13(3): 293-298.
3. 김태영, 백일현, 윤영균, 정노희, 남기대. 1998. 왕겨 및 톱밥을 이용한 활성탄 제조 및 계면활성제 흡착성능. 한국유화학회지 15(1):79-90.
4. 오승원. 2004. 간벌재를 이용한 기능성 Woodceramics 발열판 제조기술개발. 연구보고서.
5. 오승원, 박금희, 정인수, 2005. 톱밥과 왕겨로 제조된 혼합세라믹의 물성 -수지함침율 및 소성온도의 영향-. 목재공학 33(3):30-37.
6. 윤승락, 조현진, 박상범, 김효주, 김재경, 김사익. 1996. 한지벽지 제조에 관한 연구 (I) -벽지용 한지의 제조 및 특성-. 목재공학 24(4):15-21.
7. 윤승락, 조현진, 박상범, 김재경, 김사익, 김효주, 이문희. 1997. 한지벽지 제조에 관한 연구 (II) -한지벽지 제조 및 특성-. 목재공학 25(4):17-21.
8. 조현영. 2003. 환경 친화적 마감재 활용 방안에 관한 연구: 천연염색벽지를 중심으로. 동서대 디지털 디자인대학원 학위논문.
9. 조현진. 2002. 기능성 한지벽지 개발. 월간 임업정보 136(8):52-56.
10. 조현진. 2005. 한지의 새로운 용도 개발에 대하여. 한지문화연구 5:44-60.
11. 岡部敏弘. 1996. 우드세라믹스. 内田老鶴圃.