



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0120028
(43) 공개일자 2015년10월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B27M 1/06 (2006.01) B27K 5/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0045522
(22) 출원일자 2014년04월16일
심사청구일자 2014년10월27일

(71) 출원인
경상대학교산학협력단
경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)
(72) 발명자
변희섭
경남 진주시 진주대로 1317 (이현동, 이현하이클래스웰가아파트) 111동 2103호
김봉곤
경남 진주시 하대로 142, 101동 908호 (하대동, 현대아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이원희

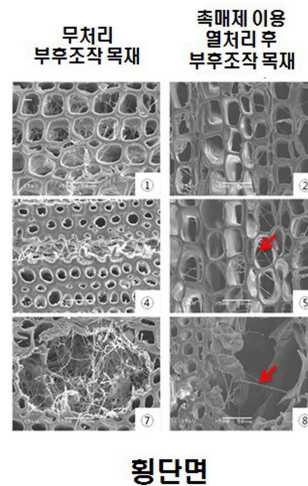
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 내구성 및 내부후성이 증가된 목재 및 목질재료의 열처리 방법

(57) 요약

본 발명은 내구성 및 내부후성이 증가된 목질 및 목질재료의 열처리 방법에 관한 것으로, 구체적으로 열처리 촉매제 및 열처리(탄화)된 목재 또는 목질재료는 친환경 재료로 자연환경을 보존할 수 있고, 건축 재료용의 목재 및 목질재료 사용이 가능하다. 또한 기존에 솟이 지니고 있는 흡착성, 조습성, 전자파 차폐성, 난연성 및 공기정화기능을 유지하면서, 낮은 온도의 열처리로 내구성 및 내부후성(decay resistance)을 유의적으로 증가시키므로, 상기 열처리 촉매제 및 열처리 방법으로 열처리(탄화)제조된 목재 또는 목질재료를 친환경 생태복원용 소재, 건축용 소재 등 탄화 목재(숯)를 사용하는 다양한 분야에 유용하게 사용될 수 있다.

대표도 - 도11



횡단면

(72) 발명자

원경록

경남 사천시 사남면 초전로 26

홍남의

경남 창원시 마산합포구 중앙남8길 50 2층

강상욱

경남 밀양시 내이동 905-1 해천길 32-1

권수상

경남 창원시 의창구 동읍 동읍로83번길 9

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2013-0242

부처명 산림청

연구관리전문기관 산림청

연구사업명 임업기술연구개발(보조포함)

연구과제명 (4핵심 1세부) 생태복원을 위한 기능성 친환경 소재개발

기 여 율 1/1

주관기관 경상대학교

연구기간 2013.04.15 ~ 2014.04.14

명세서

청구범위

청구항 1

목재에 열처리 촉매제 및 열처리하는 단계를 포함하는 목재 및 목질 재료 열처리(탄화)방법.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 목재는 소나무(*Pinus densiflora*), 낙엽송(*Larix kaempferi*), 원목, 단판(Veneer), 합판(Plywood), PB(Particle Board), MDF(Medium Density Fiberboard), HDF(High Density Fiberboard), OSB(Oriented Strand Board), 플레이크 보드(Flake board), 적층재목(Block board), 원목단판(Solid wood veneer), 골판지, 종이, 적층마루판(Laminate flooring), 합판마루(Plywood flooring), 목질루버(Woody louver) 및 목질사이드(Woody siding)으로 구성된 군으로부터 선택되는 어느 하나인 것을 특징으로 하는 목재 및 목질 재료 열처리(탄화)방법.

청구항 3

제 1항에 있어서, 상기 열처리 촉매제는 황산, 염산, 질산인 것을 특징으로 하는 목재 및 목질 재료 열처리(탄화)방법.

청구항 4

제 1항에 있어서, 상기 열처리는 목재를 가열하는 것을 특징으로 하는 목재 및 목질 재료 열처리(탄화)방법.

청구항 5

제 1항에 있어서, 상기 열처리 촉매제는 4 내지 12%인 것을 특징으로 하는 목재 및 목질 재료 열처리(탄화)방법.

청구항 6

제 1항에 있어서, 상기 열처리는 80 내지 300℃ 온도에서 10 내지 300분간 열처리하는 것을 특징으로 하는 목재 및 목질 재료 열처리(탄화)방법.

청구항 7

제 1항에 있어서, 상기 방법은 목재 및 목질재료의 내부후성(decay resistance) 및 내구성을 증가시키는 것을 특징으로 하는 목재 및 목질 재료 열처리(탄화)방법.

청구항 8

제 1항에 있어서, 상기 방법은 목재 및 목질재료의 흡착성, 조습성, 전자파 차폐성, 난연성 및 공기정화기능으로 구성된 군으로부터 선택되는 어느 하나 이상을 증가시키는 것을 특징으로 하는 목재 및 목질 재료 열처리(탄화)방법.

청구항 9

목재에 열처리 촉매제 및 열처리하는 단계를 포함하는 탄화된 목재 및 목질재료 제조 방법.

청구항 10

제 9항에 있어서, 상기 탄화된 목재 및 목질재료는 생태복원용 및 건축 소재용 목재인 것을 특징으로 하는 탄화된 목재 및 목질 재료 제조 방법.

청구항 11

제 9항에 있어서, 상기 탄화된 목재 및 목질재료는 내부후성, 내구성, 흡착성, 조습성, 전자파 차폐성, 난연성 및 공기정화기능으로 구성된 군으로부터 선택되는 어느 하나 이상이 증가된 것을 특징으로 하는 탄화된 목재 및 목질 재료 제조 방법.

청구항 12

열처리 촉매제, 및 80 내지 130℃ 온도에서 10 내지 300분간 열처리된 탄화된 목재 및 목질재료.

청구항 13

제 12항에 있어서, 상기 열처리 촉매제는 황산인 것을 특징으로 하는 탄화된 목재 및 목질재료.

청구항 14

제 12항에 있어서, 상기 탄화된 목재 및 목질재료는 생태복원용 및 건축 소재용 목재인 것을 특징으로 하는 탄화된 목재 및 목질재료.

청구항 15

제 12항에 있어서, 상기 탄화된 목재 및 목질재료는 내부후성, 내구성, 흡착성, 조습성, 전자파 차폐성, 난연성 및 공기정화기능으로 구성된 군으로부터 선택되는 어느 하나 이상이 증가된 것을 특징으로 하는 탄화된 목재 및 목질재료.

청구항 16

- 1) 목재에 열처리 촉매제를 처리하는 단계;
- 2) 상기 단계 1)의 열처리 촉매제가 처리된 목재 또는 목질재료에 열처리하는 단계; 및
- 3) 단계 2)의 열처리 촉매제를 이용한 열처리된 탄화 목재 또는 목질재료를 생태복원지에 도입하는 단계를 포함하는 생태복원 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 내구성 및 내부후성이 증가된 목질 및 목질재료의 열처리 방법, 및 목재에 열처리 촉매제 및 열처리하는 단계를 포함하는 탄화된 목재 및 목질재료 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 현재 우리나라는 자연 재해뿐 아니라 무분별한 개발로 인한 자연 생태계 파괴 위험이 고조되고 있다. 이러한 생태계 파괴는 훼손지역만이 아닌 주변의 생태계에도 악영향이 예상되며 결국에는 막대한 경제적 손실을 초래한다. 훼손지역은 물리적 수단에 의해 안정화시킬 수도 있지만 이러한 것은 비용이 많이 들고 수명 또한 크게 길지 않다. 따라서, 훼손된 토양 및 산림에 대한 신속하고 효과적인 복원기술 개발이 절실한 실태이다.

[0003] 최근 훼손지역의 생태적 복원을 목표로 식생 생육의 기반 조성에 관한 다양한 기술들이 개발되고 있는 추세이다. 하지만 이러한 생태복원용 소재는 대부분 콘크리트, 금속류 등 무기계 소재가 대부분이며, 생태복원용 소재로 유기화학약품으로 방부처리된 목재가 많이 사용되고 있지만 이에 대한 특별한 대안이 없는 상황이다.

[0004] 또한, 일반적으로 널리 알려진 숯(탄화된 목재)의 효능에는 원적외선 방사기능, 음이온 방출기능, 부패방지 및 탈취기능 등이 있으며, 이러한 기능을 통해 탈취효과는 물론 유해 중금속의 흡착 제거효과를 가져오므로, 숯을 활용한 다양한 발명이 개시되어 있으나, 숯의 우수한 기능 및 역할에 알려져 있는데도 불구하고, 숯의 제조공정상 300℃ 이상의 고온 처리하여 숯을 제조하여야 하므로, 경도가 감소하여 건축용 자재 등에 소재로 사용하기 어려운 단점이 있다.

[0005] 한편, 국내 복원 및 건축 시공업체에서는 친환경적이고, 우수한 내구성 등 기능성을 가지는 저렴한 목재 소재를 요구하고 있는 실정으로, 많은 연구자들이 친환경적이고, 우수한 내구성 등을 갖는 목재 또는 목질재료를 개발하기 위해 노력하고 있으나, 내구성, 내부후성(decay resistance) 및 다양한 기능성이 모두 증가된 친환경적인 생태복원용 소재, 건축용 소재에 대해서는 알려진 바 없다.

[0006] 한편, 내구성 또는 내부후성이 증가된 목재를 제조하는 방법에 관한 선행문헌으로, 일본 등록특허 제03086058호에는 포름알데히드원과 이산화 유황의 혼합가스를 120℃의 온도하에서 순환시킴으로써 목재를 포르말화시키는 개량 목질 보드의 제조방법을 개시하고 있고, 대한민국 등록특허 제2012-224708호에는 목재 등 식물성 유기물을 전처리 없이 유기용매 및 산촉매에 직접 용해하여 액화시키는 것을 특징으로 하는 액화목재의 제조방법을 개시하고 있으며, 대한민국 공개특허 제10-2011-0012754호에는 열처리를 통해 탄화시킨 목재에 대하여 개시하고 있으나, 열처리 촉매제 및 열처리를 동시에 적용하여 내구성 및 내부후성을 증가시킨 탄화 목재에 대해서는 알려진 바 없다.

[0007] 이에, 본 발명자들은 생태복원 또는 건축용 소재를 위한 기능성 친환경 소재 개발하기 위해 노력한 결과, 열처리 촉매제 및 열처리방법을 이용한 탄화된 목재는 친환경 재료인 목재를 사용하여 자연환경을 보존할 수 있고, 건축 재료용의 목재 및 목질재료로 사용 가능하며, 기존에 숯이 지니고 있는 흡착성, 조습성, 전자파 차폐성, 난연성 및 공기정화기능을 유지하면서, 내구성 및 내부후성(decay resistance)을 유의적으로 증가시키므로, 상기 열처리 촉매제 및 열처리 방법으로 제조된 탄화된 목재 또는 목질재료를 친환경 생태복원용 소재, 건축용 소재 등 기존 탄화목재(숯)를 사용하는 다양한 분야에 유용하게 사용될 수 있음을 밝힘으로써, 본 발명을 완성하였다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명의 목적은 내구성 및 내부후성이 증가된 목질 및 목질재료의 열처리 방법을 제공하는 것이다.
- [0009] 또한, 열처리 촉매제, 및 80 내지 300℃ 온도에서 10 내지 100분간 열처리된 탄화된 목재 및 목질재료, 및 이의 제조방법을 제공하는 것이다.
- [0010] 아울러, 본 발명은
- [0011] 1) 목재에 열처리 촉매제를 처리하는 단계;
- [0012] 2) 상기 단계 1)의 열처리 촉매제가 처리된 목재 또는 목질재료에 열처리하는 단계; 및
- [0013] 3) 상기 단계 2)의 열처리 촉매제 및 열처리된 탄화된 목재 또는 목질재료를 생태복원지에 도입하는 단계를 포함하는 생태복원 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0014] 상기 목적을 해결하기 위하여, 본 발명은 목재에 열처리 촉매제 및 열처리하는 단계를 포함하는 목재 및 목질재료 열처리(탄화)방법을 제공한다.
- [0015] 또한, 목재에 열처리 촉매제 및 열처리하는 단계를 포함하는 탄화된 목재 및 목질재료 제조 방법을 제공한다.
- [0016] 또한, 본 발명은 열처리 촉매제, 및 80 내지 300℃ 온도에서 10 내지 300분간 열처리된 탄화된 목재 및 목질재료를 제공한다.
- [0017] 아울러, 본 발명은
- [0018] 1) 목재에 열처리 촉매제를 처리하는 단계;
- [0019] 2) 상기 단계 1)의 열처리 촉매제가 처리된 목재 또는 목질재료에 열처리하는 단계; 및
- [0020] 3) 상기 단계 2)의 열처리 촉매제 및 열처리된 탄화된 목재 또는 목질재료를 생태복원지에 도입하는 단계를 포함하는 생태복원 방법을 제공한다.

발명의 효과

- [0021] 본 발명은 내구성 및 내부후성이 증가된 목질 및 목질재료의 열처리 방법에 관한 것으로, 구체적으로 열처리 촉매제 및 열처리(탄화)된 목재 또는 목질재료는 친환경 재료로 자연환경을 보존할 수 있고, 건축 재료용의 목재 및 목질재료 사용이 가능하다. 또한 기존에 쏘이 지니고 있는 흡착성, 조습성, 전자파 차폐성, 난연성 및 공기정화기능을 유지하면서, 낮은 온도의 열처리로 내구성 및 내부후성(decay resistance)을 유의적으로 증가시키므로, 상기 열처리 촉매제 및 열처리 방법으로 열처리(탄화)제조된 목재 또는 목질재료를 친환경 생태복원용 소재, 건축용 소재 등 탄화 목재(숯)를 사용하는 다양한 분야에 유용하게 사용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0022] 도 1은 한국산업규격(KS)의 KS F 2006에 의거한 압축 강도성능 시험편(20 mm x 20 mm x 60 mm 규격) 및 한국산업규격(KS)의 KS M 1701에 의거한 내부후성능 시험편(20 mm x 20 mm x 20 mm 규격)을 나타낸 도이다.
- 도 2는 촉매제를 이용한 열처리 조작을 다양한 조건(온도, 시간, 촉매제 농도)을 조합한 실험 결과를 나타낸 도이다.
- 도 3은 촉매제를 이용한 열처리 조작을 다양한 조건(온도, 시간, 촉매제 농도)을 조합한 실험 결과를 통해 탄화깊이의 정도를 나타낸 도이다.
- 도 4는 촉매제를 이용하여 열처리한 소나무 및 낙엽송의 부후조작 3, 7, 15, 60일 후의 육안적 모습을 나타낸 도이다.
- 도 5는 촉매제(2.5%, 5%, 10%)를 이용하여 열처리(105℃, 90분)한 소나무의 부후조작 3, 7, 15, 60일 후의 육

안적 모습을 나타낸 도이다.

도 6은 촉매제를 이용하여 열처리한 낙엽송의 부후조작 3, 7, 15, 60일 후의 육안적 모습을 나타낸 도이다.

도 7은 소나무의 정상 시험편과 열처리를 하지 않은 시험편의 부후조작 60일 후 목재 시험편의 횡단면 모습을 SEM 사진으로 관찰한 모습을 나타낸 도이다.

1 및 2: 수직 수지구(X500);

3 및 4: 조재(X500); 및

5 및 6: 만재(X500).

도 8은 소나무의 정상 시험편과 열처리를 하지 않은 시험편의 부후조작 60일 후 목재 시험편의 방사단면과 접선단면 모습을 SEM 사진으로 관찰한 모습을 나타낸 도이다.

방사단면의

1 및 2: 벽공(X500);

3 및 4: 벽공(X1000);

접선단면의

1 및 2: 방사조직(X500); 및

3 및 4: 방사조직(X1000).

도 9는 낙엽송의 부후조작 60일 후 목재 시험편의 횡단면 모습을 SEM 사진으로 관찰한 모습을 나타낸 도이다.

1 및 2: 수직 수지구(X500); 및

3 및 4: 조재(X500).

도 10은 낙엽송의 부후조작 60일 후 목재 시험편의 방사단면과 접선단면 모습을 SEM 사진으로 관찰한 모습을 나타낸 도이다.

방사단면의

1 및 2: 벽공(X500);

3 및 4: 벽공(X1000);

접선단면의

1 및 2: 방사조직(X500); 및

3 및 4: 방사조직(X1000).

도 11은 촉매제를 이용하여 열처리한 소나무 시험편의 횡단면 모습을 SEM 사진으로 관찰한 모습을 나타낸 도이다.

도 12는 촉매제를 이용하여 열처리한 소나무 시험편의 방사단면 및 접선단면 모습을 SEM 사진으로 관찰한 모습을 나타낸 도이다.

도 13은 촉매제 농도(2.5%, 5%, 10%)에 따라 열처리(105℃, 90분)한 소나무 및 낙엽송의 부후조작 60일 후 목재의 중량감소율을 나타낸 도이다.

도 14는 촉매제(5%)를 이용하여 온도별(80℃, 105℃, 130℃) 열처리(90분)한 소나무 및 낙엽송의 부후조작 60일 후 목재의 중량감소율을 나타낸 도이다.

도 15는 촉매제(5%)를 이용하여 시간별(45분, 90분, 180분) 열처리(105℃)한 소나무 및 낙엽송의 부후조작 60일 후 목재의 중량감소율을 나타낸 도이다.

도 16은 촉매제 농도(2.5%, 5%, 10%)에 따라 열처리(105℃, 90분)한 소나무 및 낙엽송의 부후조작 60일 후 목재의 압축강도 및 탄성률을 나타낸 도이다.

도 17은 촉매제(5%)를 이용하여 온도별(80℃, 105℃, 130℃) 열처리(90분)한 소나무 및 낙엽송의 부후조작 60

일 후 목재의 압축강도 및 탄성률을 나타낸 도이다.

도 18은 촉매제(5%)를 이용하여 시간별로(45분, 90분, 180분) 열처리(105℃)한 소나무 및 낙엽송의 부후조작 60 일 후 목재의 압축강도 및 탄성률을 나타낸 도이다.

도 19는 촉매이용 열처리법을 통한 탄화시키고자 하는 부분을 선택적으로 탄화처리한 목재를 나타낸 도이다.

도 20은 촉매제를 이용한 열처리 조작을 다양한 조건(온도, 시간, 촉매제 농도)을 조합한 실험 결과를 통해 발생하는 문제점을 나타낸 도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0023] 이하, 본 발명을 상세히 설명한다.
- [0024] 본 발명은 목재에 열처리 촉매제 및 열처리하는 단계를 포함하는 목재 및 목질 재료 열처리(탄화)방법을 제공한다.
- [0025] 또한, 목재에 열처리 촉매제 및 열처리하는 단계를 포함하는 탄화된 목재 및 목질 재료 제조 방법을 제공한다.
- [0026] 상기 목재는 소나무(*Pinus densiflora*), 낙엽송(*Larix kaempferi*), 원목, 단판(Veneer), 합판(Plywood), PB(Particle Board), MDF(Medium Density Fiberboard), HDF(High Density Fiberboard), OSB(Oriented Strand Board), 플레이크 보드(Flake board), 적층재목(Block board), 원목단판(Solid wood veneer), 골판지, 종이, 적층마루판(Laminate flooring), 합판마루(Plywood flooring), 목질루버(Woody louver), 목질사이딩(Woody siding)인 것이 바람직하나 이에 한정되지 않는다.
- [0027] 상기 탄화된 목재 및 목질재료는 생태복원용 및 건축용 목재용인 것이 바람직하나 이에 한정되지 않는다.
- [0028] 상기 열처리 촉매제는 강산을 사용하는 것이 바람직하고, 황산, 염산, 질산인 것이 보다 바람직하고, 황산인 것이 가장 바람직하며, 상기 열처리하는 황산으로 처리된 목재를 가열하는 것이 바람직하다.
- [0029] 상기 열처리 촉매제는 4 내지 12% 황산인 것이 바람직하고, 상기 황산이 4% 이하인 경우, 탄화층 형성이 유의적으로 형성되지 않고, 상기 황산 12%, 바람직하게 황산 10% 이상 처리할 경우, 목재의 과잉 부식을 초래할 수 있으므로, 상기 열처리 촉매제는 4 내지 12% 황산인 것이 바람직하고, 5 내지 10% 황산인 것이 보다 바람직하나 이에 한정되지 않는다.
- [0030] 상기 열처리는 80 내지 300℃ 온도에서 10 내지 300분간 열처리하는 것이 바람직하고, 110 내지 140℃ 온도에서 80 내지 100분간 열처리하는 것이 보다 바람직하나 이에 한정되지 않는다. 또한, 상기 열처리 온도는 80℃ 온도 이하로 진행할 경우, 유의적인 내부후성 및 숯이 가지는 흡착성, 조습성, 전자파 차폐성, 난연성 및 공기정화기능 효과를 나타내지 않고, 300℃ 이상의 온도로 열처리를 진행할 경우, 일반적인 탄화 목재(숯)의 단점인 내구성이 급격히 감소하고, 목재의 할렬(갈라짐)이 발생하여, 건축자재 및 생태복원용 소재로 유용하게 사용될 수 없으므로, 상기 열처리 온도는 80 내지 300℃ 온도에서 10 내지 300분간 열처리하는 것이 바람직하고, 110 내지 140℃ 온도에서 80 내지 100분간 열처리하는 것이 보다 바람직하다.
- [0031] 상기 탄화된 목재는 내부후성(decay resistance) 및 목재의 내구성이 증가되고, 탄화목재(숯)이 가지는 흡착성, 조습성, 전자파 차폐성, 난연성 및 공기정화기능을 유지하는 것이 바람직하고, 목재의 내부후성 및 내구성 증가를 통해 상기 탄화된 목재는 친환경적인 생태복원용 및 건축용 목재용 소재로 사용될 수 있으나 이에 한정되지 않는다.
- [0032] 본 발명의 구체적인 실시예에서, 본 발명자들은 목재의 시험편에 촉매제를 이용한 열처리를 한 후 한국산업규격(KS)의 KS F 2206에 의거하여 실시한 내부후성 시험 후 육안을 통해 관찰하였으며 그 결과, 소나무와 낙엽송 모두 균사의 생장이 매우 느리며 균사가 얇게 덮인 것을 확인하였다(도 4 내지 도 6 참조).
- [0033] 또한, 본 발명자들은 소나무 및 낙엽송 목재의 시험편에 60일간 부후조작 처리된 시험편과 부후조작 처리를 하지 않은 정상 시험편을 전계방출형 주사전자현미경(Field emission scanning electron microscope)을 통하여 횡단면, 방사단면, 접선단면을 관찰하였으며 그 결과, 소나무 시험편의 횡단면에서는 정상 시험편에 비해 수직 수지구에 균사가 많이 생장 분포하고 있는 것을 확인할 수 있었으며 세포내강에도 균사가 들어있는 것을 확인하

었고, 부후처리 한 시험편의 방사단면에서는 세포내강과 벽공에 걸쳐 군사가 들어있는 것을 확인할 수 있었으며 벽공이 파괴되고 벽공을 통한 군사의 이동을 관찰할 수 있었다. 또한, 부후처리한 시험편의 접선단면에서는 방사조직에 군사가 생장 분포하고 있는 것을 확인할 수 있으며 군사에 의해 가도관 벽에 생긴 천공이 관찰되었다(도 7 및 도 8 참조). 낙엽송 시험편의 경우, 횡단면에서는 정상 시험편에 비해 수직수지구에 군사가 많이 생장 분포하고 있는 것을 확인할 수 있으며 세포내강에도 군사가 들어있는 것이 관찰되었고, 부후처리 한 방사단면에서는 세포내강에 군사가 생장 분포하고 있는 것을 확인할 수 있으며 분야벽공과 벽공이 파괴되어 있음이 관찰되었다. 또한, 부후처리 한 접선단면에서는 방사조직에 군사가 생장 분포하고 있는 것을 확인할 수 있으며 군사에 의해 가도관 벽에 생긴 천공이 관찰되었다(도 9 및 도 10 참조).

[0034]

또한, 본 발명자들은 촉매제를 이용하여 열처리한 소나무 및 낙엽송 목재의 시험편에 60일간 부후조작 처리하여 전계방출형 주사전자현미경을 통해 횡단면, 방사단면, 접선단면을 관찰하였으며 그 결과, 촉매제의 농도가 높은 열처리 시험편의 세포내강 및 수직수지구에서 군사가 관찰되지 않았고, 촉매제의 농도가 높은 열처리 시험편의 방사단면에서는 군사에 의한 피해는 거의 관찰되지 않았으며, 촉매제의 농도가 높은 열처리 시험편의 접선단면에서는 군사에 의한 피해는 거의 찾아 볼 수 없었다(도 11 및 도 12 참조).

[0035]

또한, 본 발명자들은 소나무 및 낙엽송 목재의 시험편에 촉매제를 이용한 열처리를 한 후 부후조작을 하였고 열처리 온도를 150℃, 열처리 시간을 90분으로 고정하여 촉매제의 농도(2.5%, 5%, 10%)에 따른 중량변화를 나타내었으며 그 결과, 처리한 소나무의 중량변화는 정상대조군의 중량감소율 25.51% 보다 촉매제 농도별 처리한 조건 1, 2, 3의 중량감소율이 20.02%, 12.23%, 10.05%로 모든 처리조건에서 감소율이 낮았으며, 낙엽송의 경우 아무런 처리하지 않은 정상대조군의 중량감소율 21.09% 보다 촉매제 농도별 처리한 조건 1, 2, 3의 중량감소율이 8.29%, 2.67%, 2.59%로 모든 처리조건에서 감소율이 낮은 것을 확인하였다(표 2 및 도 13 참조). 또한, 촉매제의 농도를 5%, 열처리 시간을 90분으로 고정하여 열처리 온도(80℃, 105℃, 150℃)에 따른 중량변화를 나타내었으며 그 결과, 처리한 소나무 시험편의 중량변화는 정상대조군의 중량감소율 24.05% 보다 열처리 온도별 처리한 조건 1, 2, 3의 중량감소율이 12.59%, 8.50%, 5.47%로 모든 처리조건에서 감소율이 낮았고, 낙엽송 시험편의 경우 정상대조군의 중량감소율 20.98% 보다 열처리 온도별 처리한 조건 1, 2, 3의 중량감소율이 5.64%, 5.26%, 3.14%로 모든 처리조건에서 감소율이 낮은 것을 확인하였다(표 2 및 도 14 참조). 또한, 촉매제의 농도를 5%, 열처리 온도를 105℃로 고정하여 열처리 시간(45분, 90분, 180분)에 따른 중량변화를 나타내었으며 그 결과, 처리한 소나무 시험편의 중량변화는 정상대조군의 중량감소율 19.76% 보다 열처리 시간별 처리한 조건 1, 2, 3의 중량감소율이 9.67%, 9.91%, 10.03%로 모든 처리조건에서 감소율이 낮았고, 낙엽송 시험편의 경우 정상대조군의 중량감소율 14.46% 보다 열처리 시간별 처리한 조건 1, 2, 3의 중량감소율이 8.49%, 5.36%, 6.08%로 모든 처리조건에서 감소율이 낮은 것을 확인하였다(표 2 및 도 15 참조).

[0036]

또한, 본 발명자들은 소나무 및 낙엽송 목재의 시험편에 촉매제를 이용한 열처리를 한 후 부후조작을 하였고 열처리 온도를 150℃, 열처리 시간을 90분으로 고정하여 촉매제의 농도(2.5%, 5%, 10%)에 따른 압축강도 및 탄성률을 나타내었으며 그 결과, 소나무의 압축강도는 정상대조군의 압축강도 8.18 Mpa보다 처리한 조건 1, 2, 3의 압축강도 12.96 Mpa, 26.62 Mpa, 24.09 Mpa가 모두 높았고, 압축 탄성계수도 정상대조군의 압축탄성계수 2.78 Gpa보다 처리한 조건 1, 2, 3의 압축탄성계수가 3.98 Gpa, 4.50 Gpa, 3.97 Gpa로 모두 높게 나타나는 것을 확인하였다. 낙엽송의 경우 처리조건 1의 압축강도 32.23 Mpa를 제외하고 정상대조군의 압축강도 32.61 Mpa에 비해 처리한 조건 2, 3의 압축강도가 34.73 Mpa, 37.52 Mpa로 높게 나타났고, 압축탄성계수는 처리조건 1의 압축탄성계수 4.39 Gpa를 제외하고 정상대조군의 압축탄성계수 4.51 Gpa 보다 처리한 조건 2, 3의 압축탄성계수가 4.51 Gpa, 4.97 Gpa로 모두 높게 나타나는 것을 확인하였다(표 3 및 도 16). 또한, 열처리용 촉매제의 농도를 5%, 열처리 시간을 90분으로 고정하여 열처리 온도(80℃, 105℃, 150℃)에 따른 압축강도 및 탄성률을 나타내었으며 그 결과, 소나무 시험편의 압축강도는 정상대조군의 압축강도 7.66 Mpa보다 처리한 조건 1, 2, 3의 압축강도가 25.15 Mpa, 27.67 Mpa, 29.03 Mpa로 모두 높았으며 압축탄성계수도 정상대조군의 압축탄성계수 34.37 Mpa보다 처리한 조건 1, 2, 3의 압축탄성계수가 41.32 Mpa, 39.18 Mpa, 40.58 Mpa로 모두 높게 나타나는 것을 확인하였다. 낙엽송의 경우 정상대조군의 압축강도 16.37 Gpa보다 처리한 조건 1, 2, 3의 압축강도가 41.32 Mpa, 39.18 Mpa, 40.58 Mpa로 모두 높게 나타났으며 압축탄성계수도 정상대조군의 압축탄성계수 5.70 Gpa보다 처리한 조건 1, 2, 3의 압축 탄성계수가 6.26 Gpa, 5.99 Gpa, 5.87 Gpa로 모두 높게 나타나는 것을 확인하였다(표 3 및 도 17). 또한, 열처리용 촉매제의 농도를 5%, 열처리 온도를 105℃로 고정하고 열처리 시간(45분, 90분, 180분)에 따른 압축강도 및 탄성률을 나타내었으며 그 결과, 소나무 시험편의 압축강도는 처리하지 않은 정상대

조군의 압축강도 25.12 Mpa보다 처리한 조건 1, 2, 3의 압축강도 14.22 Mpa, 30.12 Mpa, 31.40 Mpa가 모두 높았으며 압축탄성계수도 정상대조군의 압축탄성계수 3.40 Mpa보다 처리한 조건 1, 2, 3의 압축탄성계수 4.98 Gpa, 5.07 Gpa, 5.05 Gpa가 모두 높게 나타나는 것을 확인하였다. 낙엽송 시험편의 경우 정상대조군의 압축강도 17.35 Mpa보다 처리한 조건 1, 2, 3의 압축강도 39.13 Mpa, 37.98 Mpa, 39.03 Mpa가 모두 높았으며 압축탄성계수도 정상대조군의 압축탄성계수 5.12 Gpa보다 처리한 조건 1, 2, 3의 압축탄성계수 5.54 Gpa, 5.46 Gpa, 5.46 Gpa가 모두 높게 나타나는 것을 확인하였다(표 3 및 도 18).

[0037] 따라서, 본 발명의 열처리 촉매제 및 열처리방법을 이용한 탄화된 목재 및 목질 재료는 친환경 재료인 목재를 사용하여 자연환경을 보존할 수 있고, 상기 열처리 촉매제 및 열처리로 인하여, 숯이 가지는 흡착성, 조습성, 전자파 차폐성, 난연성 및 공기정화기능은 유지하며, 내구성 및 내부후성(decay resistance)을 유의적으로 증가시키므로, 상기 탄화 목재 및 목질재료를 친환경 생태복원용 또는 건축 소재로 유용하게 사용될 수 있다.

[0038] 또한, 본 발명은 열처리 촉매제, 및 80 내지 300℃ 온도에서 10 내지 300분간 열처리된 탄화된 목재 및 목질재료를 제공한다.

[0039] 상기 탄화된 목재는 생태복원용 또는 건축 소재용 목재인 것이 바람직하나 이에 한정되지 않는다.

[0040] 상기 목재는 소나무(*Pinus densiflora*), 낙엽송(*Larix kaempferi*), 원목, 단판(Veneer), 합판(Plywood), PB(Particle Board), MDF(Medium Density Fiberboard), HDF(High Density Fiberboard), OSB(Oriented Strand Board), 플레이크 보드(Flake board), 적층제재목(Block board), 원목단판(Solid wood veneer), 골판지, 종이, 적층마루판(Laminate flooring), 합판마루(Plywood flooring), 목질루버(Woody louver), 목질사이딩(Woody siding)인 것이 바람직하나 이에 한정되지 않는다.

[0041] 상기 열처리 촉매제는 강산인 것이 바람직하고, 황산, 염산, 질산인 것이 보다 바람직하고, 황산인 것이 가장 바람직하며, 상기 열처리는 열처리 촉매제가 처리된 목재를 가열하는 것이 바람직하다.

[0042] 상기 열처리 촉매제는 4 내지 12% 황산인 것이 바람직하고, 5 내지 10% 황산인 것이 보다 바람직하나 이에 한정되지 않는다.

[0043] 상기 열처리는 100 내지 160℃ 온도에서 60 내지 100분간 열처리 하는 것이 바람직하고, 110 내지 140℃ 온도에서 80 내지 100분간 열처리하는 것이 보다 바람직하나 이에 한정되지 않는다.

[0044] 상기 생태복원용 목재는 내부후성(decay resistance) 및 목재의 내구성이 증가된 것이 바람직하나 이에 한정되지 않는다.

[0045] 본 발명의 열처리 촉매제 및 열처리방법을 이용한 탄화된 목재 및 목질 재료는 친환경 재료인 목재를 사용하여 자연환경을 보존할 수 있고, 상기 열처리 촉매제 및 열처리로 인하여, 숯이 가지는 흡착성, 조습성, 전자파 차폐성, 난연성 및 공기정화기능은 유지하며, 내구성 및 내부후성(decay resistance)을 유의적으로 증가시키므로, 상기 탄화 목재 및 목질재료를 친환경 생태복원용 또는 건축 소재로 유용하게 사용될 수 있다.

[0046] 아울러, 본 발명은

[0047] 1) 목재에 열처리 촉매제를 처리하는 단계;

[0048] 2) 상기 단계 1)의 열처리 촉매제가 처리된 목재 또는 목질재료에 열처리하는 단계; 및

[0049] 3) 상기 단계 2)의 열처리 촉매제 및 열처리된 탄화된 목재 또는 목질재료를 생태복원지에 도입하는 단계를 포함하는 생태복원 방법.

[0050] 상기 탄화된 목재는 생태복원용 또는 건축 소재용 목재인 것이 바람직하나 이에 한정되지 않는다.

[0051] 상기 목재는 소나무(*Pinus densiflora*), 낙엽송(*Larix kaempferi*), 원목, 단판(Veneer), 합판(Plywood), PB(Particle Board), MDF(Medium Density Fiberboard), HDF(High Density Fiberboard), OSB(Oriented Strand Board), 플레이크 보드(Flake board), 적층제재목(Block board), 원목단판(Solid wood veneer), 골판지, 종이, 적층마루판(Laminate flooring), 합판마루(Plywood flooring), 목질루버(Woody louver), 목질사이딩(Woody siding)인 것이 바람직하나 이에 한정되지 않는다.

siding)인 것이 바람직하나 이에 한정되지 않는다.

[0052] 상기 열처리 촉매제는 강산인 것이 바람직하고, 황산, 염산, 질산인 것이 보다 바람직하고, 황산인 것이 가장 바람직하며, 상기 열처리는 열처리 촉매제가 처리된 목재를 가열하는 것이 바람직하다.

[0053] 상기 열처리 촉매제는 4 내지 12% 황산인 것이 바람직하고, 5 내지 10% 황산인 것이 보다 바람직하나 이에 한정되지 않는다.

[0054] 상기 열처리는 100 내지 160℃ 온도에서 60 내지 100분간 열처리하는 것이 바람직하고, 110 내지 140℃ 온도에서 80 내지 100분간 열처리하는 것이 보다 바람직하나 이에 한정되지 않는다.

[0055] 상기 생태복원용 목재는 내부후성(decay resistance) 및 목재의 내구성이 증가된 것이 바람직하나 이에 한정되지 않는다.

[0056] 상기 생태복원지는 석산개발지역, 특수지역 훼손지, 도시지역 산지 생태계인 것이 바람직하나 이에 한정되지 않는다.

[0057] 따라서, 본 발명의 열처리 촉매제 및 열처리방법을 이용한 탄화된 목재 및 목질 재료는 친환경 재료인 목재를 사용하여 자연환경을 보존할 수 있고, 상기 열처리 촉매제 및 열처리로 인하여, 쏘이 가지는 흡착성, 조습성, 전자과 차폐성, 난연성 및 공기정화기능은 유지하며, 내구성 및 내부후성(decay resistance)을 유의적으로 증가시키므로, 상기 탄화 목재 및 목질재료를 친환경 생태복원용 또는 건축 소재로 유용하게 사용될 수 있다.

[0058] 이하, 본 발명을 실시예에 의해 상세히 설명한다.

[0059] 단, 하기 실시예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐, 본 발명의 내용이 실시예에 의해서 한정되지는 않는다.

[0060] <실시예 1> 목재 시험편의 제조

[0061] 소나무(*Pinus densiflora*) 와 낙엽송(*Larix kaempferi*)를 벌채하여 절삭, 가공 후 4개월 이상 송풍 및 천연 건조를 실시하였으며, 정목제재 방식에 따라 제제한 후 수압대패와 자동 대패로 가공하였다. 압축 강도성능 시험편 제작을 위해 한국산업규격(KS)의 KS F 2206에 의거하여 20 mm x 20 mm x 60 mm 규격의 시험편을 제작하였고, 내부후성능 시험편 제작을 위해 한국산업규격(KS)의 KS M 1701에 의거하여 20 mm x 20 mm x 20 mm 규격의 시험편을 제작하였다(도 1).

[0062] <실시예 2> 촉매제를 이용한 목재의 열처리 방법

[0063] <2-1> 촉매제를 이용한 열처리 방법의 최적 처리 조건의 탐색

[0064] 촉매제를 이용한 열처리 방법의 최적 조건을 확인하기 위하여, 다양한 농도의 황산(H_2SO_4)에 시험편의 탄화시키고자 하는 부분을 침지시킨 다음, 다양한 온도 및 처리시간으로 열처리를 진행하였다.

[0065] 구체적으로, 각 열처리 스케줄은 3개의 단계로 구성하였으며, 1단계에서 열처리 온도를 130℃, 열처리 시간을 30분으로 고정하고 열처리용 촉매제(황산)의 농도를 2.5%, 5%, 10%에서 처리하였다. 2단계에서는 열처리 촉매제 농도는 5%, 처리시간을 30분으로 고정하고 처리온도는 100℃, 130℃, 160℃로 처리하였다. 3단계에서 열처리 촉매제농도는 5%, 처리온도를 130℃로 고정하고 처리시간은 10분, 30분, 60분으로 각각 나누어 처리한 후 처리상태의 외관을 육안으로 관찰하였으며, 내관을 관찰하여 탄화 깊이를 측정하였다.

[0066] 그 결과, 도 2에 나타난 바와 같이 촉매제의 농도 2.5%로 처리한 시험편의 경우 5%와 10%로 처리한 시험편과 비교하여 탄화 정도가 약한 것으로 확인되었다. 탄화 온도별 처리 결과에서는 100℃, 130℃, 160℃의 모든 조건에서 적당한 탄화 층을 형성하여 더 낮은 온도에서도 적당한 탄화 층이 형성되는지에 대한 확인이 필요하였다. 탄화 처리시간별 조건에서는 10분, 30분의 조건에서 탄화 층이 제대로 형성되지 않았다. 따라서 최적의 조건을 찾기 위해서는 더 긴 시간의 조건에서 탄화 층이 형성되는지 확인해볼 필요가 있다(도 2).

[0067] 또한, 도 3에 나타난 바와 같이 각 처리에 따른 탄화깊이 측정 결과 소나무는 농도별 처리에서 촉매제의 농도가 낮은 2.5%로 처리한 시험편의 경우 5%와 10%로 처리한 시험편과 비교하여 탄화 깊이가 약한 것으로 확인되었다. 탄화 온도별 처리 결과에서는 100℃, 130℃, 160℃의 모든 조건에서 적당한 탄화깊이가 형성되었으며, 탄화 처

리시간별 조건에서는 10분, 30분의 조건에서 탄화깊이가 제대로 형성되지 않았다. 낙엽송는 농도별, 탄화온도별, 처리시간에 관계없이 탄화깊이가 약하고 탄화 층이 제대로 형성되지 않았으며, 소나무와 비교하였을 때 촉매제를 10분의 침지 시간 동안 충분히 흡수하지 못한 것을 확인하였다(도 3). 아울러, 상기 방법의 조건을 통해, 도 19에 개시된 바와 같이, 본 발명의 열처리 촉매제를 탄화시키고자 하는 목재 부위에 처리한 후, 열처리를 진행할 경우, 황산의 처리 부분에 따라 목재의 탄화 부분 및 두께의 조절도 가능함을 확인하였다(도 19).

또한, 촉매제를 사용하여 열처리한 시험편의 강도감소율을 측정하기 위해 다음과 같이 실험하였다.

구체적으로, 상기 <실시예 1>에서 제조한 강도성능 시험편을 이용하여 1단계에서 열처리 온도는 130℃, 열처리 시간은 60분으로 고정하고 열처리 촉매제의 농도는 2.5%, 5%, 10%로 처리하였다. 2단계에서는 열처리 촉매제 농도는 5%, 처리시간을 60분으로 고정하고 처리온도는 100℃, 130℃, 160℃로 처리하였다. 3단계에서 열처리 촉매제농도는 5%, 처리온도를 130℃로 고정하고 처리시간은 30분, 60분, 180분으로 각각 나누어 처리한 후 시험편에 나타난 탄화 층의 막 또는 문제점을 검토하였다.

그 결과, 도 20에 나타난 바와 같이 촉매제를 사용하여 열처리한 시험편에서 촉매제의 농도가 낮은 경우는 탄화 층이 적당히 형성되지 않았지만 반대로 탄화온도가 너무 높은 160℃의 경우에는 촉매 열처리 후 많은 할렬이 발생하는 문제점이 나타났다(도 20). 열처리 촉매제 처리 후 할렬(목재의 갈라짐)이 많은 문제점을 줄이기 위하여 높은 촉매제의 농도와 탄화온도를 피하고 적당한 탄화 층이 형성되는 조건을 선택하였다.

<2-2> 촉매제를 이용한 열처리 방법

목재의 내부후성 개선을 위한 촉매제를 이용한 열처리 실험을 위해 공시재료인 소나무(*Pinus densifloea*)와 낙엽송(*Larix kaempferi*)의 시험편을 하기와 같은 방법으로 실험하였다.

구체적으로, 촉매제를 이용한 열처리법에 사용된 촉매제는 황산(H₂SO₄)을 사용하였으며, 촉매제이용 열처리법에 이용한 열처리 장치는 Temperature test chamber(MF-22GH)를 사용하였다. 표 1에 나타난 바와 같이 촉매제의 농도에 따른 최적 조건을 탐색하기 위해 열처리 온도를 105℃, 열처리 시간을 90분으로 고정하고 열처리용 촉매제의 농도를 2.5%, 5%, 10%에서 10분간 처리하였으며, 열처리 온도에 따른 최적조건을 탐색하기 위해 열처리 촉매제 농도를 5%, 처리시간을 90분으로 고정하고 처리온도를 80℃, 105℃, 130℃로 처리하였고, 열처리 시간에 따른 최적의 조건을 탐색하기 위하여 열처리 촉매제 농도를 5%, 처리온도를 105℃로 고정하고 처리시간은 45분, 90분, 180분으로 처리하여 관찰하였다(표 1).

표 1

촉매제를 이용한 열처리법

처리	조건		
	황산농도(%)	처리조건(℃)	처리시간(분)
1	2.5	105	90
2	5	105	90
3	10	105	90
4	5	80	90
5	5	105	90
6	5	130	90
7	5	105	45
8	5	105	90
9	5	105	180

<실시예 3> 부후조작

상기 실시예 <2-2>와 같이 처리한 목재의 내부후성을 실험하기 위해 하기와 같은 부후조작을 실시하였다.

구체적으로, 침엽수를 주로 가해하는 것으로 알려진 공시균인 구름버섯균(*Fomitopsis palustris*)을 국립산림과학원으로부터 분양받아 KS M 2213 규정에 의거하여 PDA(Potato Dextrose Agar, Becton, Dickinson and Company, MD 21152)배지에서 배양하였다. 상기 <실시예 1>에서 제조한 목재 시험편(20 x 20 x 60mm)을 오토크레이브(Autoclave, 제이오텍, AC-12, 65L)에서 121℃에서 15분간 고압 살균하여 데시케이터에 30분 방랭한 후 미리 오토크레이브에 멸균해 두었던 플라스틱제 그물망을 깔고 그 위에 나무 시험편을 섬유 방향이 수직이 되게

하여 온도 15℃ 조건에서 60일간 두어 부패시켰다. 관찰 및 촬영은 1, 3, 5, 7일에 하였으며 이후에는 7일 간격으로 촬영하여 비교 분석하였다.

[0078] <실시에 4> 목재의 내부후성 평가

[0079] <4-1> 주사전자현미경(Scanning electron microscope, SEM) 관찰

[0080] 목재의 내부 현미경관찰을 하기 위해 주사전자현미경(Scanning electron microscope)을 이용하였다.

[0081] 구체적으로, 관찰용 시료는 3 x 10 x 3 mm의 크기로 제작하였고, Au로 시료 표면에 증착하여 주사전자현미경을 이용하여 15 kV의 가속 전압 하에서 관찰하였다. 가속된 전자 빔(beam)을 시료 위에 주사시켜 시료로부터 튀어나온 2차 전자, 후방산란전자 및 엑스선을 이용하여 검출된 2차 전자는 광전증배관으로 운반되어 여기서 신호가 증폭된 후 다시 영상 증폭기(video amplifier)에서 영상 신호 증폭을 거친 후 음극선관표시장치(CRT)에서 시료 표면의 미세한 엑스선을 이용하여 마이크론 부분에 대한 성분 분석을 하였다.

[0082] <4-2> 중량감소율 측정

[0083] 상기 실시예 <2-2>의 방법으로 처리된 목재의 중량감소율을 측정하기 위해 한국목재규격(KS)의 KS F 2206(목재의 내부후성)를 참조하여 실험하여 측정하였다.

[0084] 구체적으로, 부후조작이 끝난 후 시험편 표면에 부착된 균체를 흐르는 물에서 부드러운 브러시를 이용하여 깨끗이 닦아내어 약 20시간 바람에 말리고, 60±2℃로 건조하여 항량에 달했을 때의 무게(W2)를 구하고, 하기 식 1에 따라 중량감소율을 산출하였다.

[0085] [수학식 1]

$$\text{질량감소율}(\%) = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

[0086] W1 : 부후처리 전 무게; 및

[0088] W2 : 부후처리 후 무게.

[0089] <4-3> 강도감소율 측정

[0090] 상기 실시예 <2-2>의 방법으로 처리된 목재의 강도감소율을 측정하기 위해 하기와 같은 실험을 실시하였다.

[0091] 구체적으로, 처리된 압축 강도성능시험용 시험편을 항온항습실(온도 8±1℃, 습도 65±3%)에서 조습 처리한 시험편으로 한국산업규격(KS)의 KS F 2206(목재의 압축 시험 방법)를 참조하여 시험편의 섬유 방향에 압축 하중이 평행하게 실시하였다. KS F 2206에 의거하여 피로검용 만능강도시험기(Shimadzu, model EHF-ED10-20L)를 이용하여 하중속도(cross head speed) 1.0 mm/분의 조건으로 시험편의 횡단면이 하중 블록의 사이에 상하로 향하도록 위치시키고 균일한 하중이 횡단면에 가해지도록 시험을 실시하였다. 섬유방향 압축 강도성능시험을 통하여 하중과 변형의 관계로부터 비례 한도 내에서의 섬유방향 압축 탄성계수(E_c)를 구하였고, 최대 하중으로부터 섬유방향 압축강도(σ_{max})를 구하였다. 섬유방향 압축강도와 섬유방향 압축 탄성계수는 식 2와 식 3을 이용하여 구하였다. 강도감소율은 각 처리조건별로 부후 조작하지 않은 시험편의 압축강도(σ₁)와 탄성율(E₁)을 같은 조건에서 부후조작한 압축강도(σ₂)와 탄성율(E₂)을 구하여 다음의 식 4와 5로 강도감소율을 구하였다.

[0092] [수학식 2]

$$\sigma_{max} = P_{max} / A$$

[0094] P_{max} : 최대하중; 및

[0095] A : 단면적.

[0096] [수학식 3]

$$E_C = \frac{\Delta P l}{\Delta A}$$

[0097]

[0098] E_C : 압축탄성계수;

[0099] ΔP : 최대하중;

[0100] l : 표점거리; 및

[0101] Δ_l : ΔP에 대한 압축변형.

[0102] [수학식 4]

$$\text{강도감소율}(\%) = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\sigma_1} \times 100$$

[0103]

[0104] σ₁ : 부후조작하지 않은 시험편의 강도; 및

[0105] σ₂ : 부후조작한 시험편의 강도.

[0106] [수학식 5]

$$\text{탄성율 감소율}(\%) = \frac{E_1 - E_2}{E_1} \times 100$$

[0107]

[0108] E₁ : 부후조작하지 않은 시험편의 탄성율; 및

[0109] E₂ : 부후조작한 시험편의 탄성율.

[0110] <실시예 5> 목재의 육안적 관찰을 통한 내부후성 효과

[0111] 촉매제를 이용한 열처리를 한 소나무 및 낙엽송의 목재 시험편에 한국산업규격(KS)의 KS F 2206에 의거하여 실시한 내부후성 시험 후 육안을 통해 관찰하였다.

[0112] 구체적인 실험 방법은, 촉매제를 이용한 열처리 방법의 경우 상기 실시예 <2-2>와 같은 방법으로 실시하였고, 부후조작은 상기 <실시예 3>과 같은 방법으로 실시하였다.

[0113] 그 결과, 도 4 내지 도 6에 나타낸 바와 같이 소나무와 낙엽송 모두 균사 생장이 매우 느리며, 균사가 얇게 덮인 것을 확인하였다(도 4 내지 도 6).

[0114] <실시예 6> 목재의 해부학 관찰을 통한 내부후성 효과

[0115] 부후에 의한 목재의 해부학적 변화를 관찰하기 위해 소나무 및 낙엽송 목재의 시험편에 60일간 부후조작 처리된 시험편과 부후조작 처리를 하지 않은 정상 시험편을 전계방출형 주사전자현미경(Field emission scanning

electron microscope)을 통하여 횡단면, 방사단면, 접선단면을 관찰하였다. 또한, 촉매제를 이용하여 열처리한 소나무 및 낙엽송의 시험편에 부후조작을 하여 같은 실험을 실행하였다.

[0116] 구체적인 실험 방법은, 촉매제를 이용한 열처리는 상기 실시예 <2-2>와 같은 방법으로 실시하였고 모든 부후조작은 상기 <실시예 3>과 같은 방법으로 실시하였다. 또한 주사전자현미경 관찰 방법은 상기 실시예 <4-1>과 같이 실시하였다.

[0117] 그 결과, 도 7에 나타난 바와 같이 60일간 부후조작 처리된 소나무 시험편의 횡단면에서는 부후조작 처리를 하지 않은 정상 시험편에 비해 수직수지구에 군사가 많이 생장 분포하고 있는 것을 확인할 수 있었으며 시험편 제조를 위하여 동일한 방법으로 단면 절삭을 실시하였음에도 세포벽에 열화가 진행되어 절단면이 깨끗하게 절단되지 않고 주름이나 찌그러짐이 많이 발생하였으며 세포내강에도 군사가 들어있는 것을 확인하였다(도 7). 또한, 도 8에 나타난 바와 같이 60일간 부후조작 처리된 소나무 시험편의 방사단면에서는 부후조작 처리를 하지 않은 정상시험편에 비해 세포내강과 벽공에 걸쳐 군사가 들어있는 것을 확인할 수 있었으며 벽공이 파괴되고 벽공을 통한 군사의 이동을 관찰할 수 있었다. 또한, 접선단면에서는 부후조작 처리를 하지 않은 정상 시험편에 비해 방사조직에 군사가 생장 분포하고 있는 것을 확인할 수 있으며 군사에 의해 가도관 벽에 생긴 천공이 관찰되었다(도 8).

[0118] 또한, 도 9에 나타난 바와 같이 60일간 부후조작 처리된 낙엽송 시험편의 횡단면에서는 부후조작 처리를 하지 않은 정상 시험편에 비해 수직수지구에 군사가 많이 생장 분포하고 있는 것을 확인할 수 있으며 시험편 제조를 위하여 동일한 방법으로 단면절삭을 실시하였음에도 세포벽에 열화가 진행되어 절단면이 깨끗하게 절단되지 않고 주름이나 찌그러짐이 많이 발생하였고 세포내강에도 군사가 들어있는 것이 관찰되었다(도 9). 또한, 도 10에 나타난 바와 같이 60일간 부후조작 처리된 낙엽송 시험편의 방사단면에서는 부후조작 처리를 하지 않은 정상 시험편에 비해 세포내강에 군사가 생장 분포하고 있는 것을 확인할 수 있으며 분야벽공과 벽공이 파괴되어 있음이 관찰되었다. 또한, 접선단면에서는 부후조작 처리를 하지 않은 정상 시험편에 비해 방사조직에 군사가 생장 분포하고 있는 것을 확인할 수 있으며 군사에 의해 가도관 벽에 생긴 천공이 관찰되었다(도 10).

[0119] 또한, 도 11에 나타난 바와 같이 60일간 부후조작 처리된 시험편의 횡단면에서는 촉매제를 이용한 열처리 시험편을 60일간 부후조작 처리한 시험편에 비해 할렐부, 수직수지구 및 세포내강에 군사가 가득 차 있는 것을 확인할 수 있었고 촉매제를 이용한 열처리 시험편을 60일간 부후조작 처리한 시험편 중에서도 촉매제의 농도가 높은 열처리 시험편의 세포내강 및 수직수지구에서 군사가 관찰되지 않았다(도 11). 또한, 도 12에 나타난 바와 같이 60일간 부후조작 처리된 시험편의 방사단면에서는 촉매제를 이용한 열처리 시험편을 60일간 부후조작 처리한 시험편에 비해 군사가 벽공을 파괴하고 벽공을 통해 가도관에서 가도관으로 이동하는 것을 관찰 할 수 있으며 촉매제를 이용한 열처리 시험편을 60일간 부후조작 처리한 시험편 중에서도 촉매제의 농도가 높은 열처리 시험편의 방사단면에서는 군사에 의한 피해는 거의 관찰되지 않았다. 또한, 접선단면에서는 부후조작 처리를 하지 않은 정상 시험편에 비해 부후조작을 처리한 시험편이 군사가 방사조직을 파괴하고 방사조직 내에 가득 차있는 모습을 확인할 수 있었고 촉매제를 이용한 열처리 시험편을 60일간 부후조작 처리한 시험편 중에서도 촉매제의 농도가 높은 열처리 시험편의 접선단면에서는 군사에 의한 피해는 거의 찾아 볼 수 없었다(도 12).

[0120] <실시예 7> 목재의 물리적 관찰을 통한 내부후성 효과

[0121] <7-1> 중량감소율

[0122] 소나무 및 낙엽송의 목재 시험편에 촉매제를 이용하여 열처리한 후 부후조작을 하여 중량감소율 측정하였다.

[0123] 구체적인 실험 방법은, 촉매제를 이용한 열처리는 상기 실시예 <2-2>와 같은 방법으로 실시하였고 모든 부후조작은 상기 <실시예 3>과 같은 방법으로 실시하였다. 또한 중량감소율 측정 방법은 상기 실시예 <4-2>와 같이 실시하였다.

[0124] 그 결과, 표 2 및 도 13에 나타난 바와 같이 열처리 온도를 105℃, 열처리 시간을 90분으로 고정하여 촉매제의 농도(2.5%, 5%, 10%)에 따른 중량변화를 나타내었으며, 열처리용 촉매제의 농도조건 1(2.5%, 105℃, 90분), 조건 2(5%, 105℃, 90분), 조건 3(10%, 105℃, 90분)에 따른 소나무의 중량변화는 아무런 처리하지 않은 정상대조군의 중량감소율 25.51% 보다 촉매제 농도별 처리한 조건 1, 2, 3의 중량감소율이 20.02%, 12.23%, 10.05%로 모든 처리조건에서 감소율이 낮은 것을 확인하였다. 소나무의 촉매제이용 열처리법은 처리하지 않은 정상대조군에 비하여 내부후성의 효과가 크게 나타나는 것을 확인하였고 촉매제의 농도 10%에서 처리한 시험편의 내부후

성이 가장 높은 것을 확인하였다.

- [0125] 낙엽송의 경우 아무런 처리하지 않은 정상대조군의 중량감소율 21.09% 보다 촉매제 농도별 처리한 조건 1, 2, 3의 중량감소율이 8.29%, 2.67%, 2.59%로 모든 처리조건에서 감소율이 낮은 것을 확인하였다. 낙엽송의 촉매제 이용 열처리법은 처리하지 않은 정상대조군에 비하여 내부후성의 효과가 높게 나타났고 촉매제의 농도는 10%에서 처리한 시험편의 내부후성이 가장 높은 것을 확인하였다(표 2 및 도 13).
- [0126] 또한, 표 2 및 도 14에 나타낸 바와 같이 열처리용 촉매제의 농도를 5%, 열처리 시간을 90분으로 고정하여 열처리 온도(80℃, 105℃, 130℃)에 따른 중량변화를 나타내었으며, 열처리 온도 조건 1(5%, 80℃, 90분), 조건 2(5%, 105℃, 90분), 조건 3(5%, 130℃, 90분)에 따른 소나무 시험편의 중량변화는 처리하지 않은 정상대조군의 중량감소율 24.05% 보다 열처리 온도별 처리한 조건 1, 2, 3의 중량감소율이 12.59%, 8.50%, 5.47%로 모든 처리조건에서 감소율이 낮은 것을 확인하였다. 소나무의 촉매제이용 열처리법은 처리하지 않은 정상대조군에 비하여 내부후성의 효과가 높은 것을 확인하였고 열처리온도 130℃에서 처리한 시험편의 내부후성이 가장 높은 것을 확인하였다.
- [0127] 낙엽송 시험편의 경우 처리하지 않은 정상대조군의 중량감소율 20.98% 보다 열처리 온도별 처리한 조건 1, 2, 3의 중량감소율이 5.64%, 5.26%, 3.14%로 모든 처리조건에서 감소율이 낮은 것을 확인하였다. 낙엽송의 촉매제 이용 열처리법은 처리하지 않은 정상대조군에 비하여 내부후성의 효과가 높게 나타나는 것을 확인하였고 열처리 온도 130℃에서 처리한 시험편의 내부후성이 가장 높은 것을 확인하였다(표 2 및 도 14).
- [0128] 또한, 표 2 및 도 15에 나타낸 바와 같이 열처리용 촉매제의 농도를 5%, 열처리 온도를 105℃로 고정하고 열처리 시간(45분, 90분, 180분)에 따른 중량변화를 나타내었으며, 열처리 시간 조건 1(5%, 105℃, 45분), 2(5%, 105℃, 90분), 3(5%, 105℃, 180분)에 따른 소나무 시험편의 중량변화는 처리하지 않은 정상대조군의 중량감소율 19.76% 보다 열처리 시간별 처리한 조건 1, 2, 3의 중량감소율이 9.67%, 9.91%, 10.03%로 모든 처리조건에서 감소율이 낮은 것을 확인하였다. 소나무의 촉매제이용 열처리법은 처리하지 않은 정상대조군에 비하여 내부후성의 효과가 높은 것을 확인하였고 열처리시간 45분에서 처리한 시험편의 내부후성이 가장 높았지만 큰 차이는 없다는 것을 확인하였다.
- [0129] 낙엽송 시험편의 경우 처리하지 않은 정상대조군의 중량감소율 14.46% 보다 열처리 시간별 처리한 조건 1, 2, 3의 중량감소율이 8.49%, 5.36%, 6.08%로 모든 처리조건에서 감소율이 낮은 것을 확인하였다. 낙엽송의 촉매제 이용 열처리법은 처리하지 않은 정상대조군에 비하여 내부후성의 효과가 높게 나타났고 열처리시간 90분에서 처리한 시험편의 내부후성이 가장 높았지만 큰 차이는 없는 것을 확인하였다(표 2 및 도 15).

표 2

촉매제를 이용한 열처리 목재의 부후조작 후 중량감소변화

처리 조건	소나무		낙엽송	
	중량감소율 (%)	p-value	중량감소율 (%)	p-value
정상대조군	25.51 a ¹⁾ (4.25)	0.00	21.09 a (7.20)	0.00
2.5%, 105℃, 90min	20.02 b (7.11)		8.29 b (5.17)	
5%, 105℃, 90min	12.23 c (3.32)		2.67 c (0.89)	
10%, 105℃, 90min	10.05 c (3.95)		2.59 c (0.48)	
정상대조군	24.05 a (8.59)	0.00	20.98 a (5.78)	0.00
5%, 80℃, 90min	12.59 b (10.86)		5.64 b (3.79)	
5%, 105℃, 90min	8.50 b (4.11)		5.26 b (2.18)	
5%, 130℃, 90min	5.47 b (1.11)		3.14 b (1.92)	
정상대조군	19.76 a (5.69)	0.00	14.46 a (6.73)	0.00
5%, 105℃, 45min	9.67 b (2.93)		8.49 b (4.39)	
5%, 105℃, 90min	9.91 b (2.91)		5.36 b (1.93)	
5%, 105℃, 180min	10.03 b (4.03)		6.08 b (1.81)	

<7-2> 강도감소율

소나무 및 낙엽송 목재의 시험편을 촉매제를 이용한 열처리를 한 후 부후조작을 하여 압축강도 및 탄성계수를 나타내었다.

구체적인 실험 방법은, 촉매제를 이용한 열처리는 상기 실시예 <2-2>와 같은 방법으로 실시하였고 모든 부후조작은 상기 <실시예 3>과 같은 방법으로 실시하였다. 또한 중량감소율 측정 방법은 상기 실시예 <4-3>과 같이 실시하였다.

그 결과, 표 3 및 도 16에 나타낸 바와 같이 열처리 온도를 105℃, 열처리 시간을 90분으로 고정하여 열처리용 촉매제의 농도(2.5%, 5%, 10%)에 따른 압축강도 및 탄성률을 나타내었으며, 열처리용 촉매제의 농도조건 1(2.5%, 105℃, 90분), 조건 2(5%, 105℃, 90분), 조건 3(10%, 105℃, 90분)에 따른 소나무의 압축강도는 처리하지 않은 정상대조군의 압축강도 8.18 Mpa보다 처리한 조건 1, 2, 3의 압축강도 12.96 Mpa, 26.62 Mpa, 24.09 Mpa가 모두 높았다. 압축 탄성계수도 정상대조군의 압축탄성계수 2.78 Gpa보다 처리한 조건 1, 2, 3의 압축탄성계수가 3.98 Gpa, 4.50 Gpa, 3.97 Gpa로 모두 높게 나타났다. 소나무의 촉매제이용 열처리법은 처리하지 않은 정상대조군에 비하여 높은 강도를 나타내었고 촉매제의 농도는 5%에서 처리한 시험편의 강도가 가장 높았다.

낙엽송의 경우 처리조건 1의 압축강도 32.23 Mpa를 제외하고 정상대조군의 압축강도 32.61 Mpa에 비해 처리한 조건 2, 3의 압축강도가 34.73 Mpa, 37.52 Mpa로 높게 나타났다. 압축탄성계수는 처리조건 1의 압축탄성계수 4.39 Gpa를 제외하고 정상대조군의 압축탄성계수 4.51 Gpa 보다 처리한 조건 2, 3의 압축탄성계수가 4.51 Gpa, 4.97 Gpa로 모두 높게 나타나는 것을 확인하였다. 낙엽송의 촉매제이용 열처리법은 처리하지 않은 정상대조군에 비하여 큰 차이가 나타나지 않은 것을 확인하였다(표 3 및 도 16).

또한, 표 3 및 도 17에 나타낸 바와 같이 열처리용 촉매제의 농도를 5%, 열처리 시간을 90분으로 고정하여 열처리 온도(80℃, 105℃, 130℃)에 따른 압축강도 및 탄성률을 나타내었으며, 열처리 온도 조건 1(5%, 80℃, 90분), 조건 2(5%, 105℃, 90분), 조건 3(5%, 130℃, 90분)에 따른 소나무 시험편의 압축강도는 처리하지 않은 정상대조군의 압축강도 7.66 Mpa보다 처리한 조건 1, 2, 3의 압축강도가 25.15 Mpa, 27.67 Mpa, 29.03 Mpa로 모

두 높았으며 압축탄성계수도 처리하지않은 정상대조군의 압축탄성계수 34.37 Mpa보다 처리한 조건 1, 2, 3의 압축탄성계수가 41.32 Mpa, 39.18 Mpa, 40.58 Mpa로 모두 높게 나타났다. 소나무의 촉매제이용 열처리법은 처리하지 않은 정상대조군에 비하여 높은 강도를 나타내었고 열처리 온도는 130℃에서 처리한 시험편의 강도가 가장 높았다.

[0137]

낙엽송의 경우 처리하지 않은 정상대조군의 압축강도 16.37 Gpa보다 처리한 조건 1, 2, 3의 압축강도가 41.32 Mpa, 39.18 Mpa, 40.58 Mpa로 모두 높게 나타났으며 압축탄성계수도 처리하지않은 정상대조군의 압축탄성계수 5.70 Gpa보다 처리한 조건 1, 2, 3의 압축 탄성계수가 6.26 Gpa, 5.99 Gpa, 5.87 Gpa로 모두 높게 나타나는 것을 확인하였다. 낙엽송의 촉매제이용 열처리법은 처리하지 않은 정상대조군에 비하여 높은 강도를 나타내었고 열처리 온도는 130℃에서 처리한 시험편의 강도가 가장 높은 것을 확인하였다(표 3 및 도 17).

[0138]

또한, 표 3 및 도 18에 나타난 바와 같이 열처리용 촉매제의 농도를 5%, 열처리 온도를 105℃로 고정하고 열처리 시간(45분, 90분, 180분)에 따른 압축강도 및 탄성률을 나타내었으며, 열처리 시간 조건 1(5%, 105℃, 45분), 2(5%, 105℃, 90분), 3(5%, 105℃, 180분)에 따른 소나무 시험편의 압축강도는 처리하지 않은 정상대조군의 압축강도 25.12 Mpa보다 처리한 조건 1, 2, 3의 압축강도 14.22 Mpa, 30.12 Mpa, 31.40 Mpa가 모두 높았으며 압축탄성계수도 처리하지 않은 정상대조군의 압축탄성계수 3.40 Mpa보다 처리한 조건 1, 2, 3의 압축탄성계수 4.98 Gpa, 5.07 Gpa, 5.05 Gpa가 모두 높게 나타났다. 소나무의 촉매제이용 열처리법은 처리하지 않은 정상대조군에 비하여 높은 강도를 나타내었고 열처리 시간은 180분 처리한 시험편의 강도가 가장 높았다.

[0139]

낙엽송 시험편의 경우 처리하지 않은 정상대조군의 압축강도 17.35 Mpa보다 처리한 조건 1, 2, 3의 압축강도 39.13 Mpa, 37.98 Mpa, 39.03 Mpa가 모두 높았으며 압축탄성계수도 처리하지 않은 정상대조군의 압축탄성계수 5.12 Gpa보다 처리한 조건 1, 2, 3의 압축탄성계수 5.54 Gpa, 5.46 Gpa, 5.46 Gpa가 모두 높게 나타났다. 낙엽송의 촉매제이용 열처리법은 처리하지 않은 정상대조군에 비하여 높은 강도를 나타내었고 열처리 시간은 180분 처리한 시험편의 강도가 가장 높은 것을 확인하였다(표 3 및 도 18).

표 3

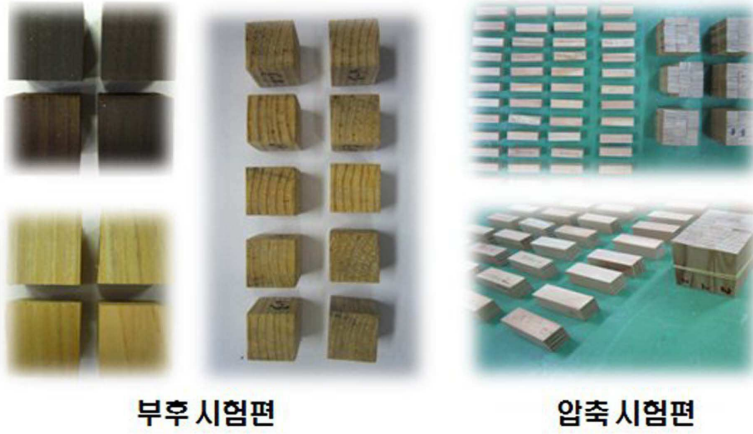
촉매재를 이용한 열처리 목재의 압축강도(MOR) 및 압축탄성계수(MOE)의 변화

처리조건	소나무		낙엽송	
	압축강도 (MOR, MPa)	압축탄성계수 (MOE, GPa)	압축강도 (MOR, MPa)	압축탄성계수 (MOE, GPa)
정상대조군	20.18 (4.52)	2.78 (1.09)	32.61 (6.81)	4.51 (1.55)
2.5%, 105℃, 90min	24.96 (4.66)	3.98 (0.91)	32.23 (6.13)	4.39 (0.99)
5%, 105℃, 90min	26.62 (7.16)	4.50 (1.15)	34.73 (7.81)	4.51 (1.16)
10%, 105℃, 90min	24.09 (7.73)	3.97 (1.31)	37.52 (6.48)	4.97 (1.40)
정상대조군	19.66 (2.95)	2.48 (0.74)	34.37 (7.06)	5.70 (0.95)
5%, 80℃, 90min	25.15 (3.33)	4.00 (1.00)	41.32 (3.05)	6.26 (0.65)
5%, 105℃, 90min	27.67 (3.56)	4.21 (1.16)	39.18 (4.08)	5.99 (0.80)
5%, 130℃, 90min	29.08 (4.54)	4.07 (1.26)	40.58 (3.80)	5.87 (0.73)
정상대조군	25.12 (7.28)	3.40 (1.31)	35.35 (4.27)	5.12 (1.03)
5%, 105℃, 45min	29.22 (5.92)	4.98 (1.15)	39.13 (4.60)	5.54 (1.21)
5%, 105℃, 90min	30.12 (4.78)	5.07 (1.10)	37.98 (4.67)	5.46 (1.06)
5%, 105℃, 180min	31.40 (5.69)	5.05 (0.88)	39.03 (5.25)	5.46 (1.36)

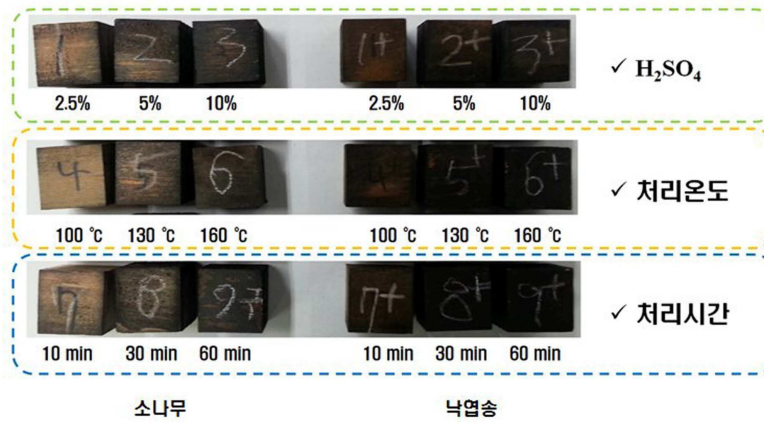
[0140]

도면

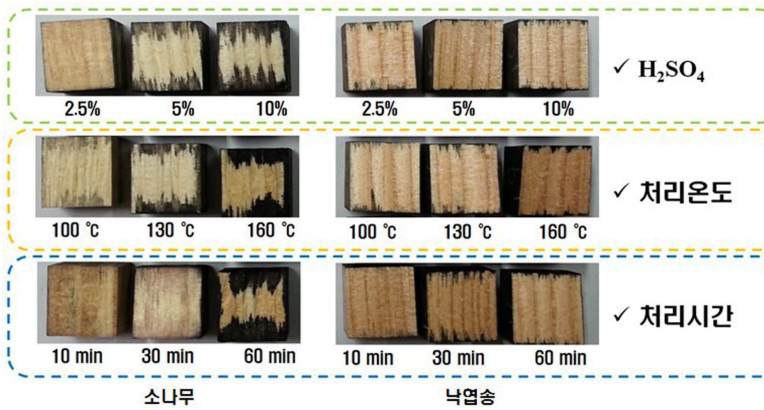
도면1



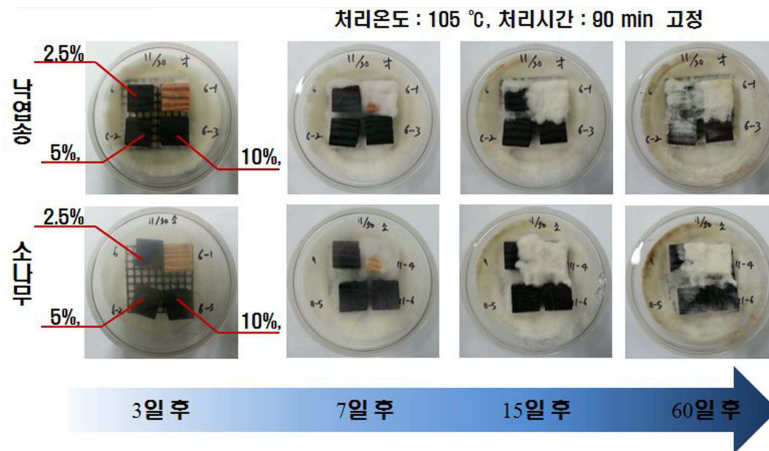
도면2



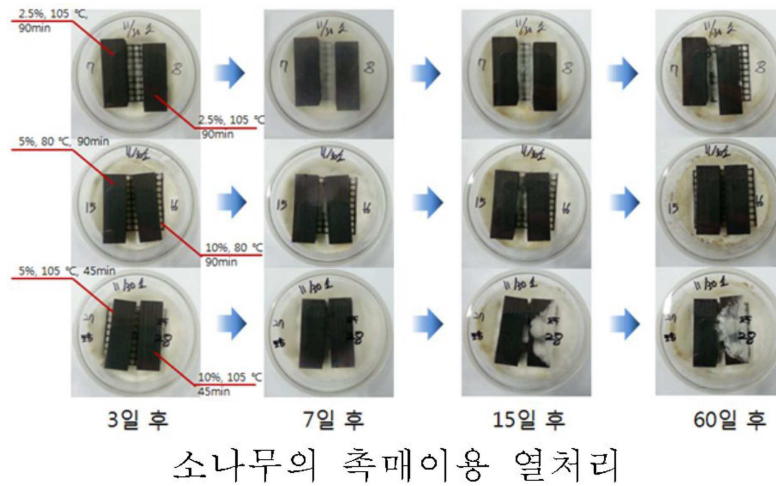
도면3



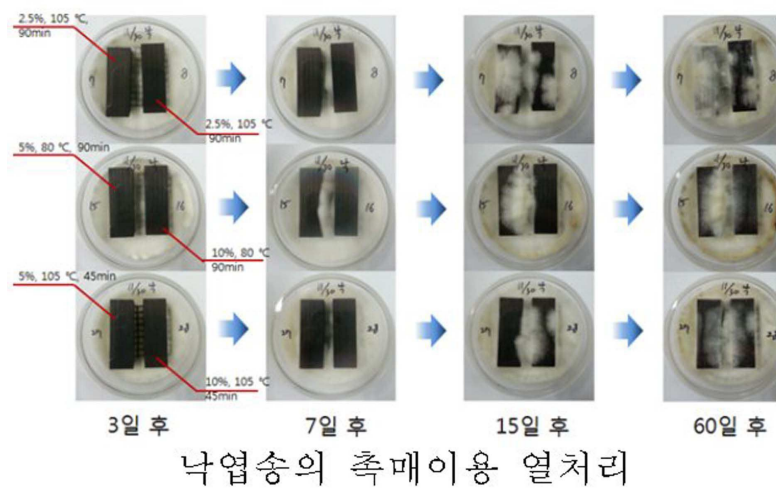
도면4



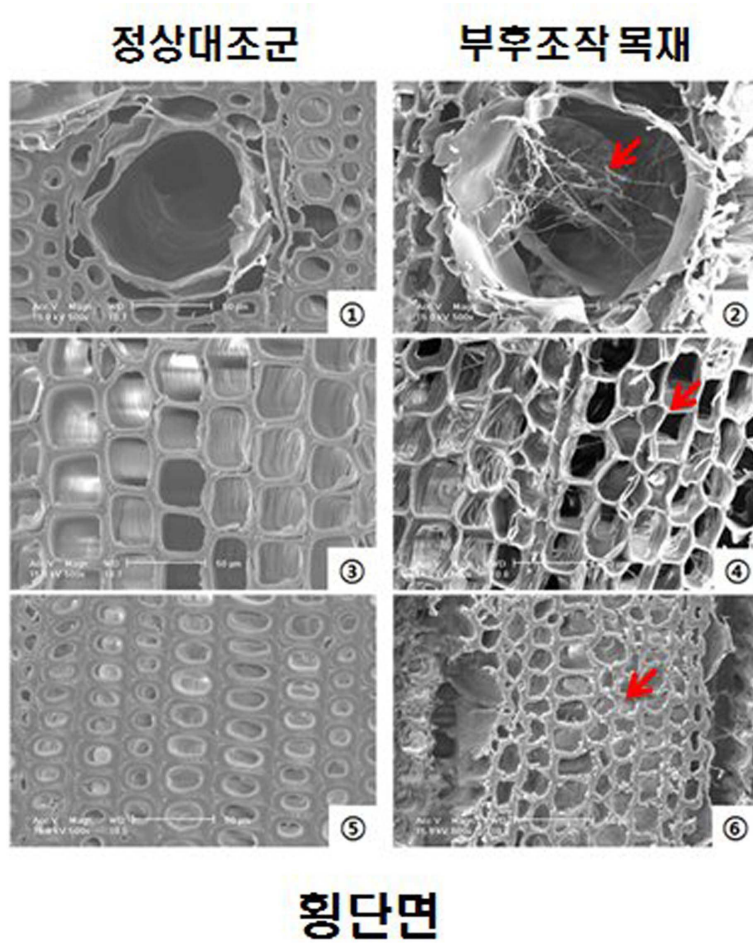
도면5



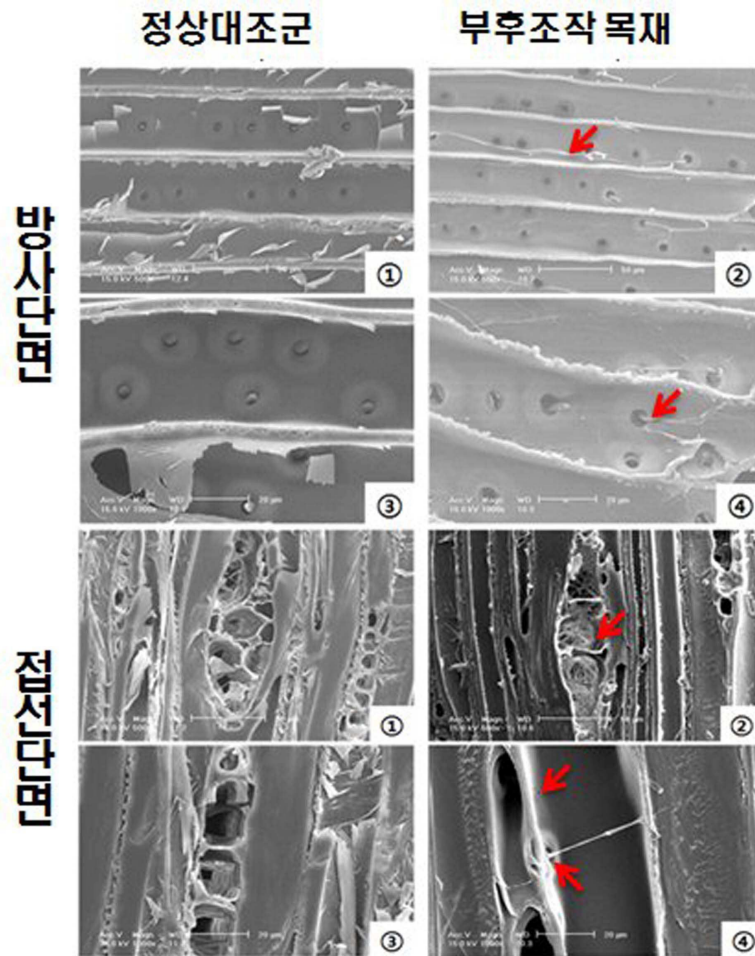
도면6



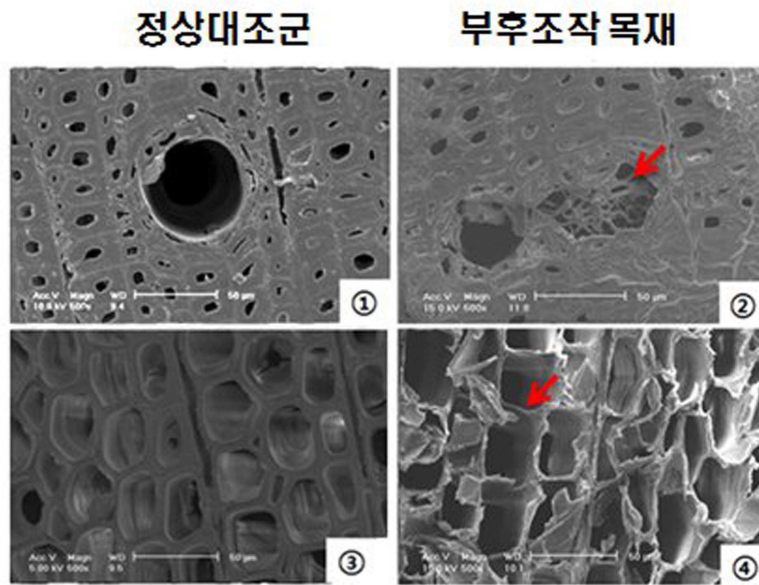
도면7



도면8

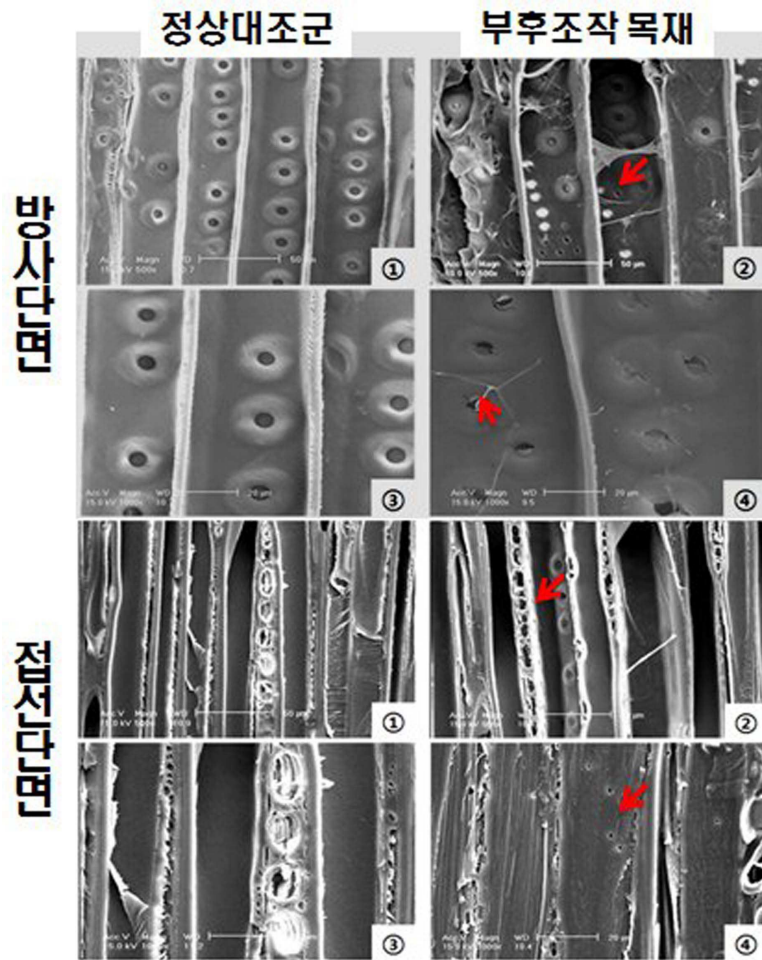


도면9

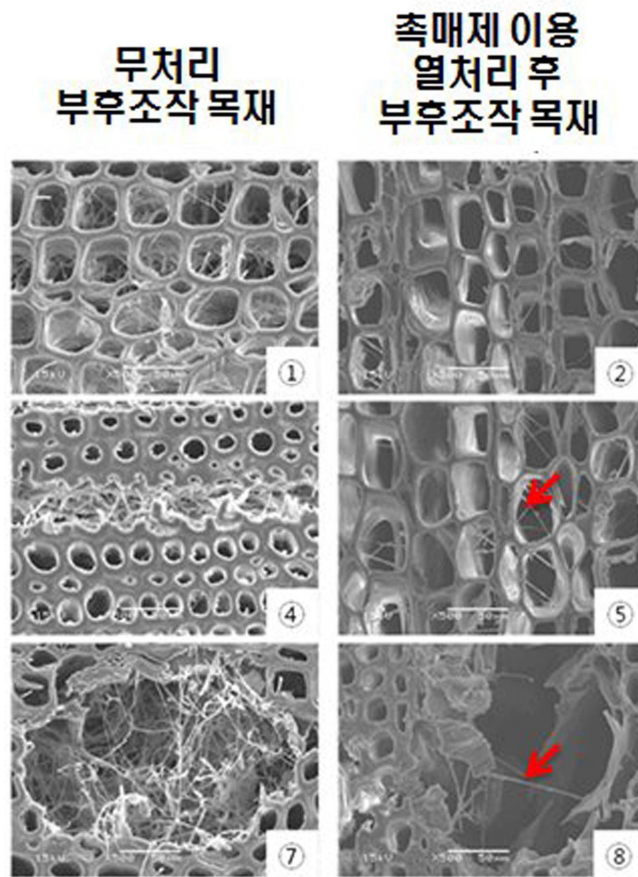


횡단면

도면10

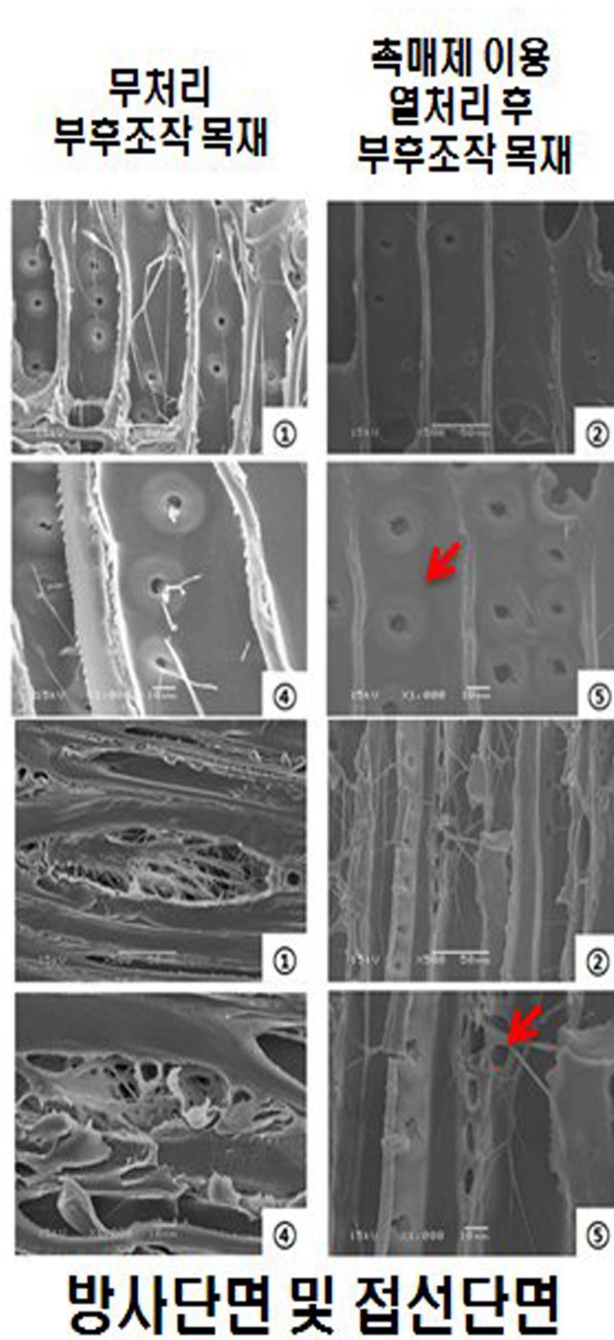


도면11

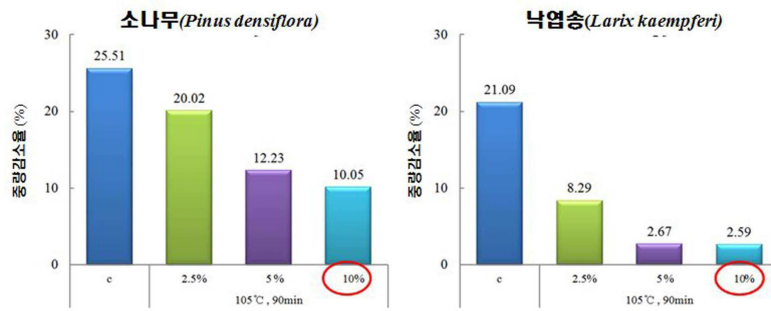


횡단면

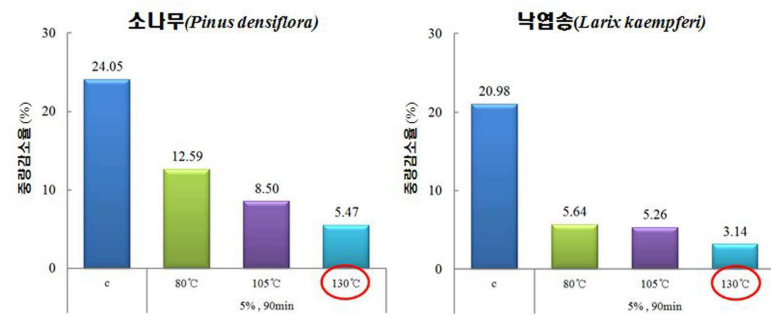
도면12



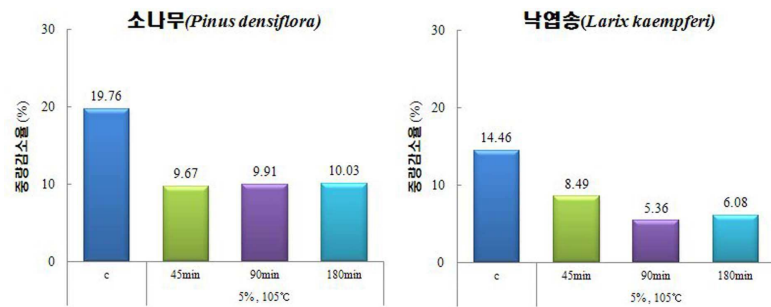
도면13



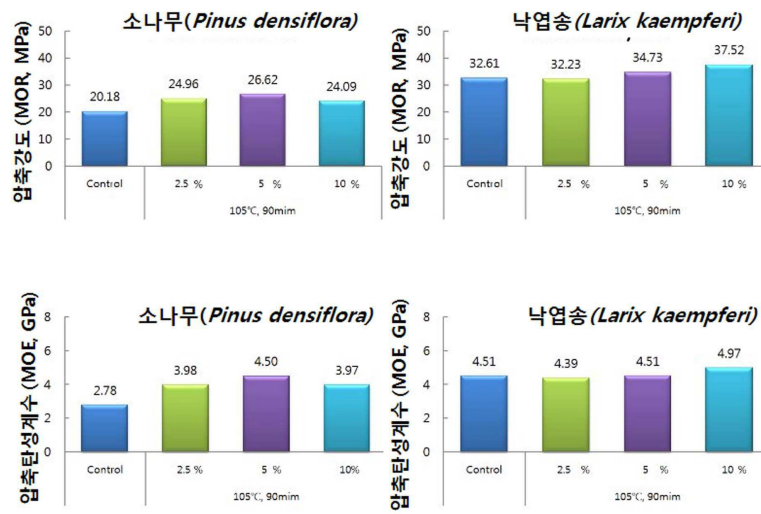
도면14



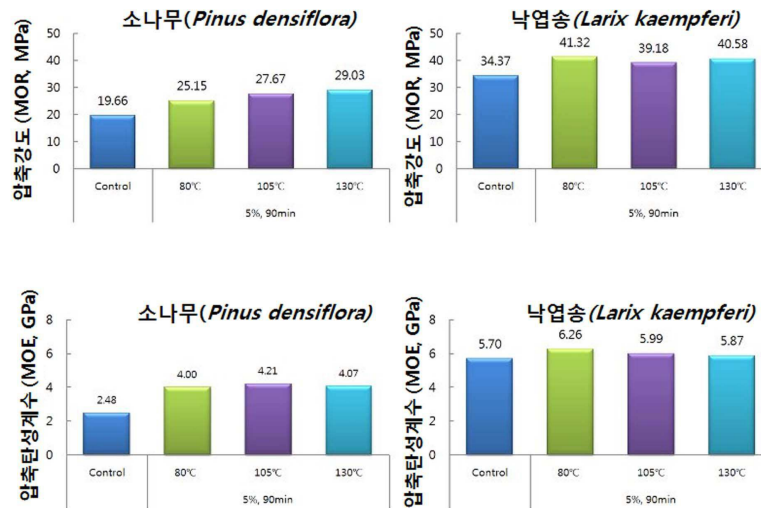
도면15



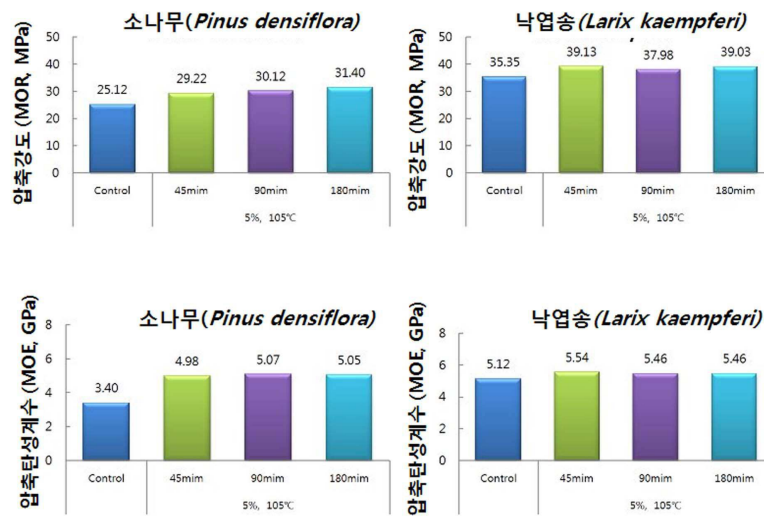
도면16



도면17



도면18



도면19



도면20

