



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0101653
(43) 공개일자 2020년08월28일

- | | |
|--|--|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
D21D 1/30 (2006.01) B22C 9/04 (2006.01)
C22C 38/44 (2006.01) C22C 38/46 (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
D21D 1/306 (2013.01)
B22C 9/046 (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2019-0019772
(22) 출원일자 2019년02월20일
심사청구일자 2019년02월20일</p> | <p>(71) 출원인
경상대학교산학협력단
경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)</p> <p>(72) 발명자
김철환
경상남도 사천시 곤명면 연평길 166</p> <p>(74) 대리인
특허법인이름리온</p> |
|--|--|

전체 청구항 수 : 총 10 항

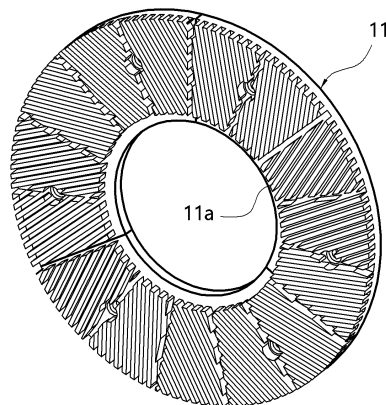
(54) 발명의 명칭 수직형 바 형상을 갖는 리파이너 플레이트 및 그 제조방법

(57) 요약

에너지 절감 및 종이 물성 개선이 가능한 수직형 바 형상을 갖는 리파이너 플레이트 및 그 제조방법이 개시된다. 본 발명에 의한 수직형 바 형상을 갖는 리파이너 플레이트는 제지공정에서 사용되는 복수개의 바를 구비하고 서로 마주보도록 장착되는 수직형 바 형상을 갖는 리파이너 플레이트로서, 상기 리파이너의 서로 마주보는 플레이트의 표면에는 간격을 가지고 상기 복수개의 바가 형성되고, 상기 복수개의 바는 그 단면이 직육면체형으로 이루어지는 복수개의 수직형 바 형태로 형성되되, 상기 복수개의 수직형 바를 포함하는 수직형 바 플레이트는 중량 %로 탄소(C) 0.5-0.57, 규소(Si) 0.65-0.75, 망간(Mn) 0.82-0.92, 인(P) 0.012-0.015, 황(S) 0.028-0.033, 니켈(Ni) 1.21-1.35, 크롬(Cr) 14.0-15.2, 바나듐(V) 0.05-0.08, 몰리브덴(Mo) 0.38-0.43, 잔량 철(Fe)로 이루어진다.

대표도 - 도1

10



(52) CPC특허분류

C22C 38/44 (2013.01)

C22C 38/46 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2018-0635

부처명 교육부

연구관리전문기관 사회맞춤형 산학협력 선도대학 육성사업단

연구사업명 사회맞춤형 산학협력 선도대학(LINC+) 육성사업 산학공동 기술개발과제

연구과제명 [산학공동기술개발과제]중소 제지공장에 최적화된 수직형 리파이너 바 플레이트 제조 기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 경상대학교

연구기간 2018.06.01 ~ 2018.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

제지공정에서 사용되는 복수개의 바를 구비하고 서로 마주보도록 장착되는 플레이트를 갖는 리파이너로서,

상기 리파이너의 서로 마주보는 플레이트의 표면에는 간격을 가지고 상기 복수개의 바가 형성되고, 상기 복수개의 바는 그 단면이 직육면체형으로 이루어지는 복수개의 수직형 바 형태로 형성되되,

상기 복수개의 수직형 바를 포함하는 수직형 바 플레이트는 중량%로 탄소(C) 0.5-0.57, 규소(Si) 0.65-0.75, 망간(Mn) 0.82-0.92, 인(P) 0.012-0.015, 황(S) 0.028-0.033, 니켈(Ni) 1.21-1.35, 크롬(Cr) 14.0-15.2, 바나듐(V) 0.05-0.08, 몰리브덴(Mo) 0.38-0.43, 잔량 철(Fe)로 이루어진 수직형 바 형상을 갖는 리파이너 플레이트.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 복수개의 수직형 바는 바의 폭 : 바 사이 홈 : 홈 깊이의 비율이 3-5.5 : 3-7 : 7-10인 수직형 바 형상을 갖는 리파이너 플레이트.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 수직형 바 플레이트는 립 형태로 이루어지되, 120도 각도를 가지는 3개의 세그먼트로 이루어진 수직형 바 형상을 갖는 리파이너 플레이트.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 세그먼트에 형성되는 수직형 바는 중심 방사선에 대하여 일정각도 기울어지도록 형성된 수직형 바 형상을 갖는 리파이너 플레이트.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 세그먼트는 방사선을 따라 복수개의 구역으로 구획되고, 각 구역에 형성되는 수직형 바는 인접하는 구역의 수직형 바와 다른 각도로 방사선에 대하여 기울어지도록 형성된 수직형 바 형상을 갖는 리파이너 플레이트.

청구항 6

제지공정에서 사용되는 복수개의 바를 구비하고 서로 마주보도록 장착되는 수직형 바 형상을 갖는 리파이너 플레이트를 제조하는 방법으로서,

금형을 이용하여 밀랍으로 왁스 패턴을 만든 다음, 이것을 에틸실리케이트와 모래, 그리고 물을 배합한 슬러리로 두껍게 덮고 수분을 제거하는 단계;

상기 왁스 패턴을 온도와 압력이 일정하게 조절되어 있는 왁스 제거용 용기에 넣고 밀랍을 용해하는 단계; 및

탈 납 후 완성된 플레이트 주형을 고온에서 소성시켜 사형을 제조하는 단계;

를 포함하는 수직형 바 형상을 갖는 리파이너 플레이트 제조방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 밀랍을 용해하는 단계는 온도 100-150℃, 압력 6-10 kg/cm²에서 이루어지는 수직형 바 형상을 갖는 리파이

너 플레이트 제조방법.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 사형을 제조하는 단계는 온도 1000-1050℃에서 이루어지는 수직형 바 형상을 갖는 리파이너 플레이트 제조 방법.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 수직형 바 플레이트는 중량%로 탄소(C) 0.5-0.57, 규소(Si) 0.65-0.75, 망간(Mn) 0.82-0.92, 인(P) 0.012-0.015, 황(S) 0.028-0.033, 니켈(Ni) 1.21-1.35, 크롬(Cr) 14.0-15.2, 바나듐(V) 0.05-0.08, 몰리브덴(Mo) 0.38-0.43, 잔량 철(Fe)로 이루어진 수직형 바 형상을 갖는 리파이너 플레이트제조방법.

청구항 10

제6항에 있어서,

상기 복수개의 바는 바의 폭 : 바 사이 홈 : 홈 깊이의 비율이 3-5.5 : 3-7 : 7-10인 수직형 바 형상을 갖는 리파이너 플레이트 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 에너지 절감 및 종이 물성 개선이 가능한 수직형 바 형상을 갖는 리파이너 플레이트 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 제지산업은 자본집약적 산업이자 장치산업이며 에너지 다소비 산업이다. 이러한 특성에도 불구하고 이윤을 창출하고 시장 수요에 맞는 제품을 생산하는 것은 제지산업이 갖는 지속적 요구이고 이에 부응하기 위해서는 공장의 설비를 항상 최상의 상태로 유지하여 최고 품질의 종이를 생산할 필요성이 있다.

[0003] 일반적으로 제지공정은 슬러리 상태의 섬유들과 함께, 충전제, 그리고 기타 첨가제를 포함하는 부원료가 관여하는 습부공정 (wet-end process)과 수분이 거의 제거된 상태의 건조된 종이를 다루는 건부공정 (dry-end process)으로 나뉠 수 있다. 보통 습부공정이라 함은 침엽수 화학펄프와 활엽수 화학펄프를 리파이닝한 후 열기계펄프와 파지, 그리고 세이브를 장치에서 회수된 지료 등을 함께 혼합하는 블랜드 체스트(blend chest or mixing chest)를 거쳐 머신체스트(machine chest)를 통과한다. 머신체스트에서 나온 지료는 여수도와 지합 조절을 위해 마지막 리파이닝 단계를 한 번 더 거친 후 지료통(sutff box)을 통과할 때까지 약 3-5%의 농도가 유지되는 고농도 지료조성 (thick-stock preparation) 공정을 구성한다. 지료통을 벗어난 지료는 팬 펌프를 거치면서 사일로에서 공급되는 백수와 혼합되어 1% 이하의 농도로 희석되는 저농도 지료조성(thin-stock preparation) 공정이 시작되는데 여기서부터 지료 중의 이물질을 제거하는 클리너 및 스크린 공정, 그리고 지료 중의 공기를 제거하는 탈기 장치(deaerator), 지료의 압력 맥동을 안정화시켜 주는 감쇠기(attenuator) 등으로 구성되고 이 과정을 지료도입부(stock approach system)라고도 한다. 지료 도입부를 통과한 지료는 초지기의 헤드박스를 지나 초조 공정을 거쳐 프레스 공정을 거치면서 지료 중에 포함된 수분이 제거되는데 지료조성공정부터 프레스 공정까지를 습부공정이라 일컫는다. 반면에 건부공정은 건조부부터 캘린더링을 거쳐 완정공정까지를 의미한다.

[0004] 이러한 제지공정은 에너지 다소비 공정으로 각 공정별로 매우 상이한 에너지 소모율을 나타내고 있는데 그 중에서 지료조성영역이 전체 제지공정의 41%에 해당하는 가장 많은 에너지를 소모하고 있다. 지료조성단계 중에서도 리파이닝 단계가 가장 많은 에너지 소모가 일어나는 공정이다. 따라서 리파이닝 단계 동안 에너지 소모를 감소시키는 것은 제지업체가 안고 있는 가장 큰 숙제라 할 수 있다.

[0005] 지료조성공정은 모든 제지공정 중에서 종이의 최종 물성을 결정하는 가장 중요한 공정이라 할 수 있는데 여기에는 해리, 디플레이킹, 리파이닝, 세이브용, 농축, 클리닝, 탈기, 스크리닝 등과 같이 다양한 공정들이 순차적으로 적용되고 있다. 이러한 공정들 중에서 가장 많은 에너지를 소모하는 공정이 바로 리파이닝이라 할 수 있다.

리파이닝에 사용되는 장치는 더블 디스크 리파이너(double disk refiner)와 원추형 리파이너(conical refiner)가 사용된다. 리파이닝은 고정된 디스크와 마주하고 있는 회전하는 금속 디스크 플레이트 사이로 슬러리 상태의 섬유들이 들어가면서 세 가지 주요한 변화가 일어난다. 첫째로, 리파이닝 동안 섬유벽의 일차벽과 이차벽이 벗겨지면서 섬유벽의 결합이 깨지고 그 사이로 물이 흡수되면서 섬유의 팽윤(swelling) 및 수화(hydration)가 일어난다. 팽윤된 섬유들은 초지 공정에서 섬유의 수축(collapse)이 일어나 섬유간 결합 면적 증가에 영향을 미치면서 섬유간 수소결합에 긍정적인 기여를 하게 된다. 두 번째로 섬유를 구성하는 피브릴(fibril)들이 벗겨지면서 미세분(fines)이 생성된다. 마지막으로 섬유들이 끊어지고 잘라지면서 섬유의 길이가 짧아지고, 이들 섬유들로 인해 종이의 균일성 혹은 지합이 개선된다.

[0006] 리파이닝 시 지료 농도를 증가시키면 리파이너 플레이트의 홈에서 와류 유동이 더 느려져서 섬유들의 응집이 증가하게 되므로 더 거친 바 패턴(즉, 홈의 폭이 넓은 바 패턴)을 갖는 플레이트를 사용해야 한다.

[0007] 그러나 종래기술에 의한 리파이너의 구조는 기존의 기술내용을 답습하는 형태로 이루어지기 때문에 효율적인 리파이너의 개발과 성능 향상이 이루어지지 않은 문제점이 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 등록특허 10-1811776

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 목적은, 이러한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 원가절감과 품질향상에 도움을 주기 위하여 중소제지업체에 최적화된 리파이너 플레이트를 개발하고자 하는 바, 이를 위해 현재 사용 중인 썬기형 바 형상을 갖는 리파이너 플레이트 대신에 수직형 바 형상을 리파이너 플레이트를 개발함으로써 장섬유로 이루어진 침엽수 펄프를 리파이닝할 때 리파이닝 에너지 절감과 종이 물성에 기여할 수 있는 수직형 바 형상을 갖는 리파이너 플레이트 및 그 제조방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기한 목적을 달성하기 위한 구체적인 수단으로서 본 발명은, 제지공정에서 사용되는 복수개의 바를 구비하고 서로 마주보도록 장착되는 플레이트를 갖는 리파이너로서, 상기 리파이너의 서로 마주보는 플레이트의 표면에는 간격을 가지고 상기 복수개의 바가 형성되고, 상기 복수개의 바는 그 단면이 직육면체형으로 이루어지는 복수개의 수직형 바 형태로 형성되되, 상기 복수개의 수직형 바를 포함하는 수직형 바 플레이트는 중량%로 탄소(C) 0.5-0.57, 규소(Si) 0.65-0.75, 망간(Mn) 0.82-0.92, 인(P) 0.012-0.015, 황(S) 0.028-0.033, 니켈(Ni) 1.21-1.35, 크롬(Cr) 14.0-15.2, 바나듐(V) 0.05-0.08, 몰리브덴(Mo) 0.38-0.43, 잔량 철(Fe)로 이루어질 수 있다.

[0011] 바람직하게는, 상기 복수개의 수직형 바는 바의 폭 : 바 사이 홈 : 홈 깊이의 비율이 3-5.5 : 3-7 : 7-10일 수 있다.

[0012] 바람직하게는, 상기 수직형 바 플레이트는 림 형태로 이루어지되, 120도 각도를 가지는 3개의 세그먼트 혹은 60도의 각도로 6개의 세그먼트로 이루어질 수 있다.

[0013] 바람직하게는, 상기 세그먼트에 형성되는 수직형 바는 중심 방사선에 대하여 일정 각도 기울어지도록 형성될 수 있다.

[0014] 바람직하게는, 상기 세그먼트는 방사선을 따라 복수개의 구역으로 구획되고, 각 구역에 형성되는 수직형 바는 인접하는 구역의 수직형 바와 다른 각도로 방사선에 대하여 기울어지도록 형성될 수 있다.

[0015] 상기한 목적을 달성하기 위한 구체적인 수단으로서 본 발명은, 제지공정에서 사용되는 복수개의 바를 구비하고 서로 마주보도록 장착되는 플레이트를 갖는 리파이너를 제조하는 방법으로서, 금형을 이용하여 밀랍으로 왁스 패턴을 만든 다음, 이것을 에틸실리케이트와 모래, 그리고 물을 배합한 슬러리로 두껍게 덮고 수분을 제거하는 단계; 상기 왁스 패턴을 온도와 압력이 일정하게 조절되어 있는 왁스 제거용 용기에 넣고 밀랍을 용해하는

단계; 및 탈 납 후 완성된 플레이트 주형을 고온에서 소성시켜 사형을 제조하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0016] 바람직하게는, 상기 밀랍을 용해하는 단계는 온도 100-150℃, 압력 6-10 kg/cm²에서 이루어질 수 있다.

[0017] 바람직하게는, 상기 사형을 제조하는 단계는 온도 1000-1050℃에서 이루어질 수 있다.

[0018] 바람직하게는, 상기 수직형 바 플레이트는 중량%로 탄소(C) 0.5-0.57, 규소(Si) 0.65-0.75, 망간(Mn) 0.82-0.92, 인(P) 0.012-0.015, 황(S) 0.028-0.033, 니켈(Ni) 1.21-1.35, 크롬(Cr) 14.0-15.2, 바나듐(V) 0.05-0.08, 몰리브덴(Mo) 0.38-0.43, 잔량 철(Fe)로 이루어질 수 있다.

[0019] 바람직하게는, 상기 복수개의 바는 바의 폭 : 바 사이 홈 : 홈 깊이의 비율이 3-5.5 : 3-7 : 7-10일 수 있다.

발명의 효과

[0020] 상기한 바와 같은 본 발명에 의하면 다음과 같은 효과가 있다.

[0021] 본 발명은 장섬유로 이루어진 침엽수 펄프를 리파이닝할 때 리파이닝 에너지 절감과 종이 물성에 기여할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 본 발명에 의한 수직형 바 플레이트의 사시도이다.

도 2는 본 발명에 의한 수직형 바 플레이트의 세그먼트 사시도이다.

도 3은 본 발명에 의한 수직형 바 플레이트의 부분 단면도이다.

도 4는 본 발명에 의한 리파이너 바의 cutting edge length 계산 방법에 관한 표이다.

도 5는 수직형 바와 쉼기형 바의 유량 손실률 비교 그래프이다.

도 6은 수직형 바와 쉼기형 바의 여수도 비교 그래프이다.

도 7은 쉼기형 바와 수직형 바의 보수도 비교 그래프이다.

도 8은 수직형 바와 쉼기형 바로 리파이닝된 펄프 섬유들의 벌크 비교 그래프이다.

도 9는 수직형 바와 쉼기형 바로 리파이닝된 종이의 인장강도 비교 그래프이다.

도 10은 리파이닝을 통해 만들어진 피브릴과 리파이닝된 섬유들 사이의 결합 사진이다.

도 11은 쉼기형 바와 수직형 바로 리파이닝된 종이의 과열강도 비교 그래프이다.

도 12는 수직형 바와 쉼기형 바로 리파이닝된 종이의 인열강도 비교 그래프이다.

도 13은 수직형 바와 쉼기형 바로 리파이닝한 섬유의 평균 섬유장과 미세분 함량 비교 그래프로써, 평균 섬유장 비교 그래프이고, 도 14는 미세분 함량 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 이하, 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 동일 또는 유사한 구성요소에 대해서는 동일한 참조부호를 붙였다.

[0024] 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다. 또한, 층, 막, 영역, 판 등의 부분이 다른 부분 "위에" 있다고 할 경우, 이는 다른 부분 "바로 위에" 있는 경우뿐만 아니라 그 중간에 또 다른 부분이 있는 경우도 포함한다. 반대로 층, 막, 영역, 판 등의 부분이 다른 부분 "아래에" 있다고 할 경우, 이는 다른 부분 "바로 아래에" 있는 경우뿐만 아니라 그 중간에 또 다른 부분이 있는 경우도 포함한다.

[0025] 이하에서는 도면을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 수직형 바 형상을 갖는 리파이너 플레이트를 보다 상

세히 설명하도록 한다.

[0026] 본 발명의 제1실시예에 따른 수직형 바 형상을 갖는 리파이너 플레이트(10)는 제지공정에서 사용되는 복수개의 바(11a)를 구비하고 서로 마주보도록 장착되는 플레이트를 갖는 리파이너이다.

[0027] 이러한 본 발명에 따른 수직형 바 형상을 갖는 리파이너 플레이트(10)는, 도 1 및 도 3을 참고하면, 상기 리파이너의 서로 마주보는 플레이트(10)의 표면에는 간격을 가지고 상기 복수개의 바(11a)가 형성되고, 상기 복수개의 바(11a)는 그 단면이 직육면체형으로 이루어지는 복수개의 수직형 바 형태로 형성되며, 상기 복수개의 수직형 바(11a)를 포함하는 수직형 바 플레이트(10)는 중량%로 탄소(C) 0.5-0.57, 규소(Si) 0.65-0.75, 망간(Mn) 0.82-0.92, 인(P) 0.012-0.015, 황(S) 0.028-0.033, 니켈(Ni) 1.21-1.35, 크롬(Cr) 14.0-15.2, 바나듐(V) 0.05-0.08, 몰리브덴(Mo) 0.38-0.43, 잔량 철(Fe)로 이루어질 수 있다.

[0028] 이때, 상기 수직형 바 플레이트(10)는 아래의 표 1과 같은 비율로 실제 제작될 수 있다.

표 1

성분	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	V	Mo
비율(wt.%)	0.53	0.70	0.86	0.014	0.030	1.11	14.8	0.06	0.40

[0029]

[0030] 이때, 상기 복수개의 수직형 바(11a)는 바의 폭(A) : 바 사이 홈(B) : 홈 깊이(C)의 비율이 3-5.5 : 3-7 : 7-10일 수 있다.

[0031] 이때, 본 실시예에서는 상기 복수개의 수직형 바는 바의 폭 : 바 사이 홈 : 홈 깊이의 비율이 1 : 1 : 2로 제작하였다.

[0032] 도 1 및 도 2를 참고하면, 상기 수직형 바 플레이트(10)는 링 형태로 이루어지며, 120도 각도를 가지는 3개의 세그먼트(11)로 이루어진다.

[0033] 도 1 내지 도 3을 참고하면, 상기 세그먼트(11)에 형성되는 수직형 바(11a)는 중심 방사선에 대하여 일정각도 기울어지도록 형성된다.

[0034] 이때, 상기 세그먼트(11)는 방사선을 따라 복수개의 구역, 여기서는 5개로 구획되고, 각 구역에 형성되는 수직형 바(11a)는 인접하는 구역의 수직형 바와 다른 각도로 방사선에 대하여 기울어지도록 형성된다.

[0035] 한편, 상술한 본 발명에 의한 수직형 바 플레이트 제조방법은, 제지공정에서 사용되는 복수개의 바(11a)를 구비하고 서로 마주보도록 리파이너에 장착되는 수직형 플레이트(10) 제조방법에 관한 것이다.

[0036] 본 발명에 의한 수직형 바 형상을 갖는 리파이너 플레이트 제조방법은 금형을 이용하여 밀랍으로 왁스 패턴을 만든 다음, 이것을 에틸실리케이트와 모래, 그리고 물을 배합한 슬러리로 두껍게 덮고 수분을 제거하는 단계와, 상기 왁스 패턴을 온도와 압력이 일정하게 조절되어 있는 왁스 제거용 용기에 넣고 밀랍을 용해하는 단계와, 탈 납 후 완성된 플레이트 주형을 고온에서 소성시켜 사형을 제조하는 단계를 포함한다.

[0037] 이때, 상기 밀랍을 용해하는 단계는 온도 100-150℃, 압력 6-10 kg/cm²에서 이루어진다.

[0038] 이때, 상기 사형을 제조하는 단계는 온도 1000-1050℃에서 이루어진다.

[0039] 이때, 상기 수직형 바 플레이트(10)는 중량%로 탄소(C) 0.5-0.57, 규소(Si) 0.65-0.75, 망간(Mn) 0.82-0.92, 인(P) 0.012-0.015, 황(S) 0.028-0.033, 니켈(Ni) 1.21-1.35, 크롬(Cr) 14.0-15.2, 바나듐(V) 0.05-0.08, 몰리브덴(Mo) 0.38-0.43, 잔량 철(Fe)로 이루어진다.

[0040] 이때, 상기 복수개의 바는 바의 폭(A) : 바 사이 홈(B) : 홈 깊이(C)의 비율이 3-5.5 : 3-7 : 7-10일 수 있다.

[0041] 이하, 본 발명에 의한 수직형 바 플레이트를 갖는 리파이너와 종래 소위 켄기형 플레이트를 갖는 리파이너의 성능을 비교 결과는 다음과 같다.

[0042] 먼저, 종래 켄기형 바와 본 발명에 따른 수직형 바의 성능시험을 위해 진주 M제지공장에서 사용하는 침엽수 표 백크라프트 펄프를 사용하였다. 침엽수 펄프는 실험실용 Valley beater에서 1.57%의 농도에서 완전히 해리시켰

고, 해리 후 약 3% 농도로 농축시킨 후 리파이닝에 이용하였다.

[0043] 리파이닝 및 초지는, 켄기형 바 플레이트와 수직형 바 플레이트의 성능 시험을 위해 실험실용 single disk refiner를 사용하였다. 켄기형 바의 치수는 바 폭 4 mm, 홈 폭 4 mm, 홈 깊이 6.5 mm였다. 리파이닝은 펄프 자료의 여수도가 100 mL가 될 때까지 실시하였고, 각 리파이닝 단계별로 자료 투입량과 리파이닝 에너지를 측정하였다. 각 단계별 리파이닝이 끝나면 해당 자료를 FQA-360(Fiber Quality Analyzer, Optest, Candada)에 투입하여 길이가중치 평균 섬유장(mm)과 미세분 함량을 측정하였고, ISO 23714에 근거하여 펄프 섬유의 보수도(water retention value)를 측정하였다.

[0044] 또한 각 단계별 리파이닝이 완료되면 ISO 5629-1에 근거하여 사각수초지기를 이용하여 평량 70 g/m²의 종이를 제조하였고, 제조된 종이는 리파이닝이 종이의 물리적 성질에 미치는 영향을 비교하기 위하여 인장강도, 인열강도, 파열강도, 벌크 등을 ISO 1924-2, ISO 1974, ISO 2758, ISO 534에 근거하여 측정하였다.

[0045] 가. 수직형 바와 켄기형 바의 cutting edge length (CEL) 비교

[0046] 주조 방식을 통하여 도 1에 나타난 것과 같은 침엽수 펄프용 수직형 바 플레이트를 제조하여 켄기형 바와의 물성 비교에 이용하였다. 이들 리파이너의 회전속도 1,218 rpm에서 각 리파이닝 단계마다 소요된 리파이닝 에너지(specific refining energy, kWh/t)를 아래의 수식 1에 의해 측정하였고, 리파이너 바의 CEL은 수식 2를 이용하여 도 3과 같이 계산하였다.

수학식 1

$$\text{Specific Refining Energy (kWh/t)} = \frac{P_{tot} - P_0}{f \times c}$$

[0047]

[0048] 여기서 P_{tot} = 총 리파이너 부하 동력 (kW)

[0049] P_0 = 리파이너 무부하 동력 (kW)

[0050] f = 유량 (L/h)

[0051] c = 자료 농도 (t/L) (based on oven-dried pulp weight).

[0052] 또한 리파이너 플레이트의 Cutting Edge Length (CEL, m/rev)는 플레이트의 각 세그먼트(segment)의 바 길이에 따라서 도 4와 같이 3-4 영역으로 분할한 후 각 영역별 바의 개수와 길이를 이용하여 아래의 수식 2로 계산하였다.

수학식 2

$$\text{CEL}_{\text{zonex}}(\text{m/rev}) = N_{\text{rotorx}} \times N_{\text{statorx}} \times L_x$$

[0053]

[0054] 여기서 $\text{CEL}_{\text{zonex}}$ = 영역 x에서의 cutting edge length (m/rev)

[0055] N_{rotorx} = 영역 x에서 회전자 바의 총 개수

[0056] N_{statorx} = 영역 x에서 고정자 바의 총 개수

[0057] L_x = 영역 x에서 바의 길이 (m).

[0058] CEL은 펄프 섬유에 대한 리파이닝의 세기(intensity)를 결정하는데 매우 중요한 인자이고, CEL를 이용하여 리파이닝의 세기를 나타내는 지표로 이용되는 리파이너의 specific edge load (SEL)를 계산할 수 있다. 여기서 켄기형 바의 CEL은 590.8 m/rev이고, 수직형 바의 CEL은 706.9 m/rev로 계산되었고, 수직 바의 CEL이 켄기형 바의 CEL보다 약 20% 정도 큰 값을 나타내어 침엽수 펄프용 리파이너 플레이트임에도 불구하고 켄기형 바 플레이트보다 저장도 리파이닝이 가능할 것으로 판단되었다.

- [0059] 나. 켜기형 바와 수직형 바의 유량 비교
- [0060] 도 5는 켜기형 바와 수직형 바를 이용하여 리파이닝하였을 때 지료의 유량 손실률을 비교한 그래프이다. 유량 손실률은 리파이너에 지료를 투입하였을 때 리파이너를 통과하여 배출되는 지료의 양을 계산하였고, 이를 각 통과횟수별로 누적하여 데이터를 산출하였다.
- [0061] 수직형 바는 바와 바 사이가 직사각형으로 되어 있어 유량 손실이 최소화될 수 있지만 켜기형 바의 경우 바와 바 사이가 사다리꼴 형상을 하고 있어 바 사이를 통과하는 지료의 양이 줄어들 수밖에 없는 구조로 되어 있다. 켜기형 바에서는 리파이닝이 진행되면서 바 사이를 통과하는 유량 감소율이 가파르게 증가하지만 수직형 바의 경우에는 그 증가 폭이 켜기형 바에 비하여 더 느린 것을 확인할 수 있다. 따라서 제지업체의 입장에서는 동일 시간에 동일한 지료 공급량에 대하여 더 많은 양의 지료를 처리할 수 있기 때문에 생산성 측면에서 훨씬 더 유리한 이점을 누릴 수 있게 된다.
- [0062] 다. 켜기형 바와 수직형 바의 여수도 비교
- [0063] 도 6은 동일한 침엽수 표백크라프트 펄프로 리파이닝하였을 때 일정 여수도에 도달할 때까지 소요되는 리파이닝 에너지를 비교한 그래프이다. 펄프의 여수도는 회석된 펄프 지료가 탈수되는 속도를 의미한다. 여수도가 높으면 지료의 탈수 속도가 더 빠름을 의미하고, 여수도가 낮으면 펄프 지료를 구성하는 셀룰로오스의 섬유들이 물과 수소결합하여 탈수되는 속도가 매우 느림을 의미한다. 리파이닝이 진행됨에 따라 펄프 섬유는 내외부 소섬화(internal and external fibrillation), 섬유의 단락화(fiber shortening), 미세 섬유의 발생(fines formation) 등으로 인하여 여수도가 감소하게 된다.
- [0064] 리파이너 플레이트 패턴을 제외하고 다른 운전 조건이 동일할 때 원하는 여수도까지 도달하는데 소요되는 에너지는 리파이너 바의 형상이나 예리도 등에 따라 달라진다. 즉, 리파이너 바 모서리의 예리도가 크면 클수록 특정 여수도까지 도달할 때까지 소요되는 시간이 줄어들므로써 리파이닝 에너지를 줄일 수 있다. 도 6에서 보는 바와 같이 수직형 바와 켜기형 바를 비교하였을 때 여수도 400 mL CSF까지 도달하는데 소요되는 에너지는 켜기형 바가 약 4배 정도 더 많은 양의 에너지가 소모되었다. 따라서 제지업체의 원가절감 측면에서 새로운 형식의 수직형 바는 매우 긍정적인 기여를 할 수 있을 것으로 확인되었다.
- [0065] 라. 켜기형 바와 수직형 바의 보수도 비교
- [0066] 도 7은 켜기형 바와 수직형 바를 이용하여 동일한 침엽수 표백크라프트 펄프를 리파이닝할 때 각 리파이닝 단계별 보수도를 비교한 그래프이다. 펄프 섬유의 보수도라 함은 펄프 섬유가 물을 흡수하고 팽윤하는 능력을 나타내는 지표라 할 수 있다. 보수도가 높게 되면 크라프트 펄프의 결합 능력이 향상되어 종이의 물성 개선에 매우 도움이 된다. 수직형 바와 켰기형 바로 침엽수 표백크라프트 펄프를 리파이닝하였을 때 각 리파이닝 단계별로 켰기형 바에서 리파이닝된 펄프의 보수도가 조금씩 더 큰 값을 나타내었다. 보수도는 내외부 소섬유화 정도와 미세섬유의 함량에 의해 크게 영향을 받는데 켰기형 바로 리파이닝된 섬유들이 섬유 단락화보다 내외부 소섬유화가 더 많이 일어나는 것으로 추정되고, 수직형 바의 경우에는 바 모서리의 예리도가 더 우수하여 미세분 발생이 더 많이 일어난 것으로 보인다. 켰기형 바로 리파이닝된 침엽수 펄프가 섬유벽의 팽윤과 소섬유화로 인하여 펄프 섬유들의 보수 능력이 더 크게 향상된 것으로 보인다.
- [0067] 마. 켰기형 바와 수직형 바의 벌크 비교
- [0068] 종이의 벌크(bulk)는 종이의 뻣뻣이(stiffness)와 밀접한 관련이 있고, 원가 측면에서도 동일 평량에서 비교하였을 때 가급적이면 높게 유지될 필요가 있다. 도 8에서 보는 바와 같이 수직형 바와 켰기형 바로 리파이닝된 펄프로 제조된 종이의 벌크를 비교하였을 때 리파이닝이 진행되면서 켰기형 바가 각 리파이닝 단계별로 조금 더 높은 값을 나타내었다. 이는 리파이닝 동안 수직형 바가 켰기형 바에 비하여 바 모서리의 예리도가 더 우수하기 때문에 펄프 섬유에 대한 단락화(shortening)를 많이 유도할 것이고, 이로 인해 미세 섬유들이 더 많이 발생하여 종이의 벌크에 부정적인 요인으로 작용하였던 것으로 추정된다. 종이의 벌크는 미세섬유의 양과 섬유간 수소결합의 정도에 의해 큰 영향을 받는다.
- [0069] 결론적으로 새로이 개발된 수직형 바로 리파이닝을 할 때 종이의 벌크 감소를 최소화시키기 위해서는 라파이너 운전 조건에 대한 사전 데이터 확보가 매우 필요할 것으로 사료되었다.
- [0070] 바. 켰기형 바와 수직형 바의 인장강도 비교
- [0071] 도 9는 수직형 바와 켰기형 바로 리파이닝된 침엽수 표백크라프트 펄프 섬유의 인장강도를 비교한 그래프이다. 종이의 인장강도는 섬유 강도, 섬유 길이, 섬유들간 수소결합에 의해 큰 영향을 받는다. 섬유간 수소결합은 펄

프 섬유에 대한 리파이닝 처리를 하였을 때 펄프 섬유에 발생하는 내외부 소섬유화 정도, 섬유의 단락화 정도, 미세분 발생 정도 등에 의해 영향을 받게 된다. 종이의 인장강도 측정을 통하여 사용 중 인장 응력에 노출되는 종이의 가용성을 판단할 수 있게 된다. 따라서 종이의 인장강도를 최대로 유지하는 것이 종이 가공단계에서 발생할 수 있는 다양한 문제점을 사전에 방지하는 방법이 될 수 있다.

[0072] 수직형 바는 펄프 섬유에 대한 리파이닝 효과를 극대화함으로써 종이의 건조 단계에서 섬유간 결합력이 최대로 일어나게 하였고, 이로 인해 각 리파이닝 단계별로 쉼기형 바와 비교하면 최소 2배 이상 높은 인장강도가 발현되었다. 수직형 바로 펄프 지료가 통과하면서 리파이닝 동안 펄프 섬유에 일어날 수 있는 모든 긍정적 변화를 단시간 내에 일어나게 함으로써 인장강도의 발현속도를 매우 빠르게 하는데 기여하였다. 따라서 수직형 바는 기존 쉼기형 바에 비하여 강도 발현에 있어 매우 긍정적인 기여를 할 수 있을 것으로 판단되었다.

[0073] 도 10은 리파이닝 후 섬유 이차벽에서 탈층된 섬유 피브릴과 리파이닝된 섬유들이 서로 결합할 때 결합 면적이 증가하는 것을 보여주는 현미경 사진이다. 리파이닝 전에는 섬유의 수축으로 두 섬유들 사이에 일어나는 결합 면적이 리파이닝된 섬유들이 형성하는 면적들보다 작음을 알 수 있다. 또한 리파이닝 동안에 생성된 피브릴이나 미세분들이 섬유간 결합력 향상에 기여함으로써 결국 종이의 강도 개선에 긍정적 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.

[0074] 사. 쉼기형 바와 수직형 바의 종이 과열강도 비교

[0075] 도 11은 쉼기형 바와 수직형 바로 각각 리파이닝이 된 침엽수 표백크라프트 펄프의 과열강도를 비교한 그래프이다. 인장강도에서 살포른 바와 같이 리파이닝된 펄프 섬유들은 섬유 유연성이 증가하여 섬유들의 결합능력이 향상되고 이에 따라 종이의 강도가 향상된다. 쉼기형 바와 수직형 바 모두 리파이닝이 진행되면서 종이의 과열강도를 향상시키지만 수직형 바에서 리파이닝된 펄프의 과열강도가 더 빠르게 증가하였다. 따라서 특정 목표 값의 과열강도를 얻는데 소요되는 리파이닝 에너지는 수직형 바로 리파이닝하였을 때 짧은 시간 안에 목표 값을 달성할 수 있기 때문에 훨씬 더 절약할 수 있게 되고, 이로 인해 제조원가의 절감에도 기여하게 된다.

[0076] 아. 쉼기형 바와 수직형 바의 인열강도 비교

[0077] 도 12는 수직형 바와 쉼기형 바로 리파이닝된 침엽수 표백크라프트 펄프 섬유의 인열강도를 비교한 그래프이다. 종이의 인열강도는 종이에 가해진 찢는 힘에 저항하는 정도를 나타내는데, 보통 리파이닝 정도, 섬유 자체의 강도, 섬유 길이, 충전제 양 등에 따라 달라진다. 이 중에서 리파이닝에 의한 섬유 길이의 변화와 섬유간 결합력의 변화에 민감하게 반응한다. 만약 장섬유가 많은 종이의 경우에는 찢는 힘이 가해졌을 때 관련 응력을 더 많은 섬유들과 더 많은 섬유 결합 부위 쪽으로 분포시킬 수 있지만, 단섬유들은 보다 더 작은 영역에 응력이 집중되어 쉽게 찢어지게 만든다.

[0078] 도 12에서 보는 바와 같이 수직형 바와 쉼기형 바 모두 리파이닝 초기에는 섬유간 결합력 향상에 도움이 되는 내외부 소섬유화가 많이 유도되어 동일 리파이닝 에너지에 대해 유사한 인열강도 값을 나타내었지만 리파이닝이 더 진행되면서 더 날카로운 예리도를 갖는 수직형 바가 섬유 단락화를 더 많이 일으키면서 인열강도의 빠른 감소에 영향을 미침을 알 수 있었다. 따라서 수직형 바를 사용할 때에는 리파이닝 에너지에 대한 이상적인 제어를 통하여 인열강도의 감소를 최소화시킬 필요가 있다.

[0079] 자. 쉼기형 바와 수직형 바의 평균 섬유장과 미세분 함량 비교

[0080] 도 13 및 도 14는 침엽수 표백크라프트 펄프를 쉼기형 바와 수직형 바로 각각 리파이닝한 후 길이가중치 평균섬유장과 미세분(0.2 mm 이하) 함량을 비교한 그래프이다.

[0081] 수직형 바와 쉼기형 바 모두 리파이닝과 함께 평균 섬유장의 감소가 이루어지는데 매우 유사한 속도로 감소하였다. 리파이닝으로 인한 섬유 길이의 감소가 일어나기는 하지만 섬유 길이의 손실 자체가 우려했던 것보다 훨씬 더 완화된 조건에서 일어난 것으로 해석할 수 있다.

[0082] 하지만 미세분 함량에 있어서는 큰 차이를 보이는데 리파이닝이 진행되면서 수직형 바에서 리파이닝된 펄프 섬유의 미세분 함량이 쉼기형 바에서 리파이닝된 펄프 섬유에 비해서 훨씬 더 빠르게 증가하기 시작하였다. 이것은 수직형 바 모서리 예리도가 쉼기형에 비해서 훨씬 더 우수하므로 펄프 섬유가 바와 바 사이를 통과하면서 바의 회전에 의해 섬유의 일○이차벽으로부터 피브릴들이 대량으로 탈리되는 것에서 그 원인은 찾을 수 있다.

[0083] 결론적으로 수직형 바를 이용하게 되면 섬유장의 감소가 쉼기형 바와 유사한 속도로 일어나지만 섬유벽으로부터 이탈되어 발생하는 이차 미세분의 발생에 매우 큰 영향을 미친다. 따라서 수직형 바 플레이트가 나노셀룰로오스 제조를 위한 전처리 장치로 이용된다면 마이크로피브릴화된 셀룰로오스의 제조에 매우 효과적인 기기로 사용될

수 있을 것으로 판단되었다.

[0084] 이상에서 본 발명의 일 실시예에 대하여 설명하였으나, 본 발명의 사상은 본 명세서에 제시되는 실시 예에 제한되지 아니하며, 본 발명의 사상을 이해하는 당업자는 동일한 사상의 범위 내에서, 구성요소의 부가, 변경, 삭제, 추가 등에 의해서 다른 실시 예를 용이하게 제안할 수 있을 것이나, 이 또한 본 발명의 사상범위 내에 든다고 할 것이다.

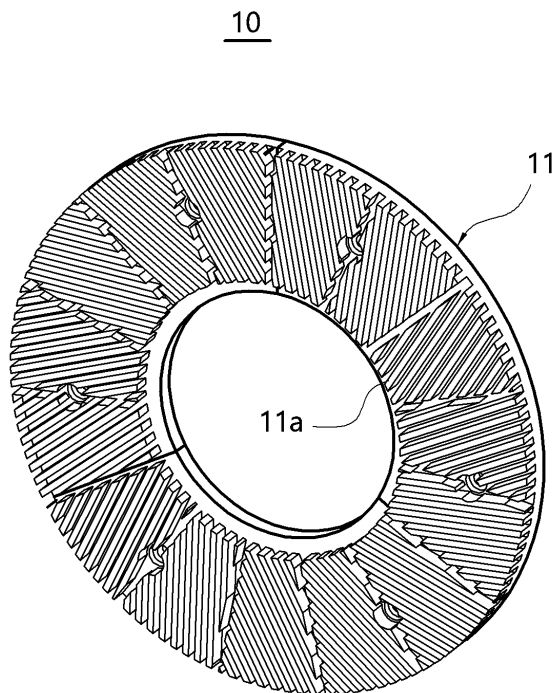
부호의 설명

[0085] 10 : 수직형 바 플레이트

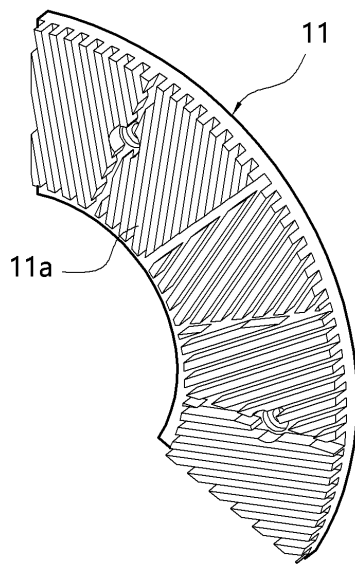
11 : 세그먼트 11a : 수직형 바

도면

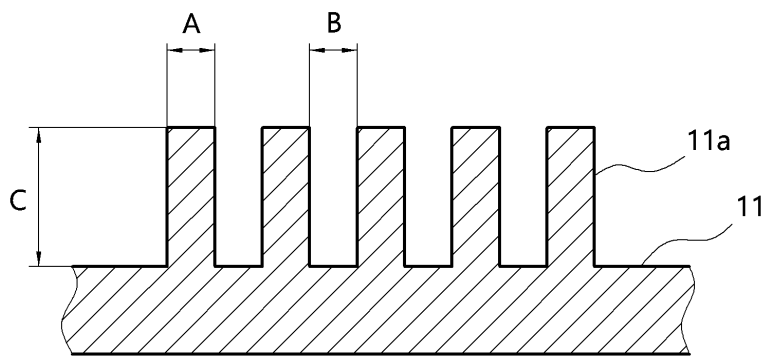
도면1



도면2



도면3

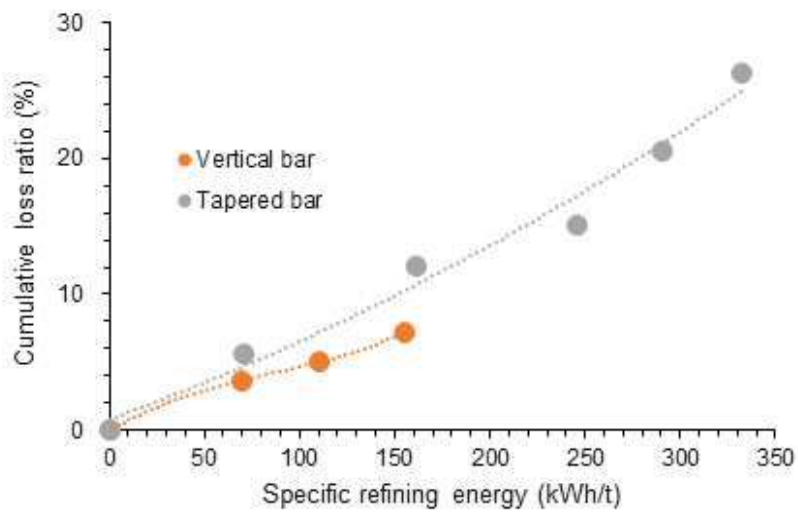


10

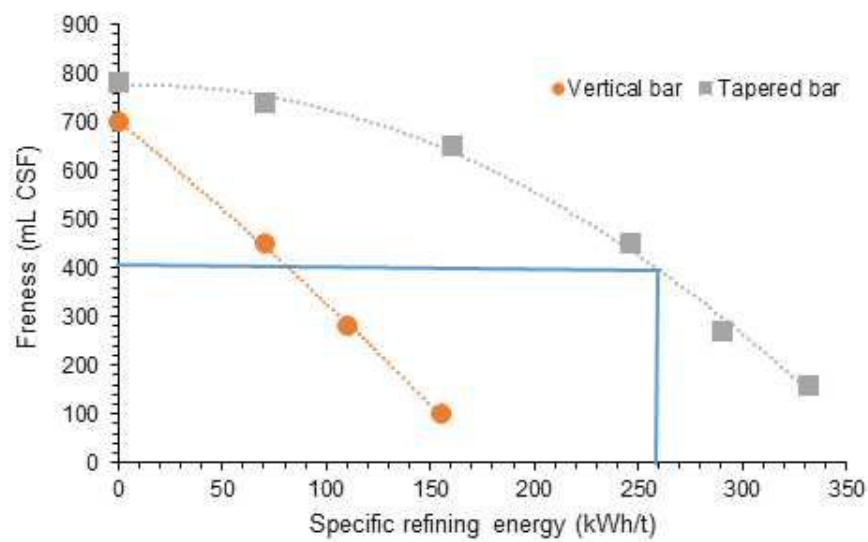
도면4

Bar pattern	Calculation of CEL
	$CEL_{Zone1} = (36 \times 3)^2 \times 0.025_{\text{mm}}$ $= 202.5 \text{ (m/rev)}$
	$CEL_{Zone2} = (30 \times 3)^2 \times 0.0175_{\text{mm}}$ $= 141.8 \text{ (m/rev)}$
	$CEL_{Zone3} = (24 \times 3)^2 \times 0.021_{\text{mm}}$ $= 108.9 \text{ (m/rev)}$
	$CEL_{Zone4} = (18 \times 3)^2 \times 0.016_{\text{mm}}$ $= 48.6 \text{ (m/rev)}$
	$CEL = CEL_{Zone1} + CEL_{Zone2} + CEL_{Zone3} + CEL_{Zone4}$ $= 590.8 \text{ m/rev}$

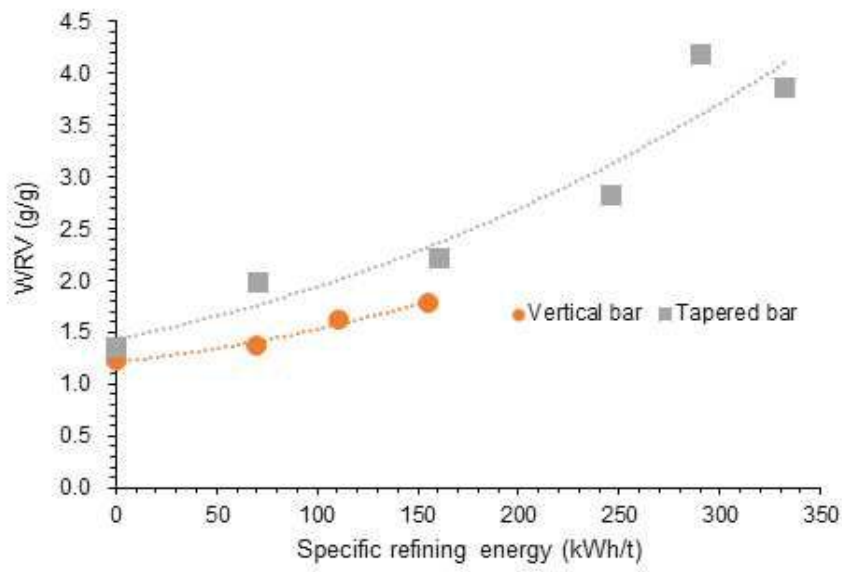
도면5



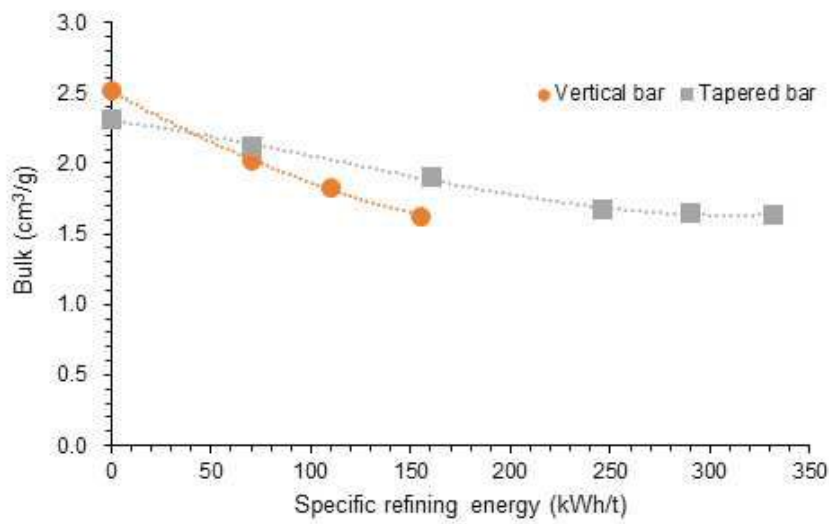
도면6



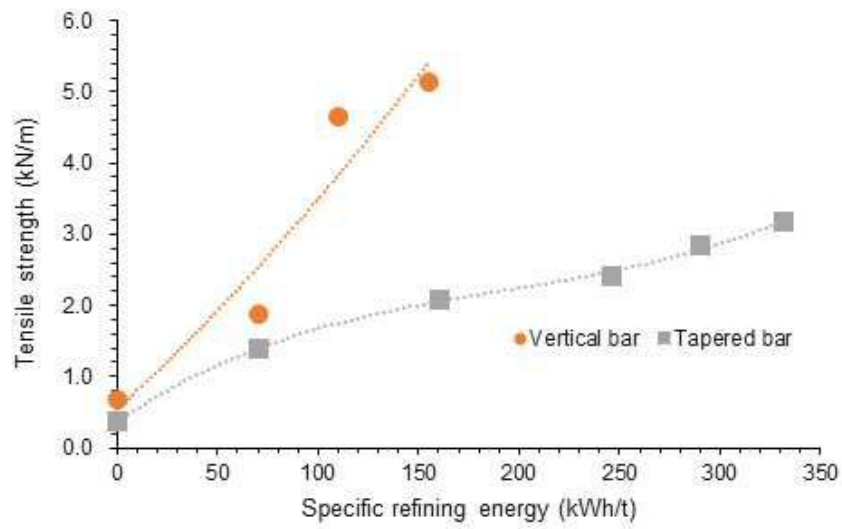
도면7



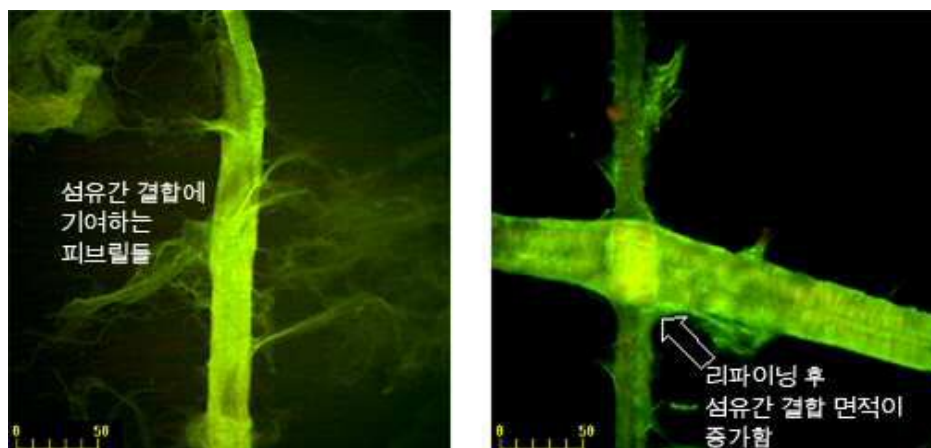
도면8



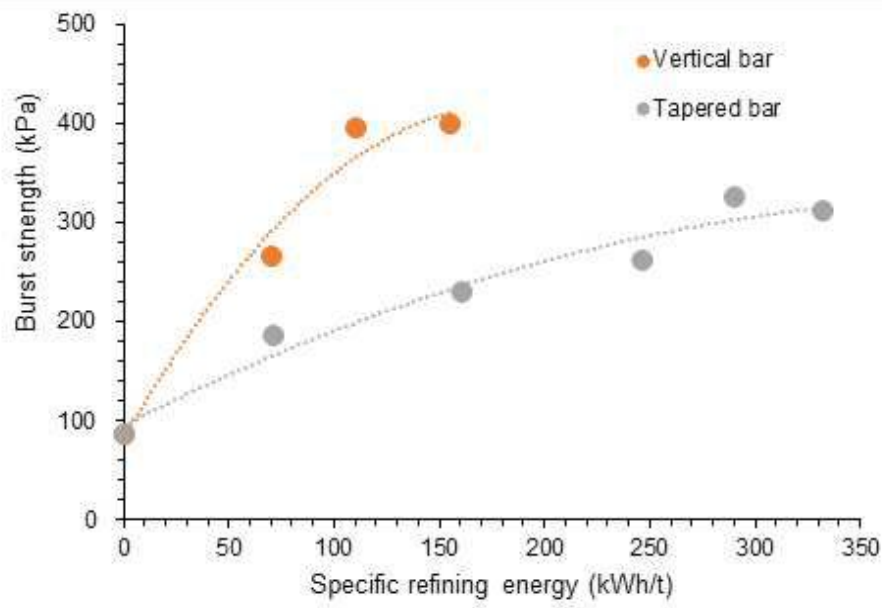
도면9



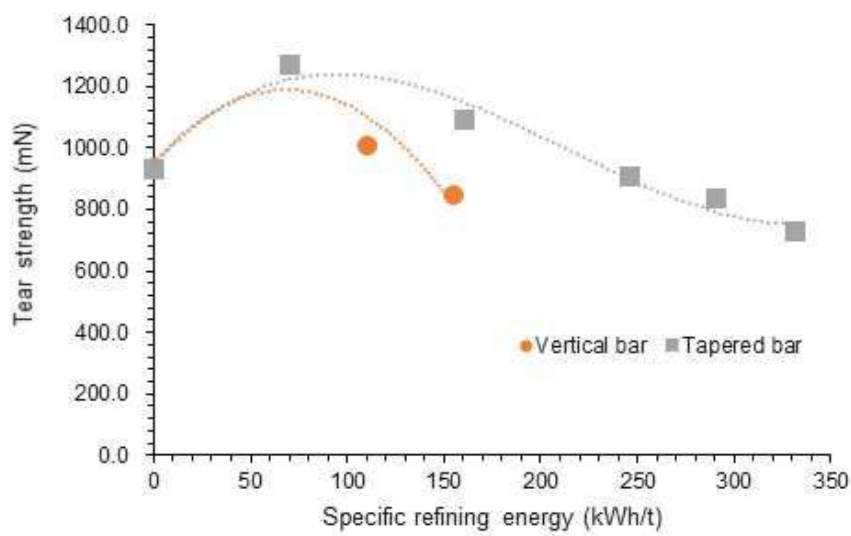
도면10



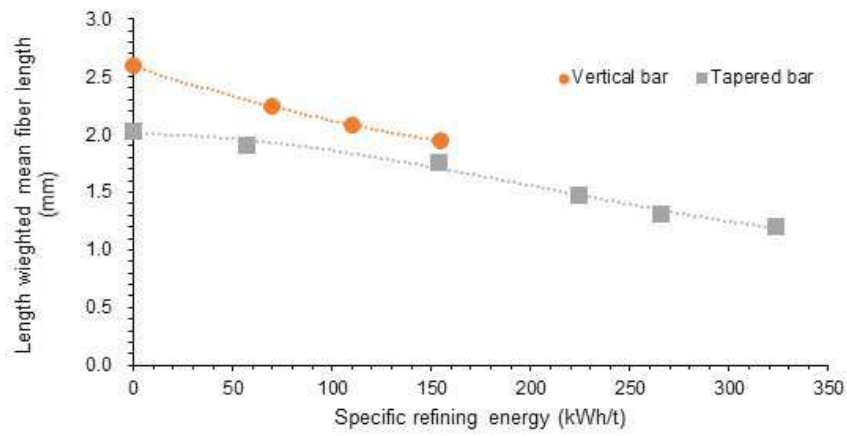
도면11



도면12



도면13



도면14

