발행번호
Processing V 08.26

2026년 산림경영지도원

자격전형 학습모듈

임산가공 (기본서)



산림조합

본 자료는 산림경영지도원 임용전형 필기시험을 준비하시는 응시생의 학습편의를 제공하기 위하여 관련 지침, 법령, 대학교재, 산림청 기술서 등 산림경영지도원 업무수행에 필요한 사항을 발췌하여 정리하였습니다.

본 자료는 기본서로 산림경영지도원이 반드시 알아야 할 필수 지식이며, 본 자료 외에서도 시험문제가 출제될 수 있으니 p186 '참고자료 목록'과 전공서적 등을 활용하여 학습하시기 바라며, 다른 자료와 상충되는 내용이 발생하는 경우 본 자료를 기준으로 필기시험 평가가 진행될 예정이니 참고하시기 바랍니다. 감사합니다.

개 정 일 람 표

번호	개정일자	변경내용	발행번호
01	2021.06.30.	· 원목 검척, 결점측정, 재적계산 · 원목의 품등	V 03.21
02	2022.03.30.	· 목재제품의 규격과 품질기준 부속서	V 04.22
03	2023.03.13.	· 목재제품의 규격과 품질기준 부속서1(p141 ~159)	V 05.23
04	2024.03.15.	· 원목 규격 고시 및 목재제품의 규격과 품질 기준 개정사항 반영	V 06.24
05	2025.07.21.	· 원목 규격 고시 개정사항 반영	V 07.25
06	2026.08.30.	· 목재제품의 규격과 품질 기준 개정사항 반영 - 제4조(재검토기한), 부칙 - [부속서 1] 제재목 - [부속서 2] 방부목재 - [부속서 4] 목재 플라스틱 복합재 - [부속서 5] 집성재	V 08.26

목 차

Ⅰ. 원목 선별 및 품질확인 ····· 5
1. 원자재 수종 파악 ····· 5
2. 원목 등급 구분 ····· 6
3, 원목 검척하기 ····· 8
4. 원목의 품등 ····· 9
5. 결점측정 방법 ····· 11

Ⅱ. 목재 제재 가공 ····· 12
1. 원목 절단 준비 및 규격 확인하기 ····· 12
2. 목재 기계가공 준비 ····· 16
3. 목재 기계가공 ····· 19
4. 설비 운영관리 ····· 24
5. 목재 제재 작업 순서 ····· 29
6. 제재목 품질 ····· 33
7. 제재목의 치수, 함수율 측정 ····· 37
8. 제재목 품질 확인 순서 ····· 38

Ⅲ. 목재의 절삭·성형가공 ····· 40
1. 공급관련 요소 ····· 40
2. 송재관련요소 ····· 42
3. 성형가공 ····· 44

Ⅳ. 목질 삭편 제조 ····· 55
1. 칩핑과 분쇄 ····· 55
2. 기타 분쇄방법 ····· 55
3. 해섬 ····· 57
4. 칩핑과 분쇄 설비 ····· 58

Ⅴ. 목재 건조·열처리 가공 ····· 65
1. 목재 건조 작업 ····· 65
2. 건조스케줄 운영 ····· 69

3. 건조목재 평가 ····· 72
4. 목재 열처리가공 ····· 76

Ⅵ. 목재 보존처리 가공 ····· 88
1. 목재보존제 처리 ····· 88
2. 안전 유의사항 ····· 103

Ⅶ. 목질 재료 도장가공 ····· 104
1. 목질소재 전처리 ····· 104
2. 목제품 표면도장 ····· 113

붙임
1. 원목 규격 고시 ····· 135
2. 목재제품의 규격과 품질기준 ····· 141

Ⅰ. 원목 선별 및 품질확인

1. 원자재 수종 파악

1-1. 원목의 수종 식별

지구상에는 30,000여종 이상의 많은 수목이 자라고 있으며, 일반적인 목재로 생산할 수 있는 수종은 10,000여종이고, 그 중에서 2,500여 수종이 이용되고 있다고 알려져 있다.목재를 생산할 수 있는 식물은 목본 식물이라 하고 다년생 식물인데 주로 교목류를 이용하고 있다. 우리나라의 목본 식물은 약 84과 252속 754종이 보고되고 있지만, 제재목 등으로 활용가 치가 높은 수종은 많지 않다. 침엽수로 소나무, 낙엽송(일본잎갈나무), 잣나무, 편백, 삼나무, 전나무 등이 있으며, 활엽수는 참나무류(신갈나무, 떡갈나무, 굴참나무, 졸참나무, 상수리나무), 느티나무, 자작나무, 감나무 등이 주로 이용되고 있다.

한편, 외국으로부터 수입하여 사용되고 있는 침엽수종으로는 미송, 미국솔송나무, 가문비나무, 편백(일본산), 삼나무(일본산), 낙엽송(러시아산) 등을 예로 들 수 있다.

따라서 원목의 수종을 식별하는 것은 수종별 및 용도별 목재를 이용함에 있어서 중요한 일이다.

1-1-1. 침엽수와 활엽수

일반적으로 이용되는 목재는 크게 침엽수와 활엽수로 나뉘며, 침엽수는 나자식물강에 속하고 활엽수는 피자식물강에 속한다. 침엽수는 지구상에 500여종이 분포되어 있고, 활엽수는 약 3억년 전부터 생겨 진화하여 많은 수종으로 구성되어 있으며 침엽수보다 조직이 더 발달되고 복잡한 형태를 지니고 있다.

아한대지역은 소나무, 전나무, 낙엽송, 가문비나무 같은 침엽수가 잘 자라고, 아열대 지방에는 많은 수종의 활엽수가 자란다.

활엽수와 침엽수는 목재의 물리화학적 특성이 다르기 때문에 그 성질에 따라 그 용도를 다르게 한다(<표 1-1>, 침엽수와 활엽수의 용도상 비교).

<침엽수와 활엽수의 용도상의 비교>

구분	활엽수	침엽수
용도	-높은 등급; 건축재료, 가구, 마루판, 목공, 장식장 낮은 등급:팔레트, 컨테이너 기타: 갱목, 건축용 토류판	건축재료(목조건축, 내외장재), 조경시설용재, 화장용, 마감용 재료, 갑판, 문
대표적 수종	참나무류 Maple, Cherry, Walnut 등	낙엽송, 소나무, 편백, 삼나무 등 Douglas fir, Hemlock, Spruce 등

1-1-2. 목재의 수종 식별

목재는 종류에 따라 다양한 세포구성을 하고 있다. 목재의 수종을 식별하기 위해서는 산림에서의 수관형태를 비롯한 외관적 형태, 목재의 내부 및 외관적 특성을 알아야 하며, 목재의 조직 및 해부학적 특성에 대한 자료와 지식이 필요하다.

1-1-3. 육안적인 목재 수종 식별

입목상태에의 원목은 수관, 줄기, 잎, 꽃, 과실 등의 외형적인 특징에 의해서 목재의 수종을 식별할 수 있다. 또한, 원목의 수피, 재색, 연륜 폭, 심재와 변재의 색, 나무 갖(재면의 상태), 목리(나무결), 광택, 냄새와 맛 등에 의해 구분 할 수 있다.

1-1-4. 현미경적인 목재 수종 식별

외관적 특성에 의해 알 수 없는 경우에 정확한 수종 감별을 위해서 목재의 구성요소를 해리하고 목재를 구성하고 있는 개개의 세포 형태를 관찰하거나, 가도관의 길이를 측정하는 등 현미경적 식별법을 사용한다. 수종 식별을 위한 목재의 구성요소를 해리하는 방법으로 대표적인 것은 Schurz법이다. 농질산과 물을 혼합한 용액에 염소산칼륨을 녹인 Schurz액에 1~4cm정도의 작은 목편을 넣어 실온에서 보관 후 60도에서 10~30분간 가열하여 해리된 목재조직을 수세하는 방법이다. 해리하여 채취한 섬유 등의 목재조직을 광학현미경으로 세부 관찰하여 식별하며, 보다 정밀한 식별을 하고자 할 때는 전자현미경(SEM)에 의해 관찰한다.

1-1-5. 이화학적 식별 방법

목재는 유기화합물인 C, H, O, N 등이 주성분으로 되어있고, 각종 추출물로 형성되어 있다. 따라서 자외선을 조사에 의해 형광현상에 의한 색변화, 알콜 같은 용액에서의 색상변화, 물속에 목재시편을 넣었을 때 발생되는 기포 형태, 목재를 연소시켜 탄화 유무 현상, 목재의 주요성분인 Cellulose, Hemicellulose 및 Lignin의 정색반응에 의한 색변화 등에 의해 목재의 식별 수단으로 사용된다. 원목의 수종을 거래명세표를 근거로 하여 수종 식별을 위한 참고자료를 통하여 수종별로 구분하고, 필요시에는 공식 시험기관에 수종감정을 의뢰하여 시험성적서를 받아 보관하도록 한다.

2. 원목 등급 구분

원목 등급구분은 각 국가별로 수종에 따라 원목을 형질별, 용도별(합판용, 제재용, 펄프용)로 구분하고, 등급을 규정하여 품질기준으로 하고 있다. 원목의 재종은 지름의 크기에 따라 특용재급, 1등급, 2등급, 3등급, 원주재급, 원료재급 순으로 구분한다. 3등급까지는 제재가공이 가능한 품질이고, 원주재급은 원주재를 생산 가능한 품질 수준이며, 원료재급은 지름이 작고 결점이 많기 때문에 주로 가설재나 표고골목, 칩, 보드, 펄프 등의 원료로 이용가능한 원목을 말한다.

2-1. 원목의 재종 구분

원목이라 함은 수목을 벌채하여 수관과 가지를 제거하고 조재한 둥근 통나무를 말한다. 원목은 용도에 따라 구분되어 사용되며, 세부적으로는 다음과 같이 구분된다.

가. 「특용재급」이라 함은 침엽수 중 지름이 매우 크고 결점이 적어 문화재 보수나 공예품, 합판용 단판 등의 생산에 적합한 지름과 품질이 매우 우수한 원목을 말한다.

나. 「1등급」이라 함은 지름이 '특용재급'에는 못 미치지만 지름이 크고 결점이 적어 침엽수의 경우 한옥건축 등에서 이용되는 대단면의 2종구조재(보재)나 3종구조재(기둥재), 활엽수의 경우 가구재나 내장재 등의 이용에 적합한 지름과 품질의 원목을 말한다.

다.「2등급」이라 함은 지름이 '1등급'에는 못 미치지만 지름이 다소 크고 결점이 적어 침엽수의 경우 1종구조재(규격구조재)나 데크재, 내장재, 활엽수의 경우 가구재나 내장재, 공예재 등의 이용에 적합한 지름과 품질의 원목을 말한다.

라. 「3등급」이라 함은 지름이 '2등급'에 못 미치거나 결점이 다소 많지만 침엽수의 경우 제재가공에 의한 이용이 가능하고, 활엽수의 경우 신탄재 등으로의 이용은 가능한 지름과 품질의 원목을 말한다.

마. 「원주재급」이라 함은 침엽수 중 지름이 '3등급'에 못 미치지만 서까래나 조경용재로 이용되는 원주재의 생산은 가능한 지름 및 품질의 원목을 말한다.

바. 「원료재급」이라 함은 지름이 침엽수의 경우 '원주재급', 활엽수의 경우 '3등급'에 못 미치거나 결점이 많은 원목으로, 주로 가설재나 표고골목, 칩, 보드, 펄프 등의 원료로 이용이 가능한 원목을 말한다.

<원목의 수종구분>

수종군	수 종
소나무류	소나무, 해송, 잣나무, 스트로브잣나무, 리기다소나무, 리기테다소나무
낙엽송류	낙엽송
편백.삼나무류	편백, 화백, 삼나무, 가문비나무, 전나무, 기타 침엽수
활엽수류	참나무, 포플러, 기타 활엽수

지름이 60mm 미만, 재장이 2.1m 미만인 원목은 원료재급에 포함되며, 소나무의 경우 재장 2.1m이상 지름 420mm 이상은 특용재급, 재장 3.6m이상, 지름 270mm 이상이면 1등급, 낙엽송류는 재장 2.1m이상, 지름 360mm이상이 특용재급, 재장 3.6m이상, 지름 240mm이상이 1등급이다. 편백 및 삼나무류에서는 재장 3.6m이상, 지름 210mm이상이 1등급, 활엽수는 재장 2.1mm 이상, 지름 270mm 이상이어야 1등급으로 구분된다.

또한, 옹이, 할렬 및 윤할, 굽음, 썩음 등 기타 결점에 의해 등급을 구분한다.

원목을 재종과 등급을 구분하여 선별하여 사용하고 가공할 수 있도록 하여 원활한 제품가공과 품질을 유지할 수 있도록 한다.

3. 원목 검척하기

3-1. 국내 원목 재적 측정하기

원목의 재적을 구하는 식은 원목의 재장이 6m를 기준으로 하여 산출식을 다르게 적용하여 측정한다. 즉, 원목 길이가 6m 미만일 때는 아래 가.식으로 하고 원목의 재장이 6m 이상 일 때는 아래 나.식을 사용하여 측정하게 된다. 소나무와 낙엽송에 한하여 길이가 3.6m 이상이고, 지름이 600mm 이하인 경우에는 다.식에의하여 계산한다.

가. 길이가 6m 미만인 것.

$$m^3 = D^2 \times L \times \frac{1}{1{,}000{,}000}$$

D : 원목 지름으로서 mm 단위에 의한 수치

L : 원목 길이로서 m 단위에 의한 수치

나. 길이가 6m 이상인 것.

$$m^3 = \left[D + 10 \times \frac{L' - 4}{2} \right]^2 \times L \times \frac{1}{1{,}000{,}000}$$

D : 원목 지름으로서 mm 단위에 의한 수치

L : 원목 길이로서 m 단위에 의한 수치

L ' : 원목 길이로서 m 단위에 의한 수치 중 1m 미만의 끝수를 버린 길이

다. 소나무, 낙엽송(길이 3.6m 이상, 지름 600mm 이하인 것)

$$m^3 = \frac{(D^2 + 2D_1^2 + D_2^2)}{16} \times \frac{\pi L}{1{,}000{,}000}$$

소나무 : $D_1 = 1.030D + 1.450L + 6.090$, $D_2 = 1.108D + 13.37L - 13.59$

낙엽송 : $D_1 = 0.999D + 3.140L + 7.180$, $D_2 = 1.048D + 5.750L + 10.19$

D : 원목 말구지름으로서 mm 단위에 의한 수치

D_1 : 원목 말구지름으로부터 추정한 중앙지름으로서 mm 단위에 의한 수치

D_2 : 원목 말구지름으로부터 추정한 원구지름으로서 mm 단위에 의한 수치

L : 원목 길이로서 m 단위에 의한 수치



<국내 원목의 재적 측정>

4. 원목의 품등

4-1. 소나무류

등급 / 기준	특용재급	1등급	2등급	3등급	원주재급	원료재급
지름(mm)	420이상	270이상	210이상	180이상	120이상	60이상
재장(m)	2.1이상	3.6이상	3.6이상	2.1이상	2.4이상	2.1이상
옹이	긴지름 150mm 이하			2등급 기준에 적합하지 않은 것		
할렬/윤할	30% 이하					
굽음	20% 이하			30%이하		원주재급 기준에 적합하지 않은 것
썩음 등	20% 이하			30%이하		
기타결점	경미한 것			현저하지 않은 것		

4-2. 낙엽송류

등급 / 기준	특용재급	1등급	2등급	3등급	원주재급	원료재급
지름(mm)	360이상	240이상	180이상	150이상	90이상	60이상
재장(m)	2.1이상	3.6이상	3.6이상	2.1이상	2.4이상	2.1이상
옹이	긴지름 150mm 이하			2등급 기준에 적합하지 않은 것		
할렬/윤할	30% 이하					
굽음	20% 이하			30%이하		원주재급 기준에 적합하지 않은 것
썩음 등	20% 이하			30%이하		
기타결점	경미한 것			현저하지 않은 것		

4-3. 편백.삼나무류

등급 / 기준	1등급	2등급	3등급	원료재급
지름(mm)	210이상	150이상	90이상	60이상
재장(m)	3.6이상	3.6이상	2.1이상	2.1이상
옹이	긴지름 150mm 이하		2등급 기준에 적합하지 않은 것	
할렬/윤할	30% 이하			
굽음	20% 이하		30%이하	3등급 기준에 적합하지 않은 것
썩음 등	20% 이하		30%이하	
기타결점	경미한 것		현저하지 않은 것	

4-4. 활엽수류

등급 / 기준	1등급	2등급	3등급	원료재급
지름(mm)	270이상	150이상	120이상	60이상
재장(m)	2.1이상	2.1이상	2.1이상	2.1이상
옹이	긴지름 150mm 이하		2등급 기준에 적합하지 않은 것	
할렬/윤할	30% 이하			
굽음	20% 이하		30%이하	3등급 기준에 적합하지 않은 것
썩음 등	20% 이하		30%이하	
기타결점	경미한 것		현저하지 않은 것	

5. 결점측정 방법

5-1. 원목결점의 측정방법

결 점		측 정 방 법
옹이	측정	1. 재면에 있는 옹이를 대상으로 실측 긴지름을 측정한다. 2. 산옹이의 지름은 그 실측 긴지름으로 한다.
	산옹이	산옹이의 지름은 그 실측 긴지름으로 한다.
	죽은옹이 썩은옹이	죽은옹이.썩은옹이의 지름은 그 실측 긴지름의 2배로 한다.
	숨은옹이	1. 재면이 돌출 또는 함몰 등의 이상을 나타내어 그 내부에 옹이가 숨어 있는 것으로 판단되는 경우 그 크기는 그 원목의 산옹이, 죽은옹이 또는 썩은옹이 중 가장 큰 옹이의 실측 긴지름을 1.5배한 크기로 한다. 다만, 1.5배한 지름이 숨은 옹이로 인한 돌출 및 함몰부분의 긴지름 보다 작을 경우는 그 돌출 및 함몰부분의 실측 긴지름(재면의 선과 돌출 또는 함몰부분의 교차점간 거리)을 숨은 옹이의 지름으로 한다. 2. 산옹이, 죽은옹이 또는 썩은옹이가 없고 숨은옹이만 있는 경우의 숨은옹이 크기는 100mm로 한다. 다만, 숨은옹이로 인한 돌출 및 함몰부분의 긴지름이 100mm보다 큰 경우는 그 돌출 및 함몰부분의 실측 긴지름을 숨은 옹이의 지름으로 한다.
할렬	측정	횡단면에서 재면으로 이어진 할렬을 대상으로 재면에서의 할렬길이를 측정한다.
	동일횡단면	1. 동일 횡단면에 2개 이상인 경우는 가장 긴 것을 그 횡단면의 할렬길이로 한다. 2. 횡단면 지름의 1/2을 초과한 깊은 할렬은 그 할렬의 실측 길이를 1.5배한 길이로 한다.
	양횡단면	각각의 횡단면에서 가장 긴 할렬만을 합계한 수치로 한다.
	백분율	할렬의 길이에 대한 그 원목의 길이 비율로 한다.
윤할	측정	1. 횡단면에 있는 윤할을 대상으로 윤할의 곡선길이를 측정한다. 2, 횡단면 중심에서 9/10보다 외측에 있는 윤할은 제외한다.
	동일횡단면	윤할이 2개 이상인 경우 각각의 윤할 곡선길이를 합한 길이로 한다. 다만, 각 윤할의 양쪽끝과 수심을 직선으로 연결하여 윤할이 겹치는 경우는 전체의 윤할곡선 길이에서 중복된 윤할 곡선길이를 제외한 길이로 한다.
	양횡단면	양 횡단면 중 윤할 곡선길이가 더 큰 것을 그 원목의 윤할 곡선길이로 한다.
	백분율	윤할곡선 길이에 대한 그 횡단면 둘레(원주)의 길이 비율로 한다.
굽음	측정	굽음변의 최대 굽음 높이를 측정한다.
	두 번 이상 굽은 것	각 굽음 높이를 합하여 1.5배한 것을 그 원목의 굽음 높이로 한다.
	백분율	굽음 높이에 대한 원목의 지름 비율로 한다.
썩음 등	측정	1. 썩음 등에는 썩음, 속빔, 벌레먹음을 포함한다. 2. 평균지름은 최소지름과 직각지름의 평균으로 한다. 3. 속빔이 이상팽대부분에 걸쳐있을 때에는 그 부분을 제외 한다.
	동일횡단면	결점이 2개 이상인 경우 각 결점의 평균지름을 평균한 것을 그 횡단면의 평균지름으로 한다.
	양횡단면	각 횡단면의 평균지름을 합계한 것을 그 원목의 평균지름으로 한다.
	백분율	썩음 등의 평균지름과 그 횡단면의 지름 비율로 한다.
기 타 결 점		원목 이용가치에 따른다.

원목품등에 있는 결점은 다음 표의 방법으로 측정한다. 이때 결점이 여척 또는 이상 팽대 부분에 걸쳐 있을 때에는 당해 여척 또는 이상 팽대 부분을 제외하고 그 결점을 측정한다. 측정은 10mm단위로 측정하고 10mm 미만은 버린다. 백분율의 경우 소수점 이하는 버린다.

Ⅱ. 목재 제재 가공

1. 원목 절단 준비 및 규격 확인하기

원목으로부터 목재가공은 박피 공정으로부터 시작하여 길이 절단, 단판절삭가공, 대할 제재 및 소할제재, 2차 가공 및 표면가공, 원주가공 등이 이루어진다.

선별된 원목은 띠톱, 둥근톱과, 갱립톱 등과 같은 제재 기계에 의해 판재, 각재, 원주재 등의 제재가공을 거쳐 제품으로 만들어 지게 된다. 원목이 투입되어 기계가공을 거쳐 제재목이 생산되기까지의 가공단계를 제재공정이라 한다. 제재공정은 원목의 크기, 수종, 등급, 제품의 종류, 생산방식, 설비 등에 의하여 여러 가지 형태가 있다.

1-1. 원목과 제재목

1-1-1. 원목 조재

벌목 산지에서 원목의 조재는 용도에 따라 단목조재, 벌채원목의 초두부만 잘라내는 전간재, 초두부나 가지를 조재하지 않는 전목재 등의 조재 방법으로 실시되고 있다.

국내에서 유통되고 있는 원목의 길이는 1.8m, 2.1m, 2.7m, 3.6m, 5.4m, 7.2 m를 기준으로 하고 있기 때문에 단목조재는 2.7m, 3.6m로 조재하는 것을 기본으로 하고, 목적에 따라서는 4.5m, 7.2m로 조재 후, 우드그랩(wood grab)을 이용하여 집재하는 방식이 많이 적용되고 있다. 한편, 기본적인 기준길이에 대해서는 가공공정상 여척을 고려한 길이로 벌채 및 조재작업을 하고 있다.

1-1-2. 원목 제재

<제재목 생산 공정>



1-1-3. 제재목의 구분

제재목이라 함은 원주재를 포함하여 길이를 따라 단면의 형상과 크기가 균일한 목재를 말하고 제재목은 횡단면의 형태에 따라 다음과 같이 구분한다.

가. 판재

최소 횡단면에서 빠진 변을 보완한 네모꼴의 4변의 합계에 대한 빠진 변의 합계가 100분의 20 미만인 것으로, 두께가 75mm 미만이고, 너비가 두께의 4배 이상인 것을 말한다.

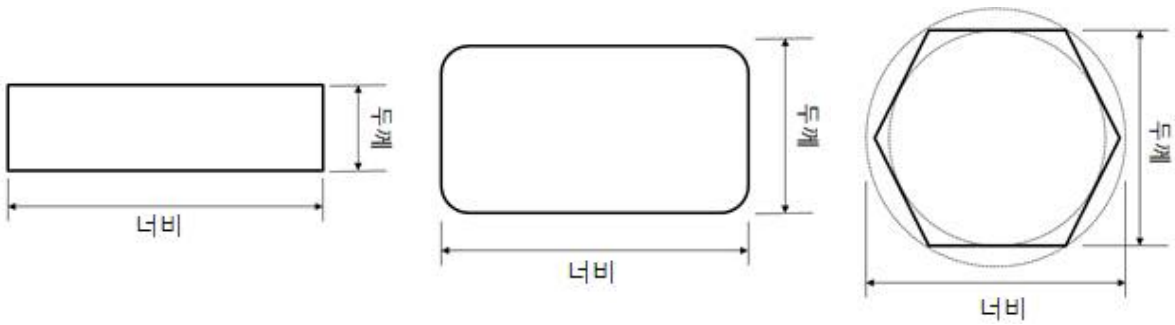
나. 각재

최소 횡단면에서 빠진 변을 보완한 네모꼴의 4변의 합계에 대한 빠진 변의 합계가 100분의 20 미만인 것으로, 다음 각 호 중 하나에 해당하는 것을 말한다.

- ○ 두께가 75mm 미만이고, 너비가 두께의 4배 미만인 것
- ○ 두께와 너비가 75mm 이상인 것

다. 원주재

최소 횡단면에서 빠진변을 보완한 네모꼴의 4변의 합계에 대한 빠진변의 합계가 100분의 20 이상인 것으로, 단면 형태가 원형, 육각형, 팔각형인 것 등을 포함한다.



(a) 판재 (b) 각재 (c) 원주재

<제재목의 두께와 너비 측정방법>

1-1-4. 제재목의 용도에 따른 구분

가. 수장용재 : 내장재나 가구재 등 외관이 중요한 용도에 사용되는 제재목을 말한다.

나. 구조용재 : 건축물과 공작물의 구조내력상 주요한 부분에 사용되어 설계 값이 필요한 제재목으로 다음과 같이 세분한다.

- ○ 규격 구조재 : 두께는 38mm 이상, 114mm 미만이며, 너비는 52mm 이상인 구조 용재

로서, 주로 경골목구조에 사용되는 것을 말한다.

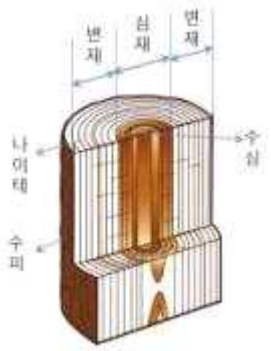
○ 보 구조재 : 두께는 114mm 이상이며, 너비가 두께보다 52mm 이상 큰 구조용재로서, 주로 높은 휨 성능을 요구하는 부위에 사용되는 것을 말한다.

○ 기둥 구조재 : 두께와 너비가 모두 114mm 이상이며, 너비가 두께보다 52mm 이상 크지 않은 구조용재로서, 주로 축 하중이 작용하는 부위에 사용되는 것을 말한다.

다. 일반용재 : 설계 값이 필요하지 않은 일반적인 용도에 사용되는 제재목으로, 수장용재를 제외한 것을 말한다. 다만, 설계 값이 필요한 포장용 목재를 포함한다.

1-1-5. 제재 방법에 따른 재면의 특성

수목은 수고생장과 직경생장을 하면서 성목으로 성장하며, 목재는 3방향과 3단면으로 구분된 수목의 줄기방향을 섬유방향, 방사조직 방향으로 방사방향, 연륜(나이테)에 대해 접선을 이루는 접선방향이며, 목재는 이와 같은 3 방향과 단면에 따라 세포의 배열, 형태, 물리적 성질, 기계적 성질과 가공적 성질이 각각 달라진다



1. 목재조직



2. 목재의 3방향



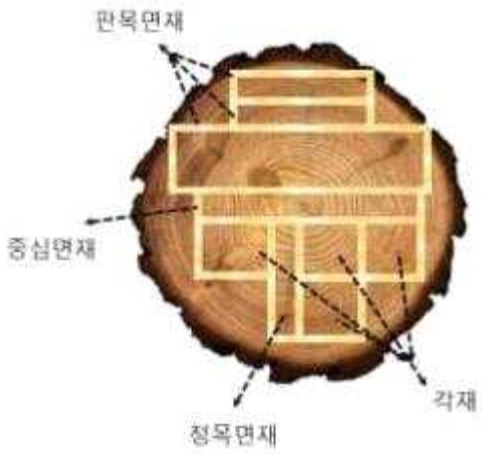
3. 제재방법에 따른 재면 차이

1-1-6. 규격에 따른 제재방법

원목을 제재하는 방법에 따라 제재목의 여러 형태로 제조된다. 또한 지름이 큰 원목과 작은 원목의 제재 방법도 다르다.

원목의 지름이 큰 대경목에서는 제재방법에 따라 판재, 각재 등 다양한 규격 및 형태로 제재할 수 있지만 소경목의 경우에는 판재, 각재의 생산 규격이 제한적이다.

대경목에서는 판목면재, 중심판재, 각재, 정목면재의 형태로 제재하는 각재, 판재를 생산할 수 있다. 하지만, 소경목의 경우에는 제재 방법이 비교적 단순한 방법을 채택하고 있는 것이 일반적이다.



< 대경목의 제재 방법>

제재목의 재면에 나타나는 나이테의 형상에 따른 구분으로는 곧은결 제재법과 널결제재법으로 나뉜다. 곧은결 제재법은 반경방향의 종단면에 나이테가 평행하게 제재하는 것이며, 널결 제재법은 접선방향의 종단면에 나이테가 산 모양으로 불규칙하게 나타나게 제재하는 방법이다

나이테에 의하여 나타나는 목리는 곧은결 제재법에 비하여 제재하기 쉽고 제재능률과 수율이 높으며 생산비는 적게 들지만 품질이 떨어진다. 곧은결 제재는 수율이 낮지만 우수한 품질의 제재품을 생산할 수 있다.

<제재방법에 따른 제재목 재면의 특성 차이>

구분	정목면(곧은결 판재)	판목면(무늬결 판재)
변형(뒤틀림)	적다	심하다
판매 너비 수축율	적다	심하다
판매 두께의 수축	심하다	적다
건조증 표면 할열	적다	심하다
건조속도	느리다	빠르다
재질	균일하다	불균일하다

2. 목재 기계가공 준비

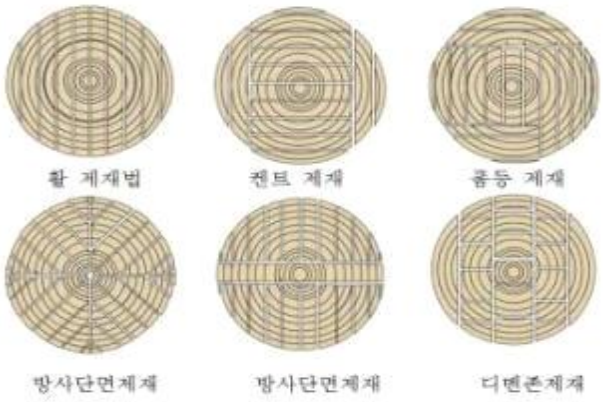
2-1. 원목의 제재

제재공정은 원목이 투입되어 제재품이 생산되어 나오기까지의 가공단계를 말한다. 제재공정은 원목의 크기나 형상, 수종, 등급, 제품의 종류 및 품질, 생산방식, 설비 등에 의하여 여러 가지 형태가 있으며, 이러한 공정은 여건변화에 따라 공정의 순서를 변경하거나 일부공정을 생략할 수도 있다. 일반적인 공정의 순서는 원목의 박피(또는 생략), 길이절단 등의 예비공정을 거쳐 제재공정으로 투입되며, 다음 단계로 등급분류, 건조, 마무리가공, 양면 재단 등의 단계를 거친후 포장하여 제품을 보관하거나 출하하게 된다.

이러한 공정에서 발생되는 피죽, 톱밥, 단재, 분진 등은 한곳에 모아서 저장하면서 목재펠릿이나 퇴비용으로 사용하게 된다. 원목은 띠톱(band Saw)에 의해 켜는 대할 제재 작업부터 시작되는데, 운전자(operator)가 원목의 상태를 보면서 수작업에 의해 절단 작업하는 것이 일반적이다. 하지만, 최근에는 첨단 설비도입에 의거 제재효율을 증대시키기 위하여 원목을 전자 스캐너와 컴퓨터를 이용하여 경급이나 원목상태에 따라 컴퓨터에 의해 설계된 대로 제재작업을 하기도 한다. 제재기계는 크게 띠톱제재기와 둥근톱제재기로 분류된다. 제재기계의 구조와 기능은 톱을 회전시키는 본체와 목재를 전진/후진시키는 송재 장치로 나누어진다. 제재작업은 목재의 고속절삭, 원목과 가공물의 무게 등으로 인하여 제재기계에 많은 무리가 따르고 제품의 정밀도도 낮아지는 경우가 많다. 따라서 기계의 마모, 기능저하 등으로 인하여 기계장비의 정밀도와 내구성이 떨어지는 경우가 있으므로 주의가 필요하다. 최근의 제재기계는 컴퓨터 제어, 자동화, 무인제재법 등으로 발전하고 있어 기계장비는 더욱 복잡해지고 있다.

2-2 원목제재와 제재목

원목은 띠톱, 둥근톱, 갱톱 등의 제재기계를 통하여 판재 및 각재 등의 제재목으로 절삭가공하여 여러 규격으로 가공하게 된다. 원목으로부터 기계적 절삭의 제재방법에 따라 판목제재법(접선단면제재법, 널결제재법)과 정목제재법(방사단면제재법, 곧은결제재법)로 크게 분류된다.



<원목의 제재 유형>

생산된 제품의 정목면재와 판목면재의 외관상 특성과 물리적 특성은 서로 다르게 나타나므로 사용 장소 및 목적에 따라 제재 유형을 선택한다. 원목의 제재 유형은 [그림 원목의 제재 유형]과 같으며, 원목의 특성 목적에 따라 제재 방법을 달리하게 된다. 판목제재법은 원목의 연륜과 접선이 되는 방향으로 제재하는 방법이고 정목제재법은 방사조직방향으로 제재하는 방법이다. 판목제재법은 정목제재법에 비하여 제재하기 쉽고 제재능률과 제재수율이 높으며 생산비용도 적게 들지만 제재품질이 떨어지고 건조 시 뒤틀림 등 건조결함이 발생하기 쉽다.
정목제재법으로 생산된 제재목은 나무결이 곱고 균일하여 질적으로 우수한 제품이 될 수 있으나 제재수율은 낮다. 제재목은 실제 판매제품 규격에 비하여 치수가 크게 제재하게 되는데, 이는 제재 후 건조에 따라 두께 수축, 마무리가공에 의해 줄어드는 것을 미리 고려하기 때문이다 (<표. 제재치수와 표준치수(사례)>, 제재치수 사례 , <표. 국내 주요수종의 비중과 수축률> 참조.

<제재치수와 표준치수(사례)>

규격치수	제재치수	규격치수	제재치수	규격치수	제재치수
15	16.5	45	49.0	180	195.5
18	20.0	60	65.5	210	227.5
21	23.0	75	81.5	240	259.5
24	26.5	90	97.5	270	292.0
27	29.5	105	114.0	300	324.5
30	33.0	120	130.0	330	357.0

* 주 : 단위는 mm

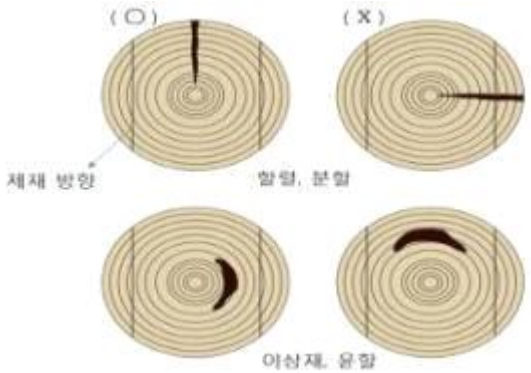
<국내 주요수종의 비중과 수축률>

수 종	비 중		전수축율(%)		
	기건비중	전건비중	방사방향	접선방향	섬유방향
잣나무	0.45	0.43	2.82	7.41	0.38
소나무	0.47	0.44	4.88	9.11	0.31
낙엽송	0.61	0.56	4.67	8.44	0.17
삼나무	0.45	0.41	2.53	7.96	0.14
편 백	0.49	0.45	3.91	6.80	0.17
신갈나무	0.82	0.78	5.97	9.48	1.04
상수리나무	0.82	0.80	5.76	11.27	0.49
느티나무	0.69	0.64	4.25	7.76	0.66

* 주 : 수축은 기건비중 0.6 미만의 일반적인 목재이며 목재의 접선방향을 기준으로 한 사례이며, 수종 및 계절 등에 따라 달라짐

2-3. 제재 수율

제재수율은 투입원목의 재적대비 제재된 제재목의 비율이며, 원목의 형질, 제재방법, 거단폭에 의해 달라지며, 원목의 형질에 따른 제재수율은 원목 지름이 클수록 높고 원목길이가 길수록 작아진다. 따라서 생산되는 제재목에 따른 최적 원목의 경급을 선별적으로 투입하며 원목의 적절한 위치에서 띠톱질의 위치선정이 중요하고, 원목에 레이저 선이 조사되는 장치를 사용하기도 한다. 기계적인 방법으로 전자식주사장치, 컴퓨터로 원목의 형상을 스케닝 하여 최적 제재방법을 선정하는 방안도 고려되어야 한다. 한편 원목의 결함을 사전에 확인하고 제품의 품질을 고려하고 수율이 감소되지 않도록 하기 위해서는 제재방법을 [그림 제재결점 감소를 위한 제재 방법]의 사례와 같이 원목의 결함 위치에 따라 제재하여야만 한다.



<제재결점 감소를 위한 제재 방법>

3. 목재 기계가공

원목으로부터 목재제품으로 생산하기 위해서 목재기계가공 과정을 거치게 되는데, 기계가공에는 절삭가공과 연삭가공이 있다. 절삭가공에 사용되는 기계는 목공용 둥근톱, 띠톱,실톱, 대패(회전대패, 고정대패), 천공기, 목공선반, 형삭기(장부가공용, 접합가공용)등이 있으며, 연삭가공용 기계에는 샌더(평면가공용, 곡면가공용)가 있다.

3-1. 박피

원목에서의 수피를 박피하는 이유는 수피가 붙어 있지 않은 죽데기를 칩(chip)이나 톱밥으로 분쇄하여 펄프제조용으로 사용하거나, 원목의 수피부에 붙어있는 모래 등의 이물질을 제거하기 위함이다. 소나무나 잣나무의 경우 변재부가 변색균에 오염을 방지하기 위하여 박피 후, 자연건조하는 것이 일반적이며, 합판용 원목에서는 단판절삭가공 전에 박피 과정을 거치게 된다.
원목으로부터 수피의 분리는 기계적 방법, 즉 마찰, 삭마, 형성층의 절단, 수피 절삭 등의방법을 활용한다. 박피하는 기계가공은 회전하는 드럼의 주름진 내부에서 원목이 서로 부딪쳐서 마멸에 의한 수피를 분리하는 방법으로 건식 및 습식 드럼 박피 방법이 있으며 벗겨진 수피는 드럼의 뼈대 내에 홈을 통해 콘베이어로 배출된다. 링박피는 제재와 단판용제 박피에 사용되는 방법으로 회전하는 링에 장치된 곡선의 스크레핑공구가 원목의 링을 통과 시 수피를 전단하는 방사방향과

접선방향에 압력을 가하며 박피작업을 하게 된다. 그 외 로서해드박피기, 수압박피, 화학박피 등을 들 수 있다. 일반적인 제재가공에서는 박피과정을 생략하기도 한다.

3-2. 원목 제재

원목의 제재는 대할제재로서 원목을 제재기의 송재차에 고정하여 회전하는 띠톱을 중심으로 앞, 뒤 왕복으로 이동시켜 제재하는 것과 원목을 한번 통과시켜 제재하는 칩퍼 켄터(chipper canter), 스크레그 밀(scrag mill) 등이 있다. 중할제재로는 대할제재된 켄트나 소경재를 중심으로 갱톱 같은 둥근톱을 단일 통과에 의해 여러 판재로 제재된다.

3-2-1. 제재 마름질의 종류

가. 제재마름질의 종류

제재마름질은 원목 또는 반제품을 제재함에 있어서 그 재료의 형질이나 재질을 기초로 하여 제품의 종류, 치수에 따라 채취위치와 채취순서를 결정하는 것이다. 마름질의 종류는 수종, 경급, 형질, 제품의 용도에 따러 여러 가지 형태가 있다. 일반적으로 수종과 원목의 크기에 따라 표준마름질이 있으며 경영자는 능률, 수율, 가치의 세 가지 요소를 조정하여 최저비용, 최대이윤이 되도록 마름질 방법을 결정한다.

○ 표준마름질의 형태

평할제재, 돌림제재, 캔트제재 및 4분할 제재의 4종류가 있으며 돌림제재와 4분할 제재는 원목의 직경이 50cm이상 되는 재료에 적합하고, 4분할제재는 활엽수 제재에 많이 쓰이며 침엽수 제재에는 많이 적용되지 않는다. 캔트제재는 평할제재에 비하여 수율이 높다.

○ 제재마름질법

제재마름질은 제재선이 통나무의 중앙 축과 평행한 스프리트테이퍼법과 통나무의 원통과 평행한 풀테이퍼법이 있으며 중심정규와 측면정규법이라고도 한다.

○ 재면에 나타나는 나이테의 형상에 따른 구분

곧은결제재법과 널결제재법으로 나뉘며 곧은결제재법은 반경방향의 종단면에 나이테가 평행하게 제재하는 것이며, 널결제재법은 접선방향의 종단면에 나이테가 산모양으로 불규칙하게 나타나게 제재하는 방법이다. 나이테에 의하여 나타나는 목리는 곧은결제재법에 비하여 제재하기 쉽고 제재능률과 수율이 높으며 생산비는 적게 들지만 품질이 떨어진다. 곧은결제재는 수율이 낮지만 우수한 품질의 목재제품을 생산할 수 있다. 갈라진 원목은 할렬방향으로 제재하며 굽은 원목은 짧게 조재, 볼록한 부분이 있는 원목은 그 부분부터 제재하여 이방향이 상향 또는 하향하지 않도록 한다.

나. 스케닝

스케닝은 주사장치를 설치하여 원목에 주사광선을 발사함으로서 원목의 크기와 재적을 측정하여 최적의 절삭방법과 제재마름질의 위치를 결정지어주는 역할을 한다.

다. 마름질할 때의 유의사항

- ○ 굽은 원목 : 마름질은 원목의 굽은 면에 직각되게 톱을 대는 방법과 평행하게 대는 방법이 있으며 평행하게 대는 방법이 유리하다.
- ○ 절삭 면은 평행하게 제재한다.
- ○ 옹이는 가급적 제품의 폭 면에 나타나지 않도록 한다.
- ○ 수 부근에는 옹이와 미숙재가 많이 포함되어 있어 강도가 약하므로 단면이 큰제품 또는 품질이 낮은 제품을 채취한다.
- ○ 원목재면에 결점이 있는 경우 결점이 없는 부분부터 절삭한다.
- ○ 일반제재품의 생산은 널결제법으로 우수 품질의 제재품은 곧은결제재법으로 제재한다.
- ○ 일반재는 소품종 대량생산의 능률본위의 제재법을, 양질재는 다품종 소량생산의 가치본위의 제재법을 채택한다.

라. 띠톱 제재

띠톱 제재기는 2개의 바퀴에 얇은 띠의 강철 양끝을 결합시켜 윤상으로 만들어 한쪽측면에 톱니를 새긴 철제 띠톱이 돌아가면서 제재하는 기계이다. 원목을 송재차 위에 올려 띠톱을 향해 원목을 앞뒤로 이동하면서 목재가 절단하는 작업으로 거단폭은 1/8 ~ 3/16 inch 정도이다 2개의 바퀴가 수평 또는 수직으로 장치되어 있는 것에 따라 수평식과 수직식의 두 가지로 구분하는데, 국내의 대부분의 제재소는 수직식이 오래전부터 사용되어 왔고, 소량이나 특수 제재하기 위하여 최근에 소형의 수평식 제재기가 사용되고 있다. 띠톱을 운전할 때는 상하 바퀴의 위치가 틀리지 않도록 정렬되고 신속정확한 제재를 위해 적정한 기장상태를 유지해야 하며 제재되는 원목이 금속류나 돌(모래) 등의 이물질이 박혀 있으면 띠톱이 망가지고 안전상의 문제가 발생되므로 세심한 관찰과 특별한 주의가 필요하다. 원목을 제재할 때 유의사항으로 제재목에 갈고리 마크가 남기지 않게 하고 윤할 및 갈라짐, 수지구 등의 갈라진 원목은 할렬 방향으로 제재하며, 굽어진 원목은 짧게 조재하며 볼록한 부분부터 먼저 제재하고 원목의 이 방향이 상향 또는 하향되지 않도록 한다. 한편, 띠톱 제재는 원목이 송재차에서 앞뒤로 이동하면서 제재하는 것과 달리 지름이 작은 경우 원목이 연속적으로 통과하여 제재하는 제재 방법을 적용하기도 한다. 제재기로는 칩퍼켄터(chipper canter), 갱톱(gang saw), 스크레그 밀(scag mill), 복수 띠톱 제재기(multi-band headrig) 등도 있다.

○ 띠톱 제재기의 종류

제재의 능률, 생산성 향상을 위하여 제재공장에서 사용되는 띠톱제재기의 종류는 여러 가지가

있다(<표. 주요 티톱제재기의 기종)

<주요 티톱제재기의 기종>

기 종 별	내 용	용 도
1.테이블 띠톱제재기	1.목재를 테이블 위에 올려놓고 수동으로 송재하는 방식	1.소할
2.자동롤러 띠톱제재기	2.목재를 롤러에 의해서 송재하는 방식	2.중할, 소할
3.자동롤러 횡형띠톱제재기	3.목재를 자동롤러에 의해서 송재하는 횡형띠톱	3.죽데기처리
4.송재차 띠톱제재기	4.송재차에 싣고 제재하는 방식	4.대할, 중할
4.송재차 횡형띠톱제재기	5.송재방식은 송재차 띠톱제재기와 같으나 띠톱이 횡형임	5.소할,죽데기처리
6.두날띠톱제재기	6.띠톱이 좌우 2개로 설치되어 있음 1회 송재에 2면이 제재됨	6.대할, 소할
7.탄템띠톱제재기	7.2개 이상의 띠톱이 송재방향에 앞뒤로 배열되어 제재됨	7.소할

○ 띠톱 본기장치

- 기체

본기의 기체는 베드와 프레임으로 구성되어 있으며, 베드는 하부톱바퀴와 상부 톱바퀴를 지탱해주는 역할을 하며 동시에 띠톱을 당겨주어 긴장력을 유지하기 위한 충분한 강성이 있어야 한다.

- 상, 하 톱바퀴

상하, 톱바퀴는 두 바퀴의 중량비, 정밀도, 강성, 내구성에 따라서 톱의 절삭성 능을 좌우하는 중요한 작용을 한다. 하부 톱바퀴는 상부 톱바퀴보다 2.5~4.5배 정도 더 무거우며, 바퀴의 무게를 경량화하면 강성이 부족해 굽은 제재가 되기쉽다. 톱바퀴는 제재기계에서 매우 중요한 부분이며 띠톱을 걸어 고속 회전하므로 2개의 톱바퀴는 균형이 유지되어야 한다.

- 톱 바퀴축 지지장치

하부 톱바퀴축은 베드에 고정되어 있으며, 상부 톱바퀴축은 톱의 긴장장치를 이용하여 위로 밀어 올리도록 되어있어, 제재 중에 띠톱이 신축적으로 회전하게 한다.

- 긴장장치

긴장장치는 띠톱의 상, 하 톱바퀴의 외주면에 걸려있는 것으로서 상부톱바퀴에 일정한 긴장력을 부여한다. 이 장치의 2가지 기능은 상부톱바퀴를 띠톱의 길이에 따라 승강하여 긴장력을 주는 긴장작용과 제재 중에 절삭열이나 절삭저항에 의한 톱의 신축에 따라 긴장력이 급변하는 것을 예방하는 완충작용이다.

- 상/하 가이드장치

띠톱은 회전하면서 원운동과 직선운동을 교대로 하게 되는데, 이때 가이드 장치는 톱 몸체의 진동을 방지하기 위하여 2개의 가이드봉을 톱 몸체 가까이 고정시켜 놓은 장치이다.

○ 띠톱 송재장치

송재장치는 제재할 원목을 띠톱이 있는 방향으로 보내는 장치로서 테이블식과 송재차식의 2가지 종류가 있다. 테이블식은 목재를 테이블 위에 올려놓고 사람의 손으로 밀어 넣으면서 제재한다. 송재차는 중량이 무거운 원목을 확실하게 보지하면서 전진 후진시키는 역할을 하므로 차체는 내구성과 기민성이 요구되고 안전에 유의하여야 한다.

송재차에 장착되어있는 헤드블록은 목재를 움직이지 못하게 고정시키는 장치로서 수동식 또는 유압식의 꺽쇠가 붙어있다. 제재품의 치수를 결정짓는 치수조절장치가 붙어있으며 이는 높은 정밀도가 필요하다. 이 장치는 수동식, 전자식, 유압식 등의 종류가 있다.

송재차에는 오프셋장치, 송재차 구동장치, 차륜과 레일 등의 설비가 구비되어 있다.

자동송재차 띠톱의 본기의 크기는 톱바퀴 지름으로 하고, 송재차의 크기는 주로 헤드블록 열림의 크기로 표시한다. 띠톱의 톱바퀴 지름과 측간거리가 최대 제재직경을 결정짓는다. 자동송재차 띠톱의 치수는 톱바퀴 지름에 따라 분류한다.

마. 둥근톱 제재기

원형의 강철판 가장자리에 톱니를 낸 것이 둥근톱이다. 구조는 간단하고 용이하게 장치되어 있으며 능률도 높아서 제재와 목공용으로 많이 사용된다.

둥근톱의 크기는 지름에 따라 대(127cm 이상), 중(76~127cm), 소(76cm 이하)로 나눈다.

둥근톱 제재기는 용도도 다양하며 형식과 종류도 많으나 회전축에 톱을 장치하여 회전시키는 구조는 동일하다. 톱의 축에는 톱, 테두리, 축받침 장치, 톱회전용 풀리가 배열되어 있으며 테이블 위에는 치수를 결정짓는 정규장치가 붙어있다. 둥근톱 제재의 송재장치에도 테이블식과 송재차식이 있으며 띠톱에 비하여 시설비와 유지비가 적게 들며 작업에도 높은 수준의 기술이 필요하지 않다. 일반적으로 둥근톱의 최대 절삭면폭은 톱반경의 70% 정도이다. 재료의 절삭은 둥근톱의 하부절삭과 상부절삭의 2가지 방식이 있다.

바. 중소경재의 제재

제재용 원목은 세계적으로 대경재에서 중소경재로 변화되고 있으며, 우리나라의 경우 생산되고 있는 원목이 대부분 중소경재이다. 중소경재는 옹이, 굽음 등 결점이 많고 원목 지름이 크지 않기 때문에 저가 제품의 생산비율이 높고 생산성이 낮다. 제재기계는 두 날 띠톱, 또는, 두 날 둥근톱을 주력기계로 하고, 죽데기처리는 자동롤러 띠톱을 이용하여 귀달린 판재를 양산하는 경우가 많다.

칩퍼 캔터(chipper canter) 제재가공은 띠톱제재기에서 원목이 투입될 때 피죽이 나오는 것과는 달리 제재목 이외 원목의 측면(배판, 피죽부분)을 칩 형태로 가공되는 형태이다.

마. 평삭작업

제재 및 건조공정을 거친 제재목을 최종 제품 크기로 마무리하는 과정으로 몰딩가공, 대패가공(자동 2면 기계대패, 자동 4면 기계 대패), 표면샌딩 과정이 있다.

바. 재단

제재목의 규격 길이로 절단하기 위하여 엣징(edging)이나 트리밍(trimming) 외 양면재단을 들 수 있다.



<둥근톱(기본사양)>

4. 설비 운영관리

4-1. 제재 공장의 관리

제재산업에서 원목비용은 제재생산비중의 70~80%를 차지하고 있어 원목확보에 많은 투자가 요구되며, 기술적으로는 기계장치와 절삭공구가 고도화되면서 기계의 조작은 복잡하며 고장 발생률도 높다. 제재공장에는 톱밥이나 목분이 많고 목공기계는 진동과 충격을 받으면서 가동되고 있어 기계의 소모, 기능저하로 기계장비의 정밀도 및 내구성을 유지하는데 곤란을 받고 있다. 따라서 제재공장은 정기적으로 전문기술진단을 받을 필요가 있다. 목공기계는 일상적으로 점검, 정비가 이루어져야 하고, 또한 정기적인 점검으로 기계의 보수 관리에 유의하여야 한다.

전문기술진단 내용으로는 ① 제재공장의 경영방침 ② 원목조건 ③ 제재마름질 및 제품 가 공 정밀도 ④ 제재기계류 ⑤ 레이아웃 및 운반기계장치 ⑥ 톱니 세우기 등을 들 수 있다.

4-2. 제재가공 설비의 점검사항

4-2-1. 띠톱본기의 점검기준

제재 띠톱 본기의 점검기준으로서 기계장치를 점검하고 그 원인을 분석하여 처리하고 정기적으로 일상적인 점검이 이루어져야 하며 그 점검 기준은 <표<띠톱제재의 본기 점검기준>>과 같다.

<띠톱제재의 본기 점검기준>

점검 개소	점검 항목	원인, 처리방법	점검구분 일상	점검구분 정기, 부정기
상 하 톱바퀴	1.톱바퀴면에 먼지, 나무진 부착여부	1.기름으로 제거	●	
	2.마모, 상처, 녹의 유무	2. 재연마, 교체		●
	3.상부 톱바퀴의 승강원활도	3. 서포터가이드면의 주유부족	●	
	4.톱바퀴 외주면의 떨림	4. 승가스크루 및 윔기어의 주유부족	●	
	5.톱바퀴 전후조정장치의 기능 확실성	5. 톱바퀴 외주면의 연마 또는 교체		●
		6. 조정 또는 수리	●	
상하 톱바퀴의 베어링	1.이상발열, 이상음의 유무	1. 주유 또는 교체	●	
	2.윤활상태	2. 윤활유 보충		●
긴장 장치	1.분동중량의 적부	1. 사용톱에 적합한 분동중량 선정	●	
	2.작동의 윤활	2. 나이프엣지,롯드의 선단마모	●	
		3. 톱밥의 부착	●	
		4. 레버위치의 확인	●	
		5. 상부베어링케이스 지지부에 주유	●	

4-2-2. 기계장비 점검의 측정기구

가. 다이얼 게이지

나. 회전기(10,000회)

다. 정밀수준기(평형수준기, 각형수준기)

라. 직정규, 직각정규

마. 간격측정게이지

바. 절연저항 측정기

4-2-3. 적정가동조건 및 불량제재현상

띠톱제재기는 항상 적정가동조건을 유지해야 하며 그렇지 않을 경우는 불량 제재현상 이 발생한다. 이러한 사례는 <표 <띠톱 제재기의 적정 가동조건 및 불량 제재현상>>와 같다.

낙엽송 등에서는 송진(수지)가 다량 함유되어 있어 제재면에서 용출되는 송진이 띠톱 날에 부착되어 제재치수가 달라지거나, 제재면이 굽어지거나 작업성에 종종 악영향을 주는 경우가 있다. 이러한 경우, 세정류를 톱날에 직접 분무하는 장치를 부착은 물론 운전자가 톱날의 송진을 씻어 내거나 톱밥이 부착되는 것을 방지해야 한다.

제재기계 가공공정에서 컨베이어, 목재가공용 기계, 기구에 대하여 수리 점검하고 이 물질을 제거할 때는 반드시 기계를 정지한 후 사전 안전관리 조치를 취한 다음 정비 활동이 이루어져야 한다.

<띠톱 제재기의 적정 가동조건 및 불량 제재현상>

구분	항목	적정조건	불량, 제재현상
띠톱, 본기장치	톱바퀴 회전수	소정의 회전수	제재굽음, 톱갈라짐 제재불능, 기계진동
	상하 톱바퀴축 및 베어링	축이 마모되지 않을 것	제재굽음, 톱갈라짐 기계진동
	긴장장치	정상상태의 작동	제재굽음, 톱갈라짐
	분동	적정중량	톱갈라짐, 능률저하
	가이드	적정조정	톱갈라짐, 제재굽음
	톱바퀴면의 오염	톱밥, 나무진 부착 없을 것	톱갈라짐, 제재굽음
송재차	레일	수평유지	제재굽음, 가공치수 불균일
	차바퀴	옆으로 흔들리지 않을 것	제재굽음, 가공치수 불균일
	치수조절장치	적정조정	가공치수 불균일
	렉 및 피니온기어 오프세트	적정조정	제재굽음, 가공치수 불균일
	베어링	마모되지 않을 것	제재굽음, 가공치수 불균일
	헤드블록	적정조정	가공정도 저하
	송재속도	적정속도유지	제재굽음, 코비틀림

4-3. 작업안전관리.

원목으로부터 목재제품을 생산하기 위한 주요 작업공정으로는 선별, 박피, 제재(대할, 소할), 건조, 마무리 가공 등의 공정을 거치게 된다. 사용되는 기계, 장비로서 띠톱, 둥근톱, 루터가공, 절단기 등의 가공설비와 굴삭기, 지게차 등의 이동수단의 장비가 활용됨에 따라 작업 및 점검과

보수 시 협착에 의한 안전사고가 빈번하게 발생되므로 안전보건에 관련된 예방대책이 필요하다. 또한, 작업자의 작업환경으로 목재분진과 같은 다양한 입자상의 분진, 소음, 중량물 및 반복 작업과 관련된 근골격계 질환 등 많은 유해 환경에 노출되어 있어 정기적인 건강진단이 필요하다. 목재 가공공정에서 띠톱, 갱립톱, 둥근톱 및 체인톱 등에 의한 제재공정에서 기계가공시 발생하는 소음에 의한 안전장치 및 개인 건강관리(소음 등에 의한 직업병)에 유의해야 한다.

4-3-1. 제재 공정 및 설비에 따른 안전 관리

가. 원목 및 제재목 이동 중

굴삭기나 지게차 운전함에 있어서, 조명이 확보되지 않은 장소에서의 충돌, 지게차 후진 시 충돌, 경사로 운행 중 지게차 전도 및 협착, 과속으로 인한 충돌, 급회전으로 인한 전도, 과적으로 인한 충돌, 낙하 등에 유의해야 한다.

나. 절삭 공정 중

기계적 절삭 공정에서는 띠톱 등 절단톱날에 협착 위험, 옹이 등 목재칩 날림 위험, 원목 등 중량물 충돌 위험, 누전에 의한 감전재해 발생 위험에 사전 대비활동이 있어야 한다.

다. 대할 제재

원목을 송재차에 투입 후 작업자가 송재차에 탑승하여 이동하면서 일정한 폭으로 제재하는 작업으로서 송재차에 충돌하거나 핏트(fet)에 추락 위험이 내재되어 있다. 띠톱날의 이탈 및 파열에 대한 대비를 해야 하며, 원목 제재 작업 시 소음발생에 대한 안전관리가 되어야 한다.

라. 소할 제재

원목을 1차 제재된 목재를 띠톱을 이용하여 목재의 가장자리를 제재하는 작업으로서 띠톱 톱날부에 협착되거나 목재이송용 컨베이어의 체인 및 스프로켓에 말려 들어갈 수 있다. 중량물 운반에 의한 요통재해 발생 가능성이 있으며, 제재작업 시 소음 및 목재분진 발생이 많으므로 귀마개, 방진마스크 등의 개인보호구를 착용하여 작업에 임하여야 한다

마. 갱립톱(Gang Saw)

원목을 1, 2차 제재된 목재를 갱립톱(saw)를 이용하여 여러 개의 각재 및 판재를 만드는 작업공정으로 불량목제품 제거 작업할 때에 쇼(saw)에 협착될 가능성이 있다. 목재나 옹이 등에 의한 반발 현상이나, 목재이송용 컨베이어의 체인 및 스프로켓에 말려들지 않도록 주의해야 한다. 제재 작업 시 기계에 의한 소음, 절삭과정에서 발생되는 목재분진이 많으므로 방진용 마스크 및 귀마개를 착용해야 한다.

4-3-2. 제재가공 공정별 안전 재해 사례

가. 원목 입고 야적

지게차 충돌, 야적원목 무너짐, 원목 낙하로 인한 재해

나. 목재 절단

띠톱 등 절단 톱날에 의한 협착, 옹이 등 목재조각의 날림, 비래 상해 재해, 작업장 바닥전선에 의한 감전재해, 원목 등 중량물에 협착을 주의해야 한다.

다. 제재 공정

- 목재이송 중 컨베이어의 체인 등 동력전달부에 감김 재해, 띠톱날의 이탈 또는 파열, 중량물 운반에 의한 요통 재해, 불량 목재의 제거 작업 시 톱날에 협착되는 것에 주의해야 한다.
- 둥근톱을 정지 스위치를 눌렀지만 톱날이 완전하게 정지되지 않고 회전하는 상태에서 손으로 확인하다가 상해 재배 발생위험이 있다

라. 분쇄 공정

- 벨트 컨베이어 동력전달부에 감김, 분쇄작업 시 목재칩 비래, 청소작업 칼날 교체작업 시 협착되는 위험이 있다.
- 분쇄기의 정지 스위치를 눌렀지만 분쇄날이 완전하게 정지되지 않은 상태에서 손으로 확인하다가 상해 재배 발생되는 경우가 있다.

4-3-3. 단판절삭가공공정에서의 작업점검 및 안전관리

가. 원목 공급 및 절단

원목 절단에서의 사용 용도에 따른 소요 수종 및 등급별 분류, 절단 길이 및 각도를 확인한다.

나. 절삭공정

원목 결점 제거상태를 확인, 단판면의 평활성 및 칼날 자국의 발생을 점검, 칼날의 교환 시기를 확인하고 연마한다.

다. 로타리 레이서(rotary lather)의 운전

- 로타리레이서 칼의 능선은 긴 것이 좋으며, 칼날 각이 예리할수록 평활한 절삭면이 얻어진다.
- 칼날은 스핀들(spindle)의 중심선과 일치하여 평행해야 한다.
- 압력바(bar)와 원목의 접촉면은 칼날과 평행을 유지해야 한다.
- 원목에 대한 절삭압력이 적어야 한다.

5. 목재 제재 작업 순서

5-1. 작업지시서, 원목 재고를 확인, 절단할 소요 원목을 파악하고 준비

생산계획서, 작업지시서, 제품사양서에 따라 기계가공제품 물량에 의거하여 소요 원목 및 수종의 재고량을 파악하도록 한다. 재고량이 부족할 경우에는 적기에 공급받을 수 있는지 구매부서와 협의, 또는 생산일정을 조정하는 등의 조치가 필요하다.

5-2. 절단할 규격, 소요량, 품질 등을 파악.

제재용과 합판용의 원목길이는 다르기 때문에 우선은 작업 대상의 원목이 제재용인가 합판용인가를 구분하여야 한다. 작업지시서, 사내규격서, 제품 사양서에 따라 기계가공 제 품량에 의거하여 소요 원목의 수종, 경급, 품질, 길이 등을 고려하여 수종별 원목의 재고량을 파악하도록 한다.

5-3. 원목의 규격기준, 제품 사양서에 의한 소요 등급 등을 파악.

제품사양서에 의거하여 원목의 규격 및 품질, 소요등급이 충분한지 파악하고, 야적장에서 절단할 대상 원목의 규격, 품질 등을 고려하여 소요량이 적절한지 확인하도록 한다.

5-4. 원목상태 및 절단가공, 가공 공정 및 가공설비에 대하여 확인.

절단할 대상의 원목이 정상적으로 절단가능한지, 가공공정에 투입될 때 공정장애 여부, 가공설비의 정상 여부 및 문제점이 없는지에 대하여 확인한다.

가. 원구직경이 말구직경과의 차이가 너무 커서 원구 밑둥이를 잘라낼지 여부를 확인하고, 필요시 체인톱으로 잘라낸다.

나. 원목에 가지가 붙어있는지 확인하고 필요시 체인톱으로 잘라낸다.

다. 원목이 지나치게 휘어져 제품상의 길이대로 가공되는지 확인하여 분리한다.

라. 원목에 동공, 긴 수지구, 긴 갈라짐, 썩음, 해충가해 흔적 등을 확인하여 제품으로서 가능할지 여부를 판단한다.

마. 가공설비에 대하여 공회전하여 이상여부를 확인하고 원목으로 시운전하여 정상제품으로 가공되는지 확인 후에 본 작업을 실시한다.

5-5. 절단가공 및 제재방법에 따라 가공수율에 대하여 확인하여 작업량 파악.

제품 사양서에 따라 절단가공 할 규격과 절단 재공품의 수량, 제재방법에 따라 생산되는 제품량 및 가공수율을 사전에 분석 검토하여 이에 따른 소요 원목과 작업량에 대하여 사전 검토하도록 한다.

5-6. 가공 목재품의 길이를 사전 확인.

사용목적 제품 길이에 적합한 규격으로 절단될 수 있는지 등에 대하여 사전에 검토하고 준비한다.

5-7. 작업량을 파악하고 기록・보관하며 대상 원목은 별도 선별하여 관리.

절단 가공에 소요되는 원목량과 작업량을 분석하여 정리하고, 대상원목을 확인하여 선별적으로 관리하도록 한다.

5-8. 작업지시서, 제품시방서 및 표준서를 확인하고 관련 자료 정보를 습득.

원목으로부터 절삭 가공하여 제재목으로 생산하기 위해서는 생산계획서 및 작업지시서, 제품시방서를 확인하여 절삭 가공할 계획을 세운다.

생산계획에 의거 소요원목의 특성을 파악하고 이에 따라 제재 등의 절삭방법과 절삭기계에 대한 사전 지식을 습득하고 절삭가공공정을 이해하도록 한다.

작업지시서의 가공 수종, 가공 규격 및 품질을 확인하여 소요 원목을 파악하고 준비한다. 기계 가공할 제품의 특성을 파악하며, 가공 공정과 가공기계의 특징을 숙지하도록 한다

5-9 가공제품의 특성, 가공공정 및 기계가공설비를 확인.

생산계획서, 작업지시서 및 제품시방서에 의거 가공제품의 특성(규격, 품질 등)을 파악하여 기계가공준비를 하도록 한다.

목재가공공정을 이해하고 가공공정에서의 부산물 처리 등에 대한 계획을 세운다.

피죽, 사이드치수 절삭재에 대한 별도관리 이송공정을 확인하고, 활용방안을 검토한다. 가공기계설비에 대한 제원 및 특성을 알고 가공에 필요한 기계절삭 가공할 준비를 하도록 한다.

5-10. 자재, 부대설비를 확인하고 생산 공정에 제반 준비를 수행.

절삭가공에 있어서 원목 이외에 가공공정에서 소요되는 부자재나 부대설비 여부를 확인하고 생산공정에 문제점이 없는지 등의 제반 준비를 하도록 한다.

5-11. 가공설비에 적합하고 검척된 원목을 투입할 준비.

제재 가공할 대상 원목에 대하여 검척사항을 확인하고, 소요량에 대하여 투입되는 원목의 외관적 특성이 공정에서 가공 상 문제가 없는지 여부 등에 대하여 확인하고 원목을 절삭 가공할 준비를 하도록 한다

5-12. 작업지시서와 제품의 사양서에 관한 자료 정보를 이해하고 습득.

원목으로부터 제재목으로 가공하기 위하여 생산계획서, 작업지시서, 제품사양서에 적합하게 절삭가공이 효율적으로 이루어질 수 있는지 작업지시서와 가공공정에서의 가공설비의 사양 등을 비교 검토하여 적합한 제품이 정상적으로 생산될 수 있는지 확인한다.

가공할 때 규격이나 품질에서 작업지시서와 차이점이나 문제점이 발생될 것이라 확인되는 경우 관계부서와 협의하도록 한다.

5-13. 기계설비의 사양 및 운전상 안전관리규칙 등에 대한 사항을 확인.

작업지시서에 의거 작업하기 위해서 원부재료나 부자재, 설비의 사양과 운전상 안전 상태를 사전에 확인하여 정상적으로 안전하게 작업을 수행할 수 있는지 여부를 확인하도록 한다.

아울러, 기계설비 매뉴얼, 목재의 기계 가공할 때 안전작업에 관한 기술 지침 등을 비취하고, 숙지하여 산업안전작업의 가능성에 대하여 사전에 충분히 확인하도록 한다

5-14. 기계설비의 시험 가동으로 무부하 상태로 운전하여 이상 우뮤를 점검하고 확인하여 이상이 없다고 판단된 후 본 생산 작업을 시작.

각 가공기계 설비에 있어서 항상 고정된 운전자가 운전을 할 경우라도 작업 전후에 항상 기계설비 점검을 하여야 하며, 다시 작업을 시작할 경우에는 무부하 상태로 운전하여 이상 유무를 확인하여 이상이 없을 경우에 작업을 수행하도록 하여야 한다.

5-15. 작업지시서에 의한 제품의 사양에 적합하게 기계 가공.

목재의 기계가공에 의해 생성된 제재목 등은 원목의 상태나 대기환경 조건에 의해 치수 등이 변화되어 최종제품의 규격에 미치지 못하는 경우가 발생 될 수 있다. 따라서 원목의 특성, 작업지시서에 의한 제품의 사양에 적합하게 가공하기 위해서는 다년간 가공 실적에 의한 자료에 의거 자료화하고 매뉴얼 화하여 사내규격으로 작성하고 자료를 공유화하여 일정한 제품이 생산되도록 한다.

5-16. 작업지시서에 의한 규격에 맞추어 수율이 낮아지지 않고 품질관리를 고려하면서 절삭가공을 실시.

절삭가공에 있어서 원목의 수율과 생산성은 원목의 상태와 가공제품의 규격과 밀접한 관계가 있다. 원목의 수율을 향상시키기 위해서는 제품규격에 적합한 원목 경급과 제재방법이 정립되어야 한다. 또한, 품질이 낮은 원목에서는 수율과 제품의 품질이 낮아진다. 따라서 원목의 경급 기준별로 제재방법 및 제품의 규격을 생산하는 방안에 대하여 사내규격화하고 자체적으로 정보를 공유하도록 한다.

5-17. 기계가동중 이상이 발생할 때는 기계를 완전히 멈추고 확인 및 조치를 취함.

목재의 절삭가공과정에서 원목으로부터의 이물질에 의한 톱날과의 마찰음, 설비기계류에서 보트, 너트, 베어링 등에 이상에 의해서 발생되는 소음이나, 기타 ,이상의 징후가 발견될 경우에는 그 즉시 가동기계를 완전히 정지시킨다. 기계설비 윤활상태 등에 대한 이상 유무를 확인하고 조치하며, 이상이 없는 것을 확

인한 후에 재가동하도록 한다.

5-18. 작업을 수행 후 생산량을 작업일지에 기록.

기계 운전자는 단위시간, 또는, 일과 중에 기계 가동하여 작업된 재공품, 또는 제품의 수량에 대하여 정확하게 작업일지에 기록하고, 또한 품질의 이상 유무를 기록한다.

5-19. 재 기계 가공에 사용할 기계 설비에 대한 특징 및 사양서, 사용설명서, 유지관리 등에 대한 자료와 정보를 확보.

목재가공기계를 신규로 도입할 경우에 지정된 운전자에게 시운전을 통하여 정상운전을 할 수 있도록 교육이 되어야 한다. 또한, 첨부된 기계설비에 대한 특징, 사양서, 사용설명서, 유지관리 안내 등에 대한 카달로그나 책자를 보관하도록 한다.

아울러 운전자가 교체될 경우에도 시운전 교육을 통하여 정상운전이 되도록 기계가공 기계류의 특징에 대한 지식을 습득하도록 하고 기계설비에 대한 제반 사항을 습득하도록 한다.

5-20. 설비의 기계가공 중에 이상 징후에 따라 확인할 경우에는 가동을 완전히 멈추고, 설비 기술자와 동행하여 설비 이상 유무를 점검하도록 한다.

목재 가공과정에서 기계 및 설비류에서의 소음이나 이상 징후가 발생될 경우에 가동을 완전히 멈추고 공무관련 설비기술자 또는 설비 공급자에게 연락을 취하여 기계설비의 이상 유무를 확인받아야 하며, 이에 따라 정상적인 조치를 확인한 후 다시 가동하도록 한다.

5-21. 작업지시서에 의한 원목의 절삭기계 가공함에 있어 규격에 적합하고, 수율이 낮아지지 않게 품질관리를 고려.

원목으로부터 최종제품의 규격 및 수율을 고려하여 사이드치수를 설정하며, 또한, 사이드 치수로 절삭된 것을 활용하는 방안을 모색한다.

목재가공에서 작업지시서에 의한 규격에 적합하게 작업되어야 하며, 수율이 낮아지지 않도록 유의하여 작업하도록 한다. 아울러 제품 사양서에 의거한 품질을 유지하거나 고품질의 제품이 생산되도록 작업하며, 균일한 제품이 생성되도록 매뉴얼 화된 작업을 수행할 수 있도록 한다.

5-22. 불량제재 현상에 대해서는 그 원인을 파악하고 가공기계 설비를 조정하여 조치하고, 품질관리와 작업능률이 저하되지 않도록 함.

절삭가공에서는 원목의 상태 또는 제재설비 및 띠톱의 정상상태 유무, 또는 운전자의 부주의에 의거하여 불량 제재품이 발생될 수 있다. 불량제품의 발생될 경우에는 투입원목, 띠톱, 가공 설비의 이상 유무, 정상가동여부 등을 확인하고 조정할 수 있어야 한다. 자체적으로 조치가 취해지지 않을 경우 관련 전문가와 협의 하여 정상제품으로 작업능률이 저하되지 않고 품질관리가 이루어지도록 한다.

5-23. 목재기계가공 설비의 가동 전후, 가동 중 이상에 대한 상황을 기록하도록 함.

목재의 기계가공과정이나 작업 전후에 이상이 발생되는 그 상황을 작업일지 또는 기계설비 관리일지에 기록하고 공무담당자 등에게 협의토록 하여야 한다

5-24. 수시로 작업안전관리와 작업종료 후 작업장 주변 환경관리를 할 수 있도록 한다.

목재가공과정에서는 톱밥을 비롯하여 수피 등의 다량 발생하게 되며, 이로 인하여 작업장의 안전관리에 소홀할 수가 있다. 따라서 작업 전후는 물론 필요시 작업장 주변에 정리정돈 및 환경관리를 하도록 한다.

6. 제재목 품질

6-1. 제재목의 구분

6-1-1. 수장용재

내장재나 가구재 등 외관이 중요한 용도에 사용되는 제재목을 말한다.

6-1-2. 구조용재

건축물과 공작물의 구조내력상 주요한 부분에 사용되어 설계값이 필요한 제재목으로, 다음과 같이 세분한다.

가. 규격구조재

두께는 38mm 이상, 114mm 미만이며, 너비는 38mm 이상인 구조용재로서, 주로 경골목구조에 사용되는 것을 말한다.

나. 보구조재

두께는 114mm 이상이며, 너비가 두께보다 52mm 이상 큰 구조용재로서, 주로 높은 휨성능을 요구하는 부위에 사용되는 것을 말한다.

다, 기둥구조재

두께와 너비가 모두 114mm 이상이며, 너비가 두께보다 52mm 이상 크지 않은 구조용재로서, 주로 축하중이 작용하는 부위에 사용되는 것을 말한다.

6-1-3. 일반용재

설계값이 필요하지 않은 일반적인 용도에 사용되는 제재목과 설계값이 필요한 포장용 목재 및 데크용 목재 판재를 말한다.

제재목의 품질기준

<수장용 판재의 등급별 품질기준>

결점사항 \ 등급		1 등급	2 등급	3 등급
수심*		없는 것	없는 것	제한 없음
수지구*		폭 3mm이하, 길이 100mm이하로 3개 이하인 것	폭 6mm이하, 길이 200mm이하로 6개 이하인 것	제한 없음
무결점재면**	넓은재면 면적 0.7㎡ 미만	개수가 1개이고, 넓은재면 면적의 9/10 이상인 것	개수가 1개이고, 넓은재면 면적의 2/3 이상인 것	개수가 3개이하이고, 넓은재면 면적의 1/2 이상인 것
	넓은재면 면적 0.7㎡ 이상, 1.0㎡ 미만		개수가 2개이고, 넓은재면 면적의 2/3 이상인 것	개수가 4개이하이고, 넓은재면 면적의 1/2 이상인 것
	넓은재면 면적 1.0㎡ 이상, 1.5㎡ 미만		개수가 3개이고, 넓은재면 면적의 2/3 이상인 것	개수가 5개이하이고, 넓은재면 면적의 1/2 이상인 것
	넓은재면 면적 1.5㎡ 이상		개수가 4개이고, 넓은재면 면적의 2/3 이상인 것	개수가 6개이하이고, 넓은재면 면적의 1/2 이상인 것
옹이	넓은재면 면적 0.5㎡ 미만	없는 것	긴지름이 30mm 이하로 1개 이하인 것	긴지름이 100mm 이하인 것
	넓은재면 면적 0.5㎡ 이상, 0.7㎡ 미만	긴지름이 30mm 이하로 1개 이하인 것	긴지름이 60mm 이하로 1개 이하인 것	
	넓은재면 면적 0.7㎡ 이상, 1.5㎡ 미만	긴지름이 30mm 이하로 2개 이하인 것	긴지름이 80mm 이하인 것	
	넓은재면 면적 1.5㎡ 이상	긴지름이 30mm 이하로 3개 이하인 것		
둥근모	두께	20% 이하인 것	50% 이하인 것	50% 이하인 것
	너비	5% 이하인 것	10% 이하인 것	20% 이하인 것
	길이	10% 이하인 것	10% 이하인 것	20% 이하인 것
할렬		5% 이하인 것	10% 이하인 것	20% 이하인 것
윤할		5% 이하인 것	10% 이하인 것	20% 이하인 것
굽음	길이 1.8m 미만	10mm 이하인 것	15mm 이하인 것	20mm 이하인 것
	길이 1.8m 이상, 2.4m 미만	15mm 이하인 것	20mm 이하인 것	25mm 이하인 것
	길이 2.4m 이상, 3.0m 미만	20mm 이하인 것	25mm 이하인 것	30mm 이하인 것
	길이 3.0m 이상	25mm 이하인 것	30mm 이하인 것	35mm 이하인 것
기타결점		경미한 것	경미한 것	현저하지 않은 것

* 침엽수에 한하여 적용.

** 활엽수에 한하여 적용.

***목재의 지속가능한 이용에 의한 법률 시행령 제19조 (목재제품의 규격·품질 기준의 고시 및 검사대상 등)에 의거 “국외 목재제품 규격·품질 검사기관“으로 지정된 기관에 의해 등급 구분된 수장용 판재는 부록 D와 같이 동등한 등급으로 인정할 수 있다.

<수장용 각재와 원주재의 등급별 품질기준>

결점사항 \ 등급			1 등급	2 등급	3 등급
무결점부분 및 옹이	두께 51mm 미만		옹이가 없는 것	긴지름이 30mm 이하로 1개 이하인 것	1. 4재면 무결점 부분이 길이의 2/3 이상이고, 긴지름 60mm 이하인 것 2. 길이 600mm마다 3재면 무결점이고, 긴지름 30mm 이하의 옹이가 1개 이하인 것.
	두께 51mm 이상, 길이 2.4m 미만				
	길이 2.4m 이상	두께 51mm 이상, 75mm 미만	긴지름이 30mm 이하로 1개 이하인 것	긴지름이 30mm 이하로 2개 이하인 것	
		두께 75mm 이상, 120mm 미만	긴지름이 30mm 이하로 2개 이하인 것	긴지름이 30mm 이하로 4개 이하인 것	
		두께 120mm 이상	긴지름이 30mm 이하로 3개 이하인 것	긴지름이 30mm 이하로 6개 이하인 것	
둥근모			5% 이하인 것	10% 이하인 것	20% 이하인 것
할렬			5% 이하인 것	10% 이하인 것	20% 이하인 것
윤할			5% 이하인 것	10% 이하인 것	20% 이하인 것
굽음	길이 1.8m 미만		10mm 이하인 것	15mm 이하인 것	20mm 이하인 것
	길이 1.8m 이상, 2.4m 미만		15mm 이하인 것	20mm 이하인 것	25mm 이하인 것
	길이 2.4m 이상, 3.0m 미만		20mm 이하인 것	25mm 이하인 것	30mm 이하인 것
	길이 3.0m 이상		25mm 이하인 것	30mm 이하인 것	35mm 이하인 것
기타결점			경미한 것	경미한 것	현저하지 않은 것

<규격구조재의 육안등급별 품질기준>

결점사항 \ 등급			1등급	2등급	3등급
옹이지름비	좁은재면		25% 이하인 것	35% 이하인 것	45% 이하인 것
	넓은재면	가장자리	25% 이하인 것	35% 이하인 것	45% 이하인 것
		중앙부	30% 이하인 것	45% 이하인 것	60% 이하인 것
모인옹이 지름비			위 기준의 2배 이하인 것		
둥근모(길이 제외)			25% 이하인 것	33% 이하인 것	50% 이하인 것
할렬			너비 이하인 것	너비의 1.5배 이하인 것	너비의 2배 이하인 것
윤할			두께의 1/2 이하인 것	두께의 1/2 이하인 것	현저하지 않을 것
굽음			0.3% 이하인 것	0.4% 이하인 것	0.5% 이하인 것
평균연륜폭			6mm 이하인 것	8mm 이하인 것	제한 없음
섬유주행경사			1:10 이하인 것	1:8 이하인 것	1:4 이하인 것
기타결점			경미한 것	경미한 것	현저하지 않은 것

<보구조재의 육안등급별 품질기준>

결점사항 \ 등급			1등급	2등급	3등급
옹이 지름비	좁은재면		20% 이하인 것	30% 이하인 것	40% 이하인 것
	넓은 재면	가장자리	20% 이하인 것	30% 이하인 것	40% 이하인 것
		중앙부	25% 이하인 것	35% 이하인 것	45% 이하인 것
모인옹이 지름비			위 기준의 2배 이하인 것		
둥근모(길이 제외)			10% 이하인 것	20% 이하인 것	30% 이하인 것
할렬			너비의 1/2 이하인 것	너비 이하인 것	너비의 2배 이하인 것
윤할			두께의 1/6 이하인 것	두께의 1/6 이하인 것	두께의 1/2 이하인 것
굽음			0.3% 이하인 것	0.4% 이하인 것	0.5% 이하인 것
평균연륜폭			6mm 이하인 것	8mm 이하인 것	제한 없음
섬유주행경사			1:12 이하인 것	1:8 이하인 것	1:6 이하인 것
기타결점			경미한 것	경미한 것	현저하지 않은 것

<기둥구조재의 육안등급별 품질기준>

결점사항 \ 등급	1등급	2등급	3등급
옹이 지름비	25% 이하인 것	35% 이하인 것	45% 이하인 것
모인옹이 지름비	위 기준의 2배 이하인 것		
둥근모(길이 제외)	10% 이하인 것	20% 이하인 것	30% 이하인 것
할렬	너비 이하인 것	너비의 1.5배 이하인 것	너비의 2배 이하인 것
윤할	두께의 1/6 이하인 것	두께의 1/6 이하인 것	두께의 1/2 이하인 것
굽음	0.3% 이하인 것	0.4% 이하인 것	0.5% 이하인 것
평균연륜폭	6mm 이하인 것	8mm 이하인 것	제한 없음
섬유주행경사	1:12 이하인 것	1:8 이하인 것	1:6 이하인 것
기타결점	경미한 것	경미한 것	현저하지 않은 것

<육안등급구조재의 수종군 구분>

수종군	수 종*
낙엽송류	낙엽송, 북미 낙엽송, 북양 낙엽송
소나무류	소나무, 편백나무, 리기다소나무, 북미 전나무
잣나무류	잣나무, 가문비나무, 북미 가문비나무, 북양 가문비나무, 북양 적송, 라디에타소나무
삼나무류	삼나무, 전나무, 북미 삼나무

<일반용재의 품질기준>

결점사항	품질기준
옹이	긴지름이 150mm 이하인 것
둥근모(길이 제외)	50% 이하인 것
할렬	50% 이하인 것
윤할	50% 이하인 것
굽음	1% 이하인 것
기타결점	현저하지 않은 것

7. 제재목의 치수, 함수율 측정

7-1. 제매목의 치수 측정

제재목의 두께와 너비는 실제치수를 기준으로 1mm 단위로 측정한다. 제재목의 길이는 0.1m 단위로 측정하고, 0.1m 미만의 끝수는 버린다. 치수의 허용차는 <표. 제재목 치수의 허용차>과 같다.

<제재목 치수의 허용차>

구분	두께와 너비		길이 허용차
	목표 치수	허용차	
건조재	30mm 미만	± 0.5mm	+제한 없음, - 0
	30mm 이상, 90mm 미만	± 1.0mm	
	90mm 이상	± 1.5mm	
생재	90mm 미만	+ 2.0mm, - 0mm	
	90mm 이상	+ 3.0mm, - 0mm	

제재목 치수 검사결과는 다음과 같이 판정한다.
채취한 시료 중 기준에 적합한 것이 90% 이상일 때는 합격한 것으로 하고, 70% 미만일 때는 불합격한 것으로 한다. 채취한 시료 중 기준에 적합한 것이 70% 이상에서 90% 미만일 때는 재시험을 한다. 이때 재시험에 필요한 시료는 1차 검사의 2배로 다시 채취하며, 90% 이상일 때는 합격으로 하고, 90% 미만일 때는 불합격으로 한다.

7-2. 제재목의 함수율 측정

제재목의 함수율 검사는 검사를 위한 시료는 1로트당 5본의 시료를 무작위로 추출한다. 1로트 당 부재의 수가 5,000본를 넘는 경우에는 로트를 분할한다. 각 시료로부터 양 끝면에서 300mm 이상 떨어진 부위에서 해당 부분의 단면 크기를 그대로 사용하여 25±5mm 길이의 함수율 측정용 시험편을 2개씩 채취한다. 함수율은 전건중량법으로 측정한다. 전건중량은 시험편을 100~105℃의 건조기에서 건조시켜 항량에 도달하였을 때의 중량으로 하여 아래 식에 의하여 함수율을 계산한다. 다만, 전건중량법 이외의 방법으로 측정할 때는 해당 방법의 적합성이 사전에 검증되어야 한다.

$$\text{함수율}(\%) = \frac{W - W_o}{W_o} \times 100$$

여기서, W = 건조 전 중량(g)
W_o = 전건중량(g)

채취한 시험편 중 기준에 적합한 것이 90% 이상일 때는 합격한 것으로 하고, 70% 미만을 때는 불합격한 것으로 한다. 채취한 시험편 중 기준에 적합한 것이 70% 이상에서 90% 미만일 때는 재시험을 한다. 이때 재시험에 필요한 시료는 1차 검사의 2배로 다시 채취하며, 90% 이상일 때는 합격으로 하고, 90% 미만일 때는 불합격으로 한다.

8. 제재목 품질 확인 순서

8-1. 작업지시서와 절단 공정을 이해하고 관련 자료, 정보를 확인.

작업지시서와 제품사양서에 따라 원목의 절단 및 후속공정에 대한 가공공정에 대한 관련 자료를 확보하고, 가공공정을 확인하도록 하여 원목의 절단 작업의 중요성과 주의할 점을 숙지하도록 한다.

8-2. 원목으로부터 제재한 제재목의 특성을 확인.

원목 제재가 사내규정, 또는, 작업 매뉴얼대로 적절하게 이루어져 있는지 확인하도록 하며, 제재목의 상태나 제재목가공 날물류의 마모도 등을 점검한 자료 등을 확인하고 작업조건을 수정하도록 한다.

8-3. 제재목을 생산할 원목의 소요량, 규격 및 길이 등을 확인.

작업지시서를 기준으로 제재 할 원목의 개수, 대상원목의 경급이나 길이 등을 확인, 작업량을 고려하여 사전에 작업시간에 대한 계획을 세우도록 하고 작업지시서에 의한 규격대로 생산되었는지 확인한다. 또한 제재목의 수량을 기록하고 작업지시서에 의한 소요량에 적합한지 확인한다.

8-4. 생산된 제재목의 재적이 확인되면, 다음 가공공정에 이송을 준비.

제조된 제재목의 수량을 확인하여 재적을 측정 및 기록하고 정리하여 야장이나 전표를 작성하고 다음 공정에서 작업할 수 있도록 이송하도록 한다.

Ⅲ. 목재의 절삭·성형가공

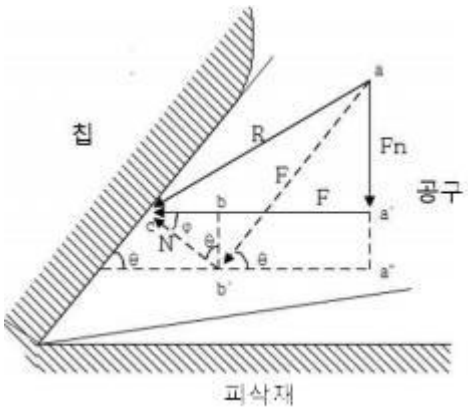
1. 공급관련 요소

1-1. 2차원절삭

1-1-1. 절삭력의 분석

절삭과정에서 요구되는 절삭력(tool force)이란 피삭재로부터 칩을 분리하기 위하여 극복해야만 하는 힘을 의미한다. 절삭력은 발생되는 방향에 따라 수평절삭력(parallel tool force)과 수직절삭력(normal tool force)으로 나뉜다.

수평절삭력이란 피삭재에 대한 공구의 상대적 운동방향에 평행하는 절삭분력을 의미하며, 수직절삭력이란 수평절삭력 및 절삭에 의해 발생되는 절삭면에 직각으로 작용하는 절삭분력을 의미한다. [그림 <절삭력의 해석>]에서 수평절삭력과 수직절삭력은 다음과 같이 표현되며, 수평절삭력은 항상 양의 값을 갖는다.



<절삭력의 해석>

그러나 수직절삭력은 절삭각 θ에 따라 그 크기가 달라지게 된다. θ가 작아져 Ncosθ가 Fsinθ보다 커지면 수직절삭력은 음의 부호를 갖게 되어 공구가 상향하면서 인장변형을 유도하여 선할이 발생하면서 제 1형 칩의 발생 가능성이 커진다. 반대로 θ가 커져 Ncosθ가 Fsinθ보다 작아지면 수직절삭력은 0보다 큰 값을 갖게 되어 공구가 하향하면서 압축변형을 유도하여 제 3형 칩의 발생이 예상된다. 따라서 최상의 절삭각 θ는 Ncosθ와 Fsinθ의 값이 같아져 수직절삭력을 0으로 만들어야 하며, 이때의 절삭각을 임계절삭각(critical cutting angle)이라 한다.

1-1-2. 절삭력 관련 요소

2차원절삭에서 공구에 가해지는 힘은 수많은 요소들로부터 복합적인 영향을 받는다.
그 요소들은 다음과 같다.

가. 공구 관련 요소

치후각(rake angle), 치단각(sharpness angle), 치배각(clearance angle), 칩과 공구면간 마찰, 공구폭방향과 절삭방향 사이의 경사각(deviation angle), 측면진동(lateralvibration)

나. 송재 관련 요소

절삭폭, 절삭깊이, 송재속도(feed speed; 2차원절삭에서는 절삭속도와 동일함), 목리에 대한 상대적 절삭방향

다. 피삭재 관련 요소('1-1. 목재절삭특성 파악하기' 참조)

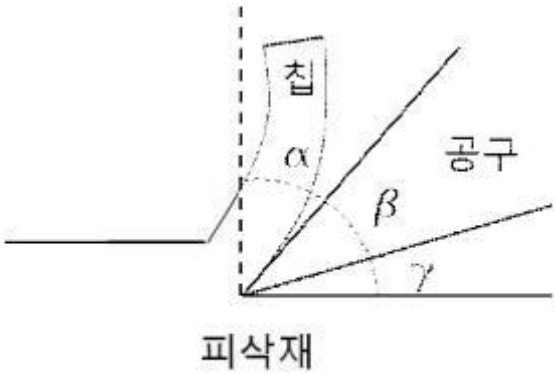
수종, 비중, 함수율, 피삭재온도, 피삭재의 기계적 성질

○ 절삭각

치후각이 매우 작거나 0 이하일 경우에는 수평절삭력이 커지고, 치후각이 커지면 수평절삭력은 작아진다. 한편, 치후각이 수직절삭력에 미치는 영향을 살펴보면 치후각이 커질수록 수직절삭력은 감소한다. 즉, 치후각이 커지면 수직절삭력은 0 이하가 될 수 있고, 따라서 공구는 마치 삽으로 땅을 파 올리듯 칩을 들어올리게 된다. 일반적인 목재절삭의 경우 약 25도(모든 요소들을 고려할 때17~30도의 범위)의 치후각에서 수직절삭력은 0에 접근한다.

치배각이 0도에서 15도까지 증가함에 따라 수평절삭력은 감소한다. 그 원인은 치배각이 커지면 공구 밑면과 피삭재와의 접촉이 줄어들기 때문이다. 목재는 목리에 직각방향으로의 탄성계수가 낮고, 절삭 중 피삭재에서 부분적 탄성과 비탄성 변형이 혼합되어 발생하므로 치배각이 작은 경우에는 공구 밑면과 피삭재 사이에 상당한 마찰이 있게 된다. 이러한 현상은 순수한 2차원절삭에서 뿐만 아니라 이후에 논하게 될 회전삭에서도 그 효과가 강조되고 있다. 그러나 치배각이 15도 이상이 되면 수평절삭력은 오히려 천천히 증가하기 시작할 수 있으며, 그 이유는 공구의 각도란 치배각뿐만 아니라 치단각이나 치후각과의 조합으로 이루어지기 때문이다.

절삭각을 정의하기 위해서는 공구 끝이 완벽하게 날카로운 것으로 가정해야한다. 치단각(sharpness angle)이란 공구면과 공구의 밑면이 이루는 각으로 치단각과 치배각 및 치후각을 합하여 90도를 이루어야 하므로 치후각과 치배각은 모두 치단각에 대한 제한요소가 된다. 만약 치단각이 어느 수준을 넘지 않는다면 공구는 신속히 마모되고 요구되는 동력도 증가한다. 적정한 각도는 각 절삭조건에서 여러 가지 요인들의 종합적인 영향에 의해 달라진다. 그러나 실제 목공작업에서는 45도의 치단각이 양호한 것으로 알려져 있다.



<절삭각(α 치후각 β : 치단각, γ : 치배각)>

1-2. 3차원절삭

2차원절삭은 공구의 폭방향이 공구의 피삭재에 대한 상대적 운동방향에 직각을 이루는 동시에 절삭에 의해 발생되는 절삭면이 절삭 전 피삭재의 표면과 평행하게 생성되는 절삭기구로 정의된다. 그러나 공구를 그 운동방향과 직각이 아닌 각도로 기울게 함으로써 절삭기구를 변형할 수도 있다. 이를 3차원절삭(oblique cutting)이라 하며, 이때 그 각도를 편향각(deviation angle)이라 한다. Kivimaa(1950)는 그의 실험(핀란드산 자작나무(비중 0.64, 함수율 11%), 칩두께 0.1mm, 공구 치배각 10도)을 통하여 절삭방향이 목리에 평행할 경우 수평절삭력은 편향각에 의한 영향을 상당히 받는다는 사실을 밝혔다. 목리 접선방향으로 절삭 시에는 편향각 증가에 따른 수평절삭력의 변화가 없거나 오히려 증가하였으나 목리에 평행하게 절삭 시에는 다음 그림에서 보는 바와 같이 편향각의 증가에 따라 수평절삭력이 현저하게 줄어들고 있다.

2. 송재관련요소

2-1. 절삭폭

2차원절삭에서 공구의 폭이 피삭재의 폭보다 크다면 절삭력은 절삭폭에 직선적으로 비례한다. 다시 말하면 절삭폭이 두 배가 되면 관련되는 절삭력도 두 배가 된다.

2-2. 절삭깊이

2차원절삭에서 절삭깊이란 아직 변형되지 않은 칩의 두께와 동일하다. 주어진 동일 절삭조건에서 칩두께의 변화에 따라 두 가지 형태의 수평절삭력 곡선을 얻을 수 있다. 작은 칩두께의 영역에서는 수평절삭력은 곡선적으로 변화한다.

$$F_p = Kt^m w$$

K : 상수

m : 상수

(0보다 크고 1보다는 작은 상수로 일반적으로 0.25에서 0.67사이인 것으로 관찰되고 있다)

w : 칩의 폭(절삭폭)

그러나 얇은 칩의 영역을 벗어나게 되면 위 곡선의 상당 부분을 직선적으로 추정할 수 있다. 이 때 직선은 t(칩 두께)의 함수로 상수 A와 B를 알맞게 선택한다면 식[1.4]와 같이 표현할 수 있다. 이와 같이 간단한 식으로 매우 복잡한 현상을 표현할 수는 없지만 상수 A를 절단력(severance force)으로 볼 수도 있다.

$$F_p = (A + Bt)w$$

그러나 수평절삭력뿐만 아니라 수직절삭력도 칩두께가 아닌 다른 요소들과 상호 관련되어 있으며, 그 관계를 표현해줄 수 있는 일반적인 관계식을 수립하기는 매우 어렵다.

2-3. 절삭속도

절삭력에 영향하는 독립적인 요소로서 절삭속도의 상대적 중요성은 현재까지 확고히 정립되어 있지 못하다. 칩의 두께와 밀도가 작다면 절삭속도 150m/sec까지는 절삭속도의 증가에 따른 공구절삭력의 증가율이 최고 5%에 그친다. 만일 칩의 두께와 밀도가 크다면 이 범위에서 20%정도의 절삭력 증가가 기대된다. 이와 같이 절삭속도에 따라 절삭력이 보다 많이 소요되는 현상의 가장 큰 원인은 빠른 속도로 움직이고 있는 공구를 통하여 절삭에 의해 발생되는 칩을 가속하기 위한 힘이 절삭속도의 상승에 따라 급속히 증대되기 때문일 것이다. 만일 피삭재의 함수율이 높다면 칩의 무게도 함께 증가될 것이며, 따라서 보다 큰 칩 가속력이 요구될 것이다. 요구되는 칩가속력의 계산방법은 이후 자세히 설명될 것이다.
절삭속도 증대에 따른 피삭재의 절삭저항 변화에 영향하는 요소들은 다음과 같이 정리할수 있다.

2-3-1. 칩 가속력

2-3-2. 절삭 중 칩의 변형률 변화에 따른 목재의 강도적 성질의 변화

2-3-3. 절삭 중 마찰에 의해 발생하는 열에 의한 피삭재의 부분적 온도변화에 따른 목재의 강도적 성질의 변화

2-3-4. 변화하는 절삭속도에 따른 피삭재-공구 간 접촉면상 마찰특성의 변화

많은 실험결과에 의하면 변형률이 높아지면 목재의 강도적 성질이 약 30~40%정도, 높게는 50~70%까지도 상승하고 있다. 또한 목재를 70oC정도까지 가열하면 그 강도적 성질이 10~50%정도 낮아진다는 실험결과도 있다. 한편, 칩-공구 간 접촉면상의 마찰계수는 생성되는 칩의 형태를 결정하는데 매우 중요한 역할을 한다. 그리고 절삭속도가 높아질수록 마찰계수에 의한 영향이 커진다.

이처럼 많은 인자들이 상호 작용하고 있으므로 절삭속도 만에 의한 절삭력 변화를 파악하기는 매우 어렵다.

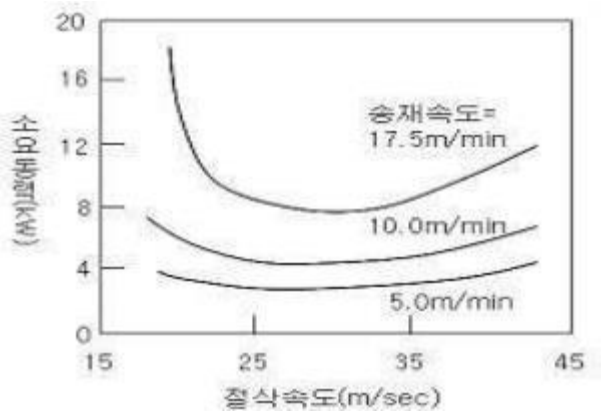
3. 성형가공

3-1. 띠톱 가공

3-1-1. 절삭속도

Pahlitzsch와 Dziobek(1959)이 띠톱 절삭 시 소요 동력에 대한 절삭속도의 영향을 연구한 결과 소요 동력을 최소화할 수 있는 절삭속도의 수준은 피삭재의 비중에 따라 달라진다는 사실을 밝혔다([그림 <띠톱의 절삭속도가 절삭력과 절삭동력에 미치는 영향> 참조).

소나무와 같은 침엽수에서는 절삭속도 50m/sec에서 가장 적은 동력이 요구되는 반면, 자작나무나 참나무와 같은 비중이 높은 수종에는 40~46m/sec의 절삭속도를, 그리고 매우 비 중이 높거나 동결목인 경우에는 30~35m/sec의 절삭속도를 적용해야만 소요 동력을 최소화 할 수 있었다.



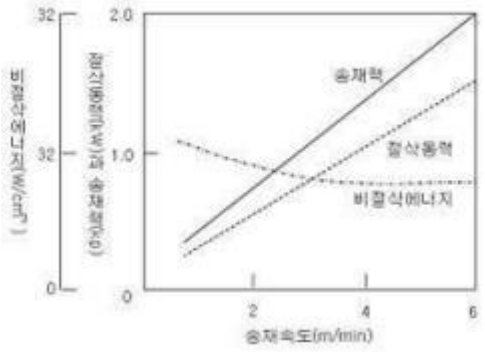
출처: Pahlitzsch와 Dziobek(1959)

<띠톱의 절삭속도가 절삭력과 절삭동력에 미치는 영향>

3-1-2. 송재속도

[그림 <띠톱의 절삭속도가 절삭력과 절삭동력에 미치는 영향>는 Sugihara(1953)의 연구결과로 송재속도가 증가할수록 절삭동력과 송재동력은 직선적으로 상승하는 반면, 비절삭에너지는 감소하고

있다. 한편, 송재속도가 지나치게 낮아 톱니당 송재량이 0.2mm 이하가 되면 마찰이 심해져 오히려 비절삭에너지가 급격히 상승하고 톱니의 마모도 심할 것으로 예상된다. 그러나 송재속도가 과도한 경우에도 톱밥의 생성량이 치실의 능력을 초과하여 비절삭에너지가 증가한다.



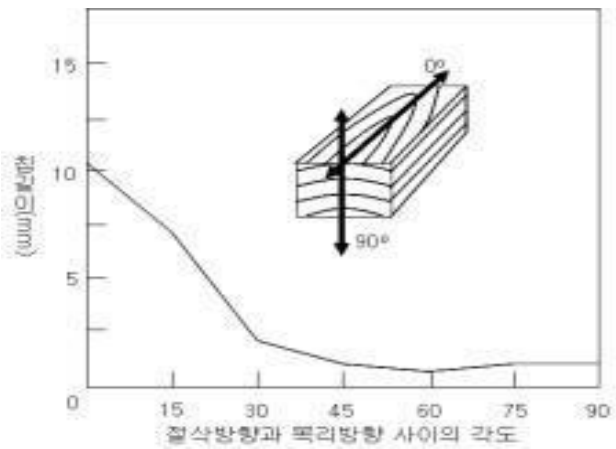
출처: Sugihara(1959)

<일본 삼나무의 띠톱절삭에서 송재속도가 절삭력, 절삭동력 및 비절삭에너지에 미치는 영향>

3-1-3. 절삭깊이와 목리방향

일반적으로 소요동력과 절삭력은 절삭깊이에 직선적으로 비례하는 것으로 여겨지고 있다. 목리와 절삭방향이 이루는 각도가 0도인 경우 즉, 두 방향이 평행할 때가 두 방향이 직각을 이루는 경우에 비하여 상대적으로 적은 동력이 소요된다. 다시 말하면 목리와 절삭방향이 이루는 각도가 증가할수록 생성되는 칩의 길이가 감소하여 동력소모가 증가된다. 이와 같은 현상의 원인은 칩의 길이가 짧아질수록 생성되는 칩의 부피가 확대되어 마찰에 의해 소모되는 동력이 증가하기 때문이다.

[그림 <목리방향과 칩길이의 관계>]을 보면 각도 45도에서 생성되는 칩의 길이는 0도인 경우에 비해 1/10정도로 급격히 감소된다. 그러나 45도 ~ 90도 범위에서는 칩의 길이변화가 거의 없어 소요동력의 감소도 기대할 수가 없게 된다.



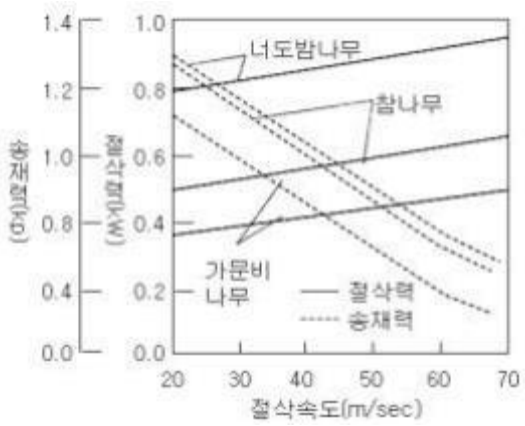
출처: Saito 등(1957)

<목리방향과 칩길이의 관계>

3-2. 둥근톱 가공

3-2-1. 절삭속도

[그림 <절삭속도와 절삭동력 및 송재력의 관계>]는 절삭속도가 절삭동력과 송재력에 미치는 영향을 보여주고 있다. 절삭속도가 증가할수록 절삭동력의 소요량은 증가하나 송재력은 오히려 감소하고 있음을 기억해둘 필요가 있다. 한편, 절삭속도가 증가할수록 공전동력도 직선적으로 증가한다.



출처: Meyer(1926)

<절삭속도와 절삭동력 및 송재력의 관계>

3-2-2. 송재속도

[그림 <송재속도와 절삭동력 및 송재력의 관계>]는 송재속도가 증가할수록 절삭동력과 송재력 모두 직선적으로 증가함을 보여 주고 있다. Bershadskill(1956)이 절삭력과 절삭동력을 송재속도의 함수로 표현한 실험식은 다음과 같다.

$$P_s = \frac{K_1 k d f^{1-m}}{(psinw_a)^m (\frac{k}{a})^m (\frac{D\pi n}{1000})^{1-m}}$$

$$N_s = \frac{K_1 k d f^{1-m}}{6120 (psinw_a)^m (\frac{k}{a})^m}$$

P_s : 절삭력 (kp)

N_s : 절삭동력 (kw)

K_1 : 단위 칩 두께(1mm)절삭시 비절삭에너지 (mkp/cm^3)

k : 거단폭 (mm)

d : 절삭깊이 (mm)

f : 송재속도 (m/min)

p : 피치 (mm)

m : 상수(약 0.36)

ω_a : 절삭속도 벡터와 송재속도 벡터 사이의 각도

b : 톱니가 피삭재 내에서 움직인 원호의 길이 (mm)

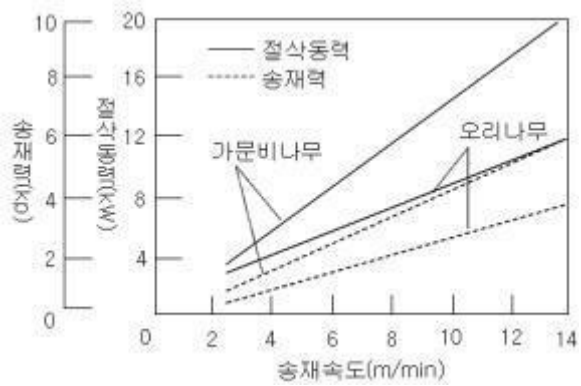
상향절삭시 $b = R(\omega_2 - \omega_1)$

하향절삭시 $b = R(\omega_1 - \omega_2)$

D : 톱의 직경 (mm)

a : 톱 두께 (mm)

n : 회전수 (rpm)



출처: Meyer(1926)

<송재속도와 절삭동력 및 송재력의 관계>

3-3. 회전삭 가공

3-3-1. 송재속도

공구당 송재량을 일정하게 유지하면서 송재속도를 증가시키는(즉, 송재속도를 2배로 하는 동시에 장착된 공구의 수도 2배로 한다) 특별한 경우를 가정해 보면 공구당 소요 동력은 송재속도 30~300m/min의 범위에서는 항상 일정하다. 송재속도가 이 범위보다 높아진다면 공구당 소요 동력은 변형 전 칩의 운동에너지 증가로 인해 약간 증가될 수 있다. 그러나 보다 일반적인 상황으로 모든 요소들을 일정히 유지하면서 송재속도만 증가시킨다면 공구 운동경로의 순간 반경, 각 공구자국의 높이(파고) 및 각 공구자국간의 거리 등을 모두 증가시킨다. 특히, 송재

속도 증가에 따른 공구자국의 파고와 공구자국간의 거리 증가로 인해 절삭면의 품질은 저하되게 된다. 또한 송재속도가 증가할수록 소요 동력도 증가 된다. 본 실험에서는 2개~12개의 공구 수와 30~180m/min의 송재속도를 Douglas-fir 건조재의 절삭에 적용하고 있다.

4.2~3.2mm의 비교적 큰 절삭깊이를 적용하면 송재속도 30~90m/min의 범위에서 소요 동력과 송재속도간에 거의 직선적 비례관계가 존재한다. 이보다 작은 절삭깊이를 적용하게 되면 직선적 비례관계가 송재속도 30~150m/min의 범위에서도 유지된다. 한편, 송재속도가 180m/min에 접근하거나 초과하게 되면 소요 동력은 급격히 증가되는 경향이 있다. 이처럼 높은 송재속도 범위에서 소요 동력의 증가율은 장착된 공구의 수가 늘어날수록 더욱 가속된다.

3.2mm수준의 큰 절삭깊이에서는 송재속도가 두 배가 되면 소요 동력도 두 배가 된다. 그러나 이때 많은 공구가 추가로 장착되면 소요 동력의 증가율은 높은 수준의 송재속도가 적용되었을 경우의 것에 접근하게 된다. 한편, 절삭깊이가 작은 경우에는 송재속도가 2배가 되었다고 해서 소요 동력도 2배가 되지는 않는다.

일반적으로 송재속도와 소요 절삭동력 사이에는 아래식과 같은 관계가 있다:

$$W_n = a + b d F^{0.5}$$

Wn: 절삭폭 2.5cm당 순수 소요 절삭동력

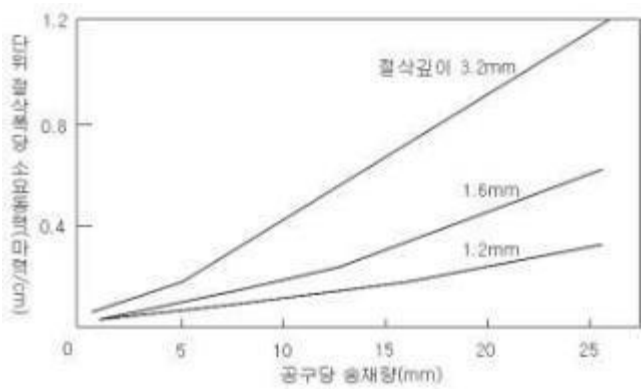
d: 절삭깊이(cm)

F: 송재 속도(m/min)

a, b : 상수

3-3-2. 절삭깊이

절삭깊이 1.6mm 이상에서는 절삭깊이와 소요 동력사이에 어느 정도 직선적 관계가 존재 한다. 일반적으로 큰 절삭깊이가 작은 절삭깊이보다 효율적이다. 주어진 송재속도 범위(30~180m/min)에서 공구 두개가 장착된 cutterhead로 절삭할 때 절삭깊이를 2배로 하면 소요 동력도 거의 2배가 된다. 그러나 12개의 공구가 장착된 경우에는 절삭깊이가 2배가 되어도 소요 동력은 2배에 훨씬 못 미치는 수준이 된다. 이 관계를 보다 정확히 확인하려 면 [그림 <공구당 송재량과 절삭깊이가 단위 절삭폭당 소요동력에 미치는 영향>]과 같이 공구당 송재량에 대한 공구당 소요동력의 변화를 도시해보면 된다.



<공구당 송재량과 절삭깊이가 단위 절삭폭당 소요동력에 미치는 영향>

이 도표를 보면 공구당 송재량이 낮은 수준에서는 절삭깊이에 공구당 소요 동력이 직선 적 비례를 하지는 않고 있다. 그러나 공구당 송재량이 12mm이상에서는 공구당 소요 동력이 절삭깊이에 거의 직선적으로 비례하고 있다. 즉, 절삭깊이 3.2mm에서 소요 동력은 1.6mm의 소요 동력의 2배이며, 0.8mm에는 4배가 된다.

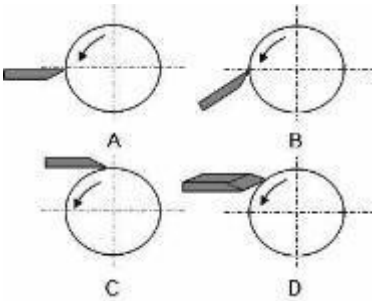
3-4. 선삭 가공

선삭(旋削, tunring)이란 피삭재를 회전하거나 공구를 회전하여 원형의 단면을 지닌 부재로 가공하는 과정을 의미하며 다음의 4가지 대표적인 방법들이 있다.

3-4-1. 일점형 선삭방법

일점형(tool-point) 선삭방법은 2000 ~ 6000rpm으로 회전하는 피삭재에 폭이 좁은 끌 형태의 공구를 적절한 각도로 접촉시켜 선삭하는 방법이다. 수동식 목공선반(hand lathe)이 그 좋은 예로서 공구를 피삭재의 섬유방향과 평행으로 움직이면 피삭재를 직경이 일정한 실린더로 가공할 수 있으며, 공구를 섬유방향과 수직으로 전진시키면 피삭재의 직경이 줄어들게 된다. [그림 <선삭방법>]은 공구를 이용하는 4가지 방법을 보여 주고 있으며, 각 방법에 따라 결과가 달라진다.

일점형 선삭방법은 2차원절삭의 일종으로 목공선반의 주축 회전수가 3600rpm이고 피삭재의 직경이 5.4cm라면 절삭속도는 약 300m/min에 달하게 된다.



<선삭방법(A: 긁음작용, B: 절단작용 (치후각 0도), C: 절단작용(치후각 80도), D: 전단작용)>

3-4-2. 성형 선삭방법

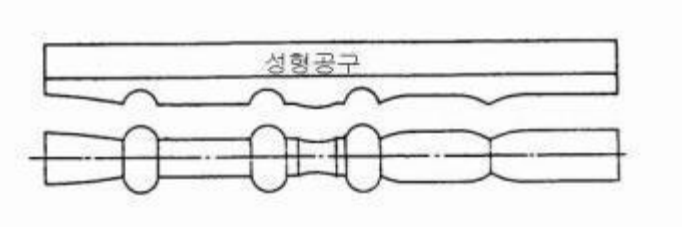
성형(long-knife) 선삭방법은 일점형과는 달리 피삭재와 같은 길이의 공구를 원하는 형태로 제작하여 마치 단판절삭에서와 같은 방법으로 회전하는 피삭재(2000 ~ 6000rpm)에 공구를 접촉, 1회의 작업으로 피삭재 전체를 원하는 형태로 선삭하는 방법이다. 그러나 만일 피삭재의 단면이 사각형이라면 우선 일점형 선삭에 의해 피삭재의 단면을 원형으로 1차 가공한 후 성형 선삭에 의해 작업을 마무리해야 한다.

3-4-3. 회전삭형 선삭방법

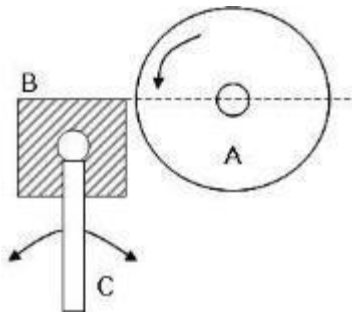
전술한 방법들에서는 1개의 공구만을 사용하고 있지만 회전삭형(peripheral milling) 선삭방 법에서는 여러 개의 공구가 장착된 cutterhead를 이용한다. 빠르게 회전하는 cutterhead (2700 ~ 3600rpm)를 비교적 천천히 회전하고 있는 피삭재(2 ~ 30rpm)에 접근시켜 절삭이 이루어지며, 이때 cutterhead의 회전축은 항상 피삭재의 회전축과 평행하여야 한다. 만일 10rpm의 속도로 회전하고 있는 직경 7.5cm 피삭재를 2700rpm으로 회전하고 있는 cutterhead에 의해 선삭 한다면 피삭재 표면에는 원주 2.5cm당 28개의 공구자국이 발생하게 된다.

3-4-4. 피삭재 회전형 선삭방법

척(chuck)에 물려 저속으로 회전하고 있는 피삭재 주위를 cutterhead가 돌면서 선삭하는 방법으로 dowel과 같은 길이가 긴 환봉 등의 제작에 응용되고 있다. cutterhead의 회전속 도는 대개 3600 ~ 4200rpm정도이며, 피삭재의 송재속도는 약 45m/min가 적용된다.



<성형공구의 형태(치배각은 약 1도정도)>

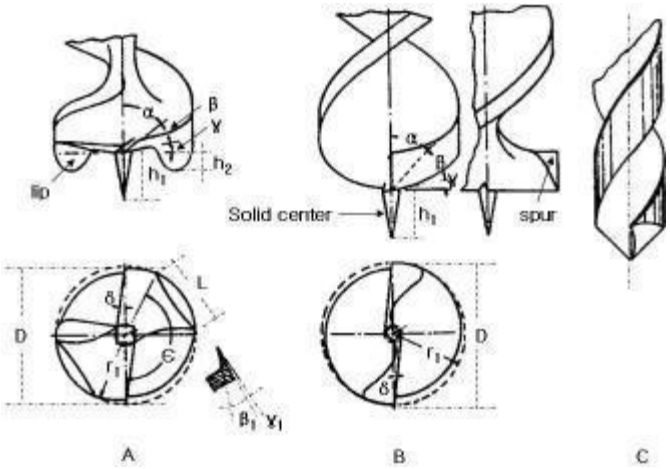


회전삭형 자동 형삭선반(shaping lathe)

(A: 회전 cutterhead(2700~3600rpm), B: 저속 회전 피삭재(2~30rpm), C: 피삭재 이송장치의 운동(완성품의 직경을 결정))

3-5. 천공 가공

가장 많이 쓰이고 있는 천공(穿孔, boring)용 비트(bit)의 종류는 3가지이다. 물론 이외에도 특수한 형태의 비트가 다양하게 개발되어 있다.



<천공용 비트의 형태>

(A; Double-spur, double-lip, solid-center bit

B: Double-spur, double-twist bit(Scotch-nose bit)

C: Twist drill(double-twist) with no spurs))

α: 치후각(도) β: lip의 치단각(도) β1 : spur의 치단각(도)

γ: lip의 치배각(도) γ1: spur의 치배각(도)

δ: lip의 경사각(skew angle)(도)

h1 : 중심(point)의 높이(lip으로부터)(cm)

h2 : spur의 높이(lip으로부터)(cm)

L : spur의 길이(뿌리부근)(cm) r1 : 비트 반경(cm)

r2 : 중심점의 유효반경(cm)

[그림 <천공용 비트의 형태>] A의 double-spur, double-lip, solid-center-bit는 spur가 lip보다 먼저 절삭과정 을 수행하게 된다. 비트 중앙에는 나선형 또는 일자형 중심점(center point)이 있다. 이러한 형태의 비트를 이용하면 신속한 천공작업이 가능하며, 거의 모든 작업에 적용할 수 있는 일반적인 비트이다. spur가 피삭재의 목리방향에 따라 긁음작용 또는 쪼개기작용에 의해 절삭하고 나면 lip은 마치 2차원절삭과 같은 형식으로 절삭하게 된다.

[그림 <천공용 비트의 형태>] B의 double-spur, double-twist bit는 lip의 절삭후 spur의 절삭이 이루어진다. 비트 중앙에는 나선형이나 일자형의 중심점이 있는 것이 보통이나 중심점이 없는 경우도 있다. 영국에서는 Scotch-nose bit라고 부르기도 하며, 미국의 ship auger는 single-twist 비 트로 하나의 lip만을 가지고 있다. 이러한 형태의 비트는 강하고 칩배출이 양호하여 깊은 천

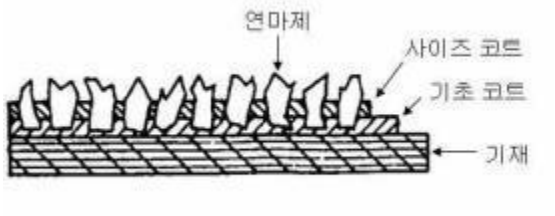
공작업에 유리하다. 그리고 [그림 <천공용 비트의 형태>] A의 double-spur, double-lip, solid-center-bit에 비해 천공이 어려운 수종에 대해서도 매우 양호한 천공면을 얻을 수 있다.
[그림 <천공용 비트의 형태>] A 와 B의 비트는 재연마시 lip의 치후면과 spur의 안쪽 면을 연마하게 되며, lip의 치후각과 치배각은 각각 40도와 15도가 적정하다.
[그림 <천공용 비트의 형태>] C의 twist drill은 중심점과 spur가 없어 재연마가 용이하다. 이러한 형태의 비트는 대개 목구면의 천공이나 dowel을 위한 천공작업에 주로 사용되며, 천공면은 전술한 spur를 지닌 두 가지 형태의 비트에 비해 불량한 편이다.

3-6. 연삭 가공

연삭(硏削, sanding)은 목적에 따라 두 가지로 구분된다. 첫 번째 목적으로는 연삭 전 단계에서 이미 이루어진 절삭공정에 의해 얻어진 비교적 거친 절삭면을 연삭을 통해 평활하게 해주는 것이다. 또 다른 목적으로는 도장을 위한 피삭면의 조정으로 가능한 연삭에 의한 자국을 최소화하는 동시에 절삭면을 전체적으로 균일하게 하여 도장재료가 고르게 침투할 수 있도록 하는 것이다.

3-6-1 연마포지의 구성

연마포지(coated abrasives)는 연마재(abrading agent), 기재(基材, backing material) 및 접착 제로 구성되어 있으며, 연마재의 분포 및 배열방향, 만곡 형태(flexure pattern) 및 제품의 형태 등에 따라서도 연마특성이 달라진다.



<연마포지의 구성>

일반적으로 가장 많이 쓰이고 있는 연마재로는 금강사(emery), 철단(鐵丹, crocus), 규석 (flint), 석류석(garnet), 산화알루미늄(aluminium oxide) 및 탄화규소(silicon carbide) 등 6가지의 광물질을 들 수 있다. 규석, 종류석 및 금강사는 천연 광물질인 반면 산화 알루미늄 과 탄화규소는 인공적으로 제조된 것이며, 철단은 천연적인 것과 인공적인 것의 두 가지 가 있다. 금강사는 강옥(corundum(Al2O3))과 자철석(magnetite(Fe3O4))으로 이루어진 천연 광물질로 금속공업에서 광택용 연마재로 주로 사용되고 있으며, 목재가공에서는 사용되지 않고 있다. 규석은 수작업용 연마포지에 가장 많이 사용되고 있는 연마재로 가격이 저렴 하지만 경도가 낮고 수명이 짧아

공업용으로는 사용되지 않고 있다.

연마제(또는 지립)의 크기 지립이 통과할 수 있는 스크린의 mesh번호로 나타낸다. 가장 고운 스크린은 실크사(絲)로 만들어지며 1㎠당 7500여개의 구멍이 있다. 이보다 더 고운 물체를 선별하려면 침전이나 공기에 의한 부양방법을 적용해야 한다. 현재 목재 연삭용 지립의 크기를 나타내는 지수는 가장 거친 12번으로부터 가장 고운 600번까지 나누어져 있다.

현재규격 (통과가능 screen mesh 기준)	구(舊) 기준	현재규격 (통과가능 screen mesh 기준)	구(舊) 기준
12	-	120	3/0
16	4	150	4/0
20	3 1/2	180	5/0
24	3	220	6/0
30	2 1/2	240	7/0
36	2	280	8/0
40	1 1/2	320	9/0
50	1	360	-
60	1/2	400	10/0
80	0	500	-
100	2/0	600	-

<목공용 연마포지의 지립 규격>

기재로는 종이, 천, 경화 섬유(vulcanized fiber) 또는 전술한 재료들을 조합하여 사용하고 있다. 종이의 경우 연(ream)(60cmx90cm 크기 480장)당 무게가 40kg 이하인 것은 수작업 연삭이나 반복 선회식 연삭기(orbital sander)에 주로 사용된다. 무게 18kg 이하의 기재를 사용하는 연마포지는 유연성이 우수하여 곡면 연삭에 효과적이며, 기재 무게 32 ~ 40kg 범위의 연마포지는 평면의 연삭에 쓰인다. 무게 50kg 종이 기재는 찢어지는 현상을 방지 하기 위해 가벼운 천과 조합하여 드럼식 연삭기에 주로 사용되며, 광폭 벨트 연삭기(wide belt sander)의 표준 연삭포지에는 무게 59kg의 종이 기재가 사용된다. 천 기재는 크게 면 포(jeans)와 무명(drills)으로 나뉜다. 무명천은 실의 가닥이 굵고 성글게 직조되어 기재에 적용하는 연마재도 비교적 거칠다. 따라서 모서리 연삭, 스트로크 연삭 또는 광폭 벨트 연 삭기 등 비교적 거친 연삭작업에 효과적이다. 반면, 면포천은 유연하므로 형삭된 피삭재의 연삭에 효과적이다. 그러나 천 기재는 늘어나기 쉬우므로 드럼식 연삭기에는 사용하지 않는 것이 보통이다.

종이와 천을 조합하여 제조된 기재는 파괴에 대한 저항성이 무게 59kg 종이 기재보다 더 우수하여 드럼식 연삭기에 주로 사용되었으나 현재는 경화 섬유에 의해 대체되고 있다. 경화 섬유 기재는 면을 덧댄 종이를 면 셀룰로오스로 젤라틴화하고 염화아연으로 처리한 것이다. 연마포지에 연마재를 접착하는 작업은 “기초 코트(make coat)“와 “사이즈 코트(sandsize coat)“의 두 단계로 나뉜다. 사용되는 접착제도 천연 접착제(glue)와 합성 접착제(resin)의 두 가지로 나뉘며 각 단계별로 각각 다른 접착제를 사용할 수도 있다. 그러나 두 단계 모두에서 천연접착제

를 사용할 경우 생산단가는 저렴하지만 연삭시 발생하는 열이나 습식 연삭시 높은 습도에 의해 지립을 유지하는 힘이 약해지는 단점이 있다. 따라서 일반적으로 열경화성으로 내수성이 양호한 합성 접착제가 주로 사용되고 있다.

3-7. 안전 유희사항

3-7-1. 중량물 취급상 안전수칙을 준수.

3-7-2. 안전장비(안전모, 안전조끼, 안전화, 안전벨트, 귀마개, 보안경 등)를 반드시 착용.

3-7-3. 작업안전관리지침과 소방안전관리 지침을 사전에 파악하여 안전사고와 화재발생을 예방

Ⅳ. 목질 삭편 제조

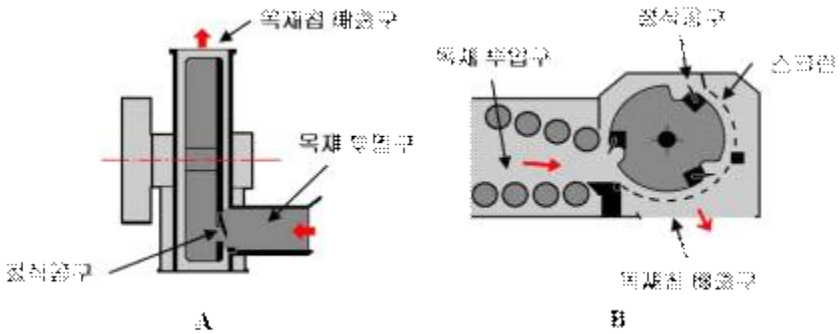
펄프나 목질판상재료 및 목질계 바이오매스 연료 제조를 위하여 적정 크기와 형상으로 규격을 감소시킬 수 있는 칩핑과 분쇄과정이 필수적이다. 분쇄방법별 특성과 목적에 따른 적정 분쇄방법과 설비 선택에 대하여 설명한다.

1. 칩핑과 분쇄

1-1. 칩핑

칩핑이란 용어는 목재를 작은 규격의 칩(또는 삭편)(chip)으로 가공한다고 하여 붙여진 것으로, 벌채된 원목 전체 또는 일부를 칩퍼(chipper)에 투입하여 가공하게 된다. 목재삭편을 생산하는 방법에는 삭편의 제조 장소에 따라 임지 내 칩핑, 집재지내 칩핑 및 소비지 칩 핑 등의 세 가지로 나눌 수 있으며, 전술한 바와 같이 운송비용 등 경제성을 고려하여 선택되어야 한다.

한편, 목재의 칩핑 시 가장 적당한 함수율 수준은 35% 이하인 것으로 알려져 있다. 이정도의 함수율 수준에서는 목재의 경도가 비교적 낮은 편이고 칩핑 시 수분이 윤활제의 역할을 해주므로 소요 동력을 줄일 수 있다.



<각종 칩퍼의 칩핑 원리 (A: 디스크칩퍼, B: 드럼칩퍼)>

1-2. 분쇄

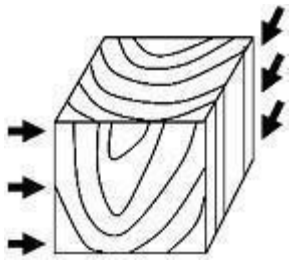
원목으로부터 생산된 목재삭편(산림 목재삭편과 산업 부산 목재삭편)의 처리에는 두 가지 방법이 있다. 삭편 자체를 건조하거나 또는 건조 전 삭편을 분쇄하는 것이다. 삭편 자체의 건조는 각 삭편의 불균일한 함수율로 인한 문제가 야기될 수 있다. 만일 건조 전 원재료가 분쇄되었다면 보다 균일하게 하는 한편 건조 중 형성될 수 있는 덩어리를 파쇄하기 위하여 건조 후 다시 분쇄해야 한다. 2차 분쇄과정은 톱밥과 대팻밥의 경우와 동일하다. 또한 목재삭편보다 더 작은 규격의 원료가 요구된다면 목재삭편을 대상으로 한 분쇄가 필요하다. 적정한 미세수준과 균질성을 위하여 해머밀이 원재료의 분쇄에 주로 사용된다.

2. 기타 분쇄방법

2-1. 플레이크 제조

입자의 형태는 삭편판의 기계적 및 물리적 성질에 커다란 영향을 미친다. 따라서 플레이크(flake)의 규격을 비교적 정확히 조절할 수 있는 기계에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔다. 대부분의 기계는 공구 폭 방향은 목리에 평행한 반면, 절삭방향은 목리에 수직인 2 차원절삭(0-90)의 형태를 취하고 있다.

플레이크의 규격은 길이 6.3~50mm, 폭 3.2~19mm, 두께 0.13~0.50mm의 범위이며, 플레이 크 제조기는 절삭형태에 따라 원판형(disc type), 회전삭형(peripheral-milling type) 및 선반 형(lathe type)으로 나뉜다. 원판형은 원판형 삭편제조기와 비슷한 구조를 지니고 있지만 공구의 폭 방향이 목리방향과 평행하며, 원판이 수평으로 설치된다는 점이 다르다. 회전삭 형에서는 회전하는 cutterhead와 피삭재가 접촉하여 일정 길이의 플레이크를 생산해내는 방식이며, 선반형은 회전식 단판절삭기를 축소한 형태이다.



<플레이크 제조시 선호하는 절삭방향>

2-2. 호깅

형태가 불규칙한 목재를 단지 작은 입자로 만드는 작업으로 삭편이나 플레이크의 제조와 는 달리 피삭재의 투입 방향에 대한 제한이 없다. 호깅(hogging)에 의해 제조된 삭편들은 대개 연료용으로 사용되는 것이 보통이다.

호깅방법으로는 공구식(knife hogs), 디스크식(disk mills), 비터식(wing beater mills), 햄머식(hammer hogs), punch-and die식 등이 있다.

2-3. 목분화

거친 목분(4~20mesh)은 일반 톱밥과 유사하며, 축사의 바닥에 덮거나 포장재로도 쓰인다. 중간 정도의 목분(20~80mesh)은 폭발물의 충진제로도 사용되며, 고운 목분(80~200mesh)은 여러 가지 플라스틱 성형제품의 충진제로도 사용되고 있다.

목분으로부터 섬유적 특성을 기대하지 않는 경우 가능한 비교적 건조한 재료(최고 함수율 15%)를 투입해야 한다. 함수율 15%의 재료를 투입할 경우 목분화(grinding)과정에서 발생 한 열에 의해 함수율이 6~8%까지 떨어진다. 또한 건조된 재료가 습윤한 재료에 비해 동력 소모가 적다.

공기와 혼합된 건조한 목분은 폭발성이 있으므로 항상 주의를 요하며, 방폭형 모터와 벨 트를

사용해야 한다. 목분의 이송시스템에서도 특수한 가스를 주입하여 폭발을 억제하기도 한다.
목분화에 가장 많이 쓰이는 수종으로는 침엽수에서 eastern white pine, ponderosa pine 및 Douglas-fir가 주를 이루며, 활엽수에서는 hard maple이 주로 사용된다. 일반적으로 섬유장이 짧은 활엽수재가 침엽수재에 비해 동력 소모가 작고 입자도 곱다.

3. 해섬

해섬(defibration)과정을 통하여 목재삭편이나 소규격의 폐목재를 목질판상재료용 원료로 변환된다. 이 과정에서 생산되는 최종산물은 펄프와 같은 단일 섬유형태가 아닌 섬유의 다발 형태를 지니게 된다. 일반적으로 펄프제지공정에서는 판상재료공정과 비교하여 매우 작은 크기의 섬유를 요구한다.
해섬과정에 가장 많이 적용되고 있는 디스크 리파이너(disk refiner)는 입자간의 마멸 (attrition)과 전단(shear) 작용을 통하여 원하는 입자를 생산하도록 설계되어있다. 설비의 중앙으로 투입된 원재료는 회전하고 있는 두 개의 판(plate) 사이에서 원심력에 의해 바깥 쪽으로 밀려가면서 해섬된다. 한편, 원재료를 미리 증기로 쪄서 고온의 조건에서 해섬하게 되면 압력이 크게 발생되어 생산되는 섬유의 길이가 증가된다.



<디스크 리파이너>

해섬과정에서 생산되는 섬유의 형태와 품질은 수종, 원재료 입자크기, 함수율 및 다음과 같은 해섬공정 조건에 따라 달라진다.
- 증기전처리 시간, 압력, 디스크 직경, 디스크 표면형태, 투입속도, 디스크간 간격

3-1. 수종

상압조건의 해섬에 가장 적합한 원재료로는 침엽수종 또는 밀도가 낮은 사시나무와 같은 활엽수종의 생재상태 목재삭편을 들 수 있다. 밀도가 높은 수종들은 그특성상 해섬이 어렵고 많은 에너지가 소요된다. 그러나 만일 건조된 폐목재나 대팻밥 등을 원재료로 사용 할 경우에는 증기전처리를 해주어야만 원하는 규격의 제품을 얻을 수 있다. 즉, 건조된 원재료에는 원활한 해섬과정을 위하여 수분의 첨가가 필요하다. 한편, 돌이나 금속 등이 섞여있으면 해섬기에 심

각한 문제를 야기할 수 있으므로 원재료 세적공정이나 이물질 선별 공정 등을 설치하는 것이 바람직하다.

3-2. 원재료 입자크기

디스크 리파이너에 투입되는 원재료의 입자크기는 25~32mm를 초과하지 않도록 하는 것이 좋다. 만일 이 수준보다 큰 입자를 사용하려면 해섬공정 전에 칩퍼(chipper) 등을 이용하여 그 크기를 감소시켜야 한다.

3-3. 원재료 함수율

원재료의 함수율 역시 해섬과정에서 생산되는 입자의 형태에 크게 영향한다. 만일 목분과 같이 매우 크기가 작은 입자를 원할 경우에는 10% 이하의 함수율이 바람직하다. 원재료의 함수율이 40~60% 수준으로 높아질수록 해섬된 입자는 보다 섬유적 성질을 갖게 된다. 따라서 건조된 원재료를 이용하여 섬유적 성질이 강한 입자들을 생산하고자 한다면 해섬 전 압력 550~830kPa 수준의 수증기를 이용하여 5~10분간 전처리(pre-steaming)해주는 것이 좋다. 만일 대팻밥과 같이 크기가 작은 원재료를 해섬할 경우에는 혼합기나 리파이너의 투입호퍼에서 물을 분사해주어도 된다. 경험에 의하면 원재료의 함수율을 50~60% 수준으로 증가시키면 좋은 결과를 얻을 수 있다고 한다.

3-4. 해섬공정조건

균질한 최종제품을 얻기 위해서는 우선적으로 원재료의 각종 입자크기들이 군일하게 혼합 되어야 하고 원재료의 리파이너 투입속도 역시 일정하게 유지하여 리파이너에 가해지는 부하(load)를 일정하게 유지하여야 한다. 디스크 직경이나 디스크 표면형태 및 디스크 간 간격은 원하는 최종제품에 적합한 상태로 조절되어야 함은 당연하다.



<리파이너 디스크>

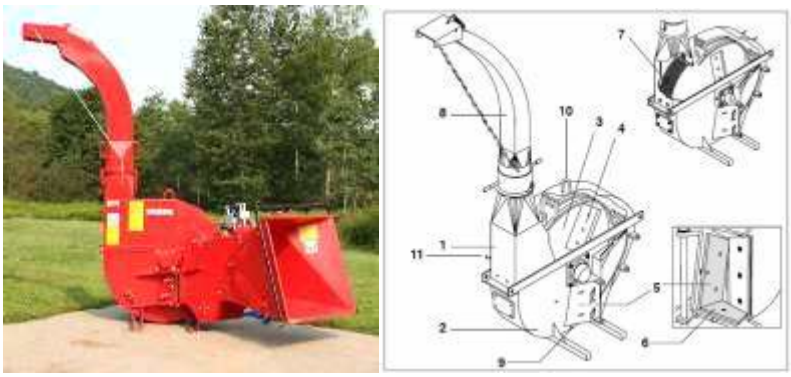
4. 칩핑과 분쇄 설비

4-1. 디스크 칩퍼

디스크 칩퍼(disk chipper)에서는 원재료가 디스크에 다양한 각도로 투입되면서 디스크에 방사

방향으로 장착된 칼날들에 의해 절단된다. 디스크 뒤편에는 제품 이송을 위한 shovel 들이 장착되어 있다. 배출구의 강철 comb은 2차 분쇄장치 역할을 한다. 일반적으로 디스크 칩퍼에는 투입되는 목재와 45도 각도로 만나게 되는 커다란 디스크가 장착되어 있다. 디스크에는 여러 개의 사각형 홈이 나 있고, 각 홈의 전방 모서리에는 칼날이 장착되어 있다. 목재가 투입되면 회전하는 디스크에 의해 목리의 직각방형으로 슬라 이싱을 하게 된다.

유압에 의해 원료가 호퍼로부터 디스크 쪽으로 투입되면 회전하고 있는 디스크 위의 칼날 들이 삭편으로 절삭해낸다. 디스크형 칩퍼는 드럼형에 비하여 에너지효율은 우수하지 못 하지만 보다 일정한 규격과 형태의 삭편을 생산할 수 있다. 현재 대개의 회사들이 이러한 형태의 칩퍼를 사용하고 있으며, 투입 가능한 원료의 규격범위는 15~60cm 수준이다. 산업용 칩퍼의 디스크 직경은 최대 4m에 이르며 소요 동력은 4,000~5,000마력에 이른다. 목재삭편의 품질은 적용된 설비의 형태와 그 관리 상태에 따라 크게 좌우되며, 칩퍼에 투입되는 원료에 따라서도 달라진다. 규격이 균질한 원목이 잘 관리된 디스크 칩퍼에 투입 된다면 당연히 일정한 품질의 목재삭편이 생산될 것이다. 반면, 직경과 형태가 일정치 않은 원료가 투입된다면 삭편의 균질성은 불량하게 될 것이다.



<디스크 칩퍼>

4-2. 드럼칩퍼

드럼칩퍼(drum chipper)는 가장 먼저 상용화된 칩퍼로, 현재도 제작 및 판매가 되고 있다. 모터와 벨트로 구동되는 커다란 강철 드럼이 주된 역할을 한다. 그러나 최근 개발된 형태 들보다 안전하지 못하다는 단점이 있다. 또한 작동 시 소음이 매우 크게 발생하고, 얇은 재료가 투입될 경우에는 원하는 형태가 아닌 길쭉한 형태의 삭편(slivers)이 제조될 가능성이 매우 높다. 한편, 드럼과 엔진의 분리가 불가능하므로 너무 크거나 긴 원료가 투입될 경우 기계가 정지하는 일이 빈번하게 발생된다.

드럼칩퍼는 칼날이 다양한 형식으로 배열되어 있는 수평회전드럼으로 구성된다. 칩핑된 제품은 송풍기나 컨베이어벨트에 의해 이송된다. 제품은 배출되기 전 교체가 가능한 표준 망을 거치게 됨으로써 일정한 제품이 보장된다.

최근 개발된 디지털 제어형 모델들은 유압장치 등을 이용하여 전술한 문제점들을 대부분 해

결하고 있다. 최신 드럼형 칩퍼에 투입 가능한 원료의 크기범위는 15~48cm 수준이다. 한편, 스크루 칩퍼는 대개 원뿔형 스크루로 구성되며, 그 위에 칼날들이 용접되어 있다. 스크루가 원목을 잡아당겨 분쇄하고 배출한다. 그러나 구조가 영구 밀폐형으로 되어 있어 칼날의 재연마가 어렵고 투입가능 규격에도 제한이 있다.

<각종 목재용 칩퍼들의 특성 비교>

칩퍼 형태	디스크 칩퍼	드럼 칩퍼	콘 칩퍼
원리	투입 롤러와 수직으로 설치된 회전 디스크 위에 칼날들을 장착. 보다 일정한 삭편 규격을 위해서 수직으로 절단.	입 롤러와 수직으로 설치된 회전드럼위에 길이방향으로 칼날들을 장착. 원목을 드럼의 상부나 하부에서 칩핑할 경우 삭편규격의 변이 발생이 가능함.	투입장치와 일직선상에 설치된 원추형 스크루의 각 모서리에 칼날들을 장착. 삭편 규격은 스크루 피치에 의해 결정되며, 매우 일정한 규격의 삭편 생산 가능.
대상 원목 규격	대경목 칩핑을 위한 대형 칩퍼도 있으나 투자 비용이 매우 높고 이동이 어려움. 투입구는 사각형이며 디스크 크기에 따라 제한됨. 일반적인 이동식 디스크 칩퍼의 투입 가능. 최대직경은 약 50cm임. 단척재인 경우 길이 가긴 slivers의 비율이 높아짐.	대형 드럼칩퍼는 대개 투입구의 폭이 높이보다 큼. 투입구 크기 80cm(높이) x 120cm(폭).칩퍼 내부에 선별망이 없을 경우 단척재를 투입하면 다량의 길이가긴 sliver 발생 가능.	직경 50cm 이상의 원목에도 적용이 가능하나 가격이 높음. 대개 2cm나 25cm 이며, 간혹 35cm도 가능함. 단척재이니 경우 길이가 긴 sliver 발생비율이 높아짐.
선별 시스템	선별시스템이 장착되어 있지 않으나 과대규격 삭편의 비율을 낮추기 위하여 sliver breaker를 장착할 수 있음.	대개의 경우 칩퍼 내부에 선별망이 장착되어있어 효과적인 과대규격 삭편 선별이 가능함. 그러나 이로 인하여 분진발생비율이 높아질수 있음.	자체 선별시스템은 없으나 과대규격 삭편의 비율을 낮추기 위하여 sliver breaker를 장착할 수 있음.
삭편 품질	칩퍼의 관리가 양호하고 장척재를 투입할 경우 삭편품질은 매우 우수함.	과대규격 삭편 비율이낮아 일정한 품질 유지가 가능하나 분진 비율은 높음.	장척재인 경우 분진비율이 매우 낮고 규격이 일정한 매우 우수한 품질의 삭편 생산 가능.
생산성	매우 생산성이 우수하며, 적절한 대상물을투입할 경우 비용도 낮은 수준임.	동일 출력의 경우 디스크 칩퍼에 비하여 생산성이 낮음.	투입원료가 적정한 경우 생산성이 매우 우수하고 다른 칩퍼들에 비하여 동력소모도 낮은 편임.

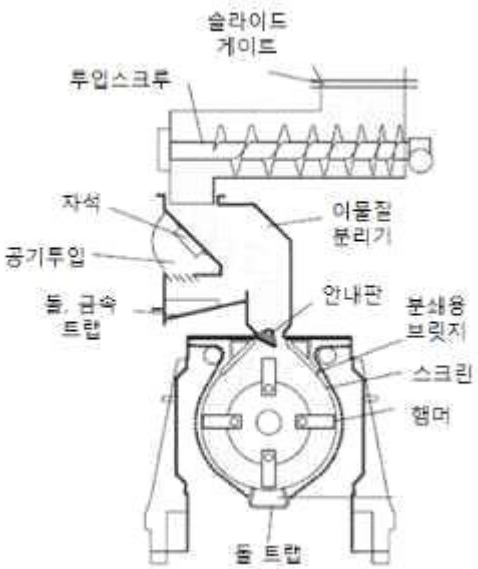
4-3. 해머밀

해머밀(hammer mill)의 모습은 [그림 3-7]의 좌측 그림과 같으며, 그 원리는 [그림 3-8]과 같다. 카바이드 코팅된 해머들이 해머밀의 회전축에 정착되어 있다. 해머들이 원재료를 해 머밀 몸체에 장착되어 있는 분쇄용 브릿지(grinding bridge)에 내침으로써 대상물이 분쇄된 다. 배출되는 입자크기는 입자가 통과해야 할 스크린에 의해 결정된다. [그림 3-7]의 우측은 톱밥 제조기(chop mill)이라 하며, 삭편으로의 1차 파쇄 없이 원목상태 그대로 투입하여 보다 작은 규격의 입자를 얻을 수 있다.

한편, 습윤한 목재삭편을 분쇄하는 것은 건조된 목재삭편의 분쇄에 비하여 더 많은 에너지를 소모한다. 이것이 목재삭편 분쇄에 몇 기의 해머밀을 연속하여 사용하거나 대형 분쇄기를 사용하는 이유이며, 이로 인해 투자비용이 증가된다. 이러한 단점에도 불구하고 건조 전 1차 분쇄하는 것이 제어가 보다 쉽기 때문에 더 선호되고 있다



<Hammer mill(좌)과 Chop mill(우)>



<해머밀의 구조>

4-4. 리파이너

목재의 기계적 해섬(mechanical defibration)을 위한 해섬과정의 최적화를 위한 해섬기 운 전 조건 탐색이 중요하다. 가장 일반적으로 사용되고 있는 해섬기의 하나인 가압리파이너(pressurized refiner)의 운전에 대하여 설명한다.

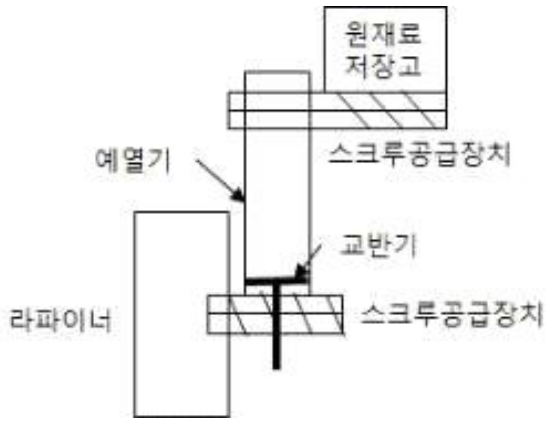
가압리파이너는 품질과 함수율 및 수종 등이 모두 혼합된 원재료들을 해섬하여 원하는 수준의 최종제품을 생산하기 위해 개발되었다. 따라서 건조된 폐목재, 대팻밥뿐만 아니라 합판공정 부산물까지도 해섬할 수 있어 목질판상재료공업에서 많이 적용되고 있다.

목재는 특히 수분이 존재하는 상황 하에서는 온도가 상승할수록 가소화 경향이 강해진다. 목재의 세포벽에서 결합제의 역할을 하고 있는 리그닌이 온도상승에 따라 연화되기 때문이다. 해섬 중 증기를 이용하여 원재료를 가열하게 되면 온도상승에 따른 리그닌의 연화로 셀룰로오스 섬유의 분리가 용이해지므로 해섬에 소요되는 에너지를 절감할 수 있게 되고 섬유의 품질도 향상된다.

[그림 <디스크 리파이너>]의 이중 디스크 리파이너(double disk refiner)에서는 서로 반대방향으로 회전하고 있는 두 개의 디스크 사이로 원재료가 수평으로 투입되어 해섬된다. 이때 리파이너내의 압력은 최고 1MPa 수준에 이르게 된다.

가압리파이너의 또 다른 형태의 하나인 단일 디스크 리파이너(single disk refiner)는 이중 디스크 리파이너와 그 작동원리는 동일하나 적용된 해섬기술이 다르다.

원재료는 저장고로부터 수직으로 설치된 예열기로 스크루공급장치에 의해 투입된다. 원재료가 수직으로 투입되므로 그 자체로 리파이너의 밀폐장치 역할을 하게 된다. 이때 투입 되는 수증기의 압력은 0.55~1.05MPa 수준으로 이에 해당되는 온도는 160~185℃이다. 예열기 바닥에는 저속으로 이동하는 패들형태의 교반기가 있어 원재료가 예열기 내에서 정체되는 bridge 현상을 막아준다. 예열된 원재료는 다시 스크루공급장치에 의해 리파이너로 투입되고 해섬된다. 생산된 제품은 수증기압과 원심력에 의해 외부로 배출된다. 이때 예열기와 리파이너 내 압력은 각기 별도로 제어된다.



<단일 디스크 리파이너>

4-5. 안전 유의사항

4-5-1. 중량물 취급상 안전수칙을 준수한다.

4-5-2. 안전장비(안전모, 안전조끼, 안전화, 안전벨트, 귀마개, 보안경 등)를 반드시 착용한다.

4-5-3. 작업안전관리 지침과 소방안전관리 지침을 사전에 파악하여 안전사고와 화재발생을 예방한다.

Ⅴ. 목재 건조·열처리 가공

1. 목재 건조 작업

1-1. 건조가공 대상 목재의 선별

건조가공 대상 목재의 적재 전 적재와 건조 효율을 높이기 위하여 목재를 수종, 두께, 길이, 폭, 등급 및 목리 등을 기준으로 선별한다.

1-1-1. 수종

수종에 따라 매우 다른 건조행태(drying behaviour)를 보일 수 있으므로 서로 다른 수종은 가능한 같은 잔적(lumber pile)에 적재하지 않는다. 또한, 동일 수종이라도 자란 환경에 따라 건조행태가 다를 수 있다.

1-1-2. 목재의 규격

목재의 두께는 건조시간에 매우 큰 영향을 미친다. 일예로 두께 50mm 참나무 판재는 두께 25mm 판재보다 건조시간이 1.5배 더 소요된다. 두꺼운 목재는 얇은 목재에 비하여 느린 건조속도를 적용해야만 안전하게 건조할 수 있으므로 서로 다른 두께의 재목을 함께 건조하는 것은 비경제적이다. <표 2-1>은 동일 활엽수 수종에 동일한 건조조건을 적용할 경우 두께 25mm를 기준으로 두께에 따른 건조시간 비율이다.

<동일 활엽수 수종의 두께별 건조시간 비율>

두께(mm)	19	25	31	37	50	62	75	87	100
건조시간 비율	0.62	1.00	1.38	1.75	2.50	3.38	4.38	5.62	7.12

같은 길이의 목재로 잔적을 구성하면 길이굽음이나 측면굽음도 예방할 수 있다. 길고 곧 은 건조목을 얻으려면 길이 선별이 필수적이다. 한편, 폭이 넓은 것은 좁은 것에 비하여 비교적 느리게 건조되므로 가능한 동일 폭의 목재로 잔적을 구성하면 균일한 건조를 기대 할 수 있다. 그러나 목재는 여러 가지 폭이 섞인 묶음형태로 취급하기 때문에 일반적으로 폭을 기준하여 선별하지는 않는다.

1-1-3. 등급과 목리

높은 등급의 목재는 잘못 건조하면 품질저하에 따른 비용이 크게 발생되므로 건조비용이 더 소요되더라도 신중하게 건조하는 것이 바람직하다. 그러나 낮은 등급의 목재는 신중하게 건조하더라도 높은 이익을 기대라기 어렵기 때문에 목재의 등급에 따라 구분하여 건조 하는 것이

비용을 절약하는 동시에 높은 이익을 기대할 수 있는 방법이 된다.
한편, 판목재는 정목재에 비하여 건조가 느리고 표면할렬이나 너비굽음 등이 쉽게 발생하는 등 차이가 있으나 특별한 경우가 아니면 목리에 따라 선별하지는 않는다.

1-2. 건조가공 대상 목재의 적재

건조가공 대상 목재의 적재는 그 중요성을 아무리 강조하여도 지나치지 않을 정도로 중요하다. 적재를 통하여 잔적을 구성하는 목적은 공기유통을 균일하게 하고 틀어짐 등의 건조결함을 예방하는 데 있다.

1-2-1. 적재 및 잔적 구성방법

하나의 잔적을 동일한 길이의 목재로 적재하여 구성하는 것이 틀어짐 등의 변형을 최소화하고 생산성과 적재효율을 극대화하는 방법이다. 그러나 길이가 일정치 않을 경우에는 상 자형 잔적(box pile)이나 일면정렬 잔적(even-end pile) 형태로 적재한다. 상자형 잔적은 잔 적의 4면이 정확하게 정렬되기 때문에 모든 재목의 끝이 충분한 하중을 받아 틀어짐이 예방될 수 있다. 그러나 일면정렬 잔적은 정렬된 면 반대쪽의 면이 매우 불균일하게 되어 틀어짐이나 횡단면 할렬의 발생 가능성이 높고 적재효율도 낮아지게 된다.



<잔적 모습>

1-2-2. 잔적의 크기

일반적인 잔적 규격은 폭 1.2~2.4m, 높이 0.6~1.8m이다. 잔적 규격은 지게차 용량과 건조실 크기에 따라 결정되며 2.4m를 초과하면 함수율 분포가 커지므로 주의해야 한다. 잔적의 길이는 적재되는 목재의 길이와 동일하다.

1-2-3. 잔목과 받침목

공기의 원활한 유동을 위하여 받침목 위에 일정 두께의 잔목(sticker)에 의해 목재와 목재를 분리하면서 적재한다. 건조 중 목재의 틀어짐 방지를 위해서도 받침목과 잔목의 역할이 매우

중요하다. 잔목은 잔적의 폭과 동일한 길이를 지녀야 하며, 두께가 균일해야 한다. 또한, 잔목에 의한 변색을 위해 충분히 건조되어야 한다. 한편, 가능한 고밀도의 단단 한 수종으로 잔목을 제작해야만 장기간 사용이 가능하다.

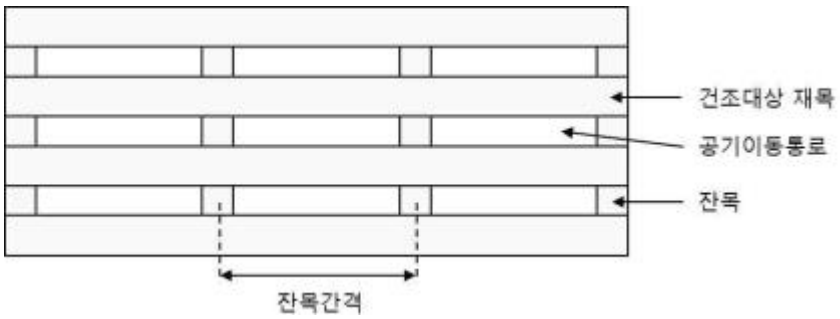
가. 잔목과 받침목의 규격

잔목 두께는 건조속도와 건조 균일성에 큰 영향을 미친다. 열기건조용 잔목의 두께는 14~22mm 범위이며 대개 19mm 정도를 사용한다. 만일 건조실 내 공기순환 상태가 불량할 경우에는 25mm나 그 이상의 두꺼운 잔목을 사용하여 이를 보완할 수도 있다. 그러나 두꺼운 잔목을 사용하면 적재효율이 낮아진다. 일반적으로 잔목의 두께가 3mm씩 증가할 때마다 적재효율은 약 7%씩 감소된다.

잔목의 폭은 건조에 미치는 영향이 거의 없으나 지나치게 넓은 경우 잔목에 의한 변색 가능성이 높아진다. 일반적으로 32~38mm 정도가 적용되고 있다. 한편, 적재의 편이를 위하여 잔목의 길이는 잔적의 폭보다 25~51mm 정도의 여유를 주는 것이 보통이다. 받침목은 지게차가 잔적을 들 수 있는 공간을 제공해줄 뿐만 아니라 상부 잔적의 하 중을 하부 잔적으로 전달하는 역할도 해준다. 단면의 규격은 보통 90cm x 90cm 정도 이며 길이는 잔목과 동일하게 한다.

나. 잔목 간격

건조대상 목재의 두께가 얇을수록 잔적 간 간격이 큰 경우 자체 하중에 의한 휨이 발생할 가능성이 높아지므로 두께에 따라 적정한 잔적간격을 두어야 한다.



<잔목간격>

<목재 두께별 적정 잔목간격>

목재 두께	12mm미만	12~24mm	24~36mm	36~60mm	60mm
잔목 간격	30cm	45cm	60cm	75cm	90cm

그러나 두께 25~38mm 범위의 고가의 목재를 건조할 경우 잔목 간 사이 간격은 30~46cm 수준으로 한다. 고가의 목재는 틀어짐이 조금만 발생하여도 손실이 크기 때문에 조밀하게 배치해야 한다. 목재의 두께가 38mm 이상인 경우에는 잔목 간격을 60cm 정도로 하여도 무방하다.

1-2-4. 상부하중

열기건조 중 목재의 틀어짐 등의 변형을 막기 위하여 잔적 상부에 무거운 물체를 얹어 하중을 가해주는 것이 좋다. 이를 상부하중(top load)라 하며 지게차가 들기 쉽도록 제작된 철구조물 속에 콘크리트를 채워 넣은 형태를 취하는 것이 일반적이다. 사시나무와 같이 비중이 낮은 수종에는 2.4kPa의 하중이 적당하다 참나무와 같이 비중이 높은 수종에는 7.2kPa 이상의 하중을 적용해야 한다.



<상부하중>

1-2-5. 시험재

가. 시험재의 선정

열기건조스케줄은 재목의 건조 중 함수율에 따라 적정한 온도와 습도를 적용하도록 구성되어 있으므로 건조 중 재목의 함수율을 측정할 수 있어야 한다. 최근 센서기술의 발달로 비파괴적이고도 연속적으로 건조 중 재목의 함수율을 자동 측정할 수 있는 시스템들이 출시되어 있지만 센서의 오동작이나 불균일 함수율의 정도까지 측정할 수는 없다. 또한, 건조 중이나 완료 후 건조목 내 건조응력의 정도를 측정할 수 있는 시스템은 아직 상용화된 바 없다. 따라서 건조대상 목재를 대표할 수 있는 시험재 (sample board)를 선정 및 채취하여 건조실 여러 곳에 고르게 분산 배치하고 건조과정 중 수시로 시험재의 상태를 점검하는 일이 필요하다.

건조과정 중 정기적으로 시험재들의 중량을 측정하거나 시험재로부터 함수율 시편을 직접 채취하여 전건법(oven drying method)에 의해 함수율을 구하면 건조속도를 추정 할 수 있으며, 여러 개의 시험재를 배치한 경우 불균일 함수율의 정도도 파악이 가능하다. 해당 시험재의 전건중량을 추정할 수 있다면 시험재의 중량측정만으로도 다음 식을 통하여 당시의 함수율을 추정할 수 있다.

$$M(\%) = \frac{W - W_o}{W_o} \times 100$$

M : 시험재의 추정함수율(%)

W : 시험재의 중량(kg)

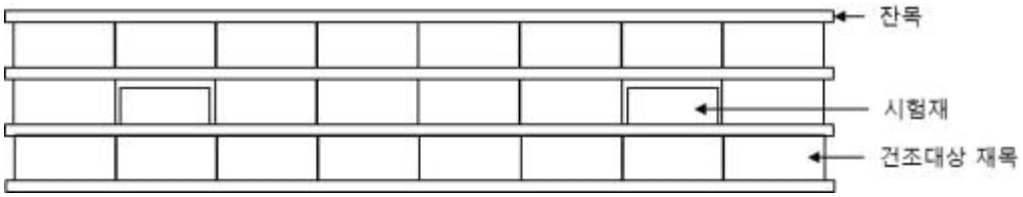
W_o : 시험재의 추정 전건중량(kg)

또한, 시험재로부터 프롱시편을 채취하여 건조 중 건조응력의 발생정도 역시 파악이 가능하다.

나. 시험재의 배치

시험재는 잔적 중에 미리 마련해 둔 투입장소(sample pocket)에 배치한다. 투입장소는 가능한 건조실 내 건조조건을 대표할 수 있는 여러 위치에 배치한다. 시험재의 두께와 폭은 건조대상 재목의 규격보다 약간 작게 제작하여 건조 중 시험재의 투입과 배출이 가능하도록 한다.

배치할 시험재의 수량은 대개 경험에 의해 결정되는데 건조실 1기에 50m3 이하의 건 조재를 건조할 때에는 4개, 그리고 250m3의 건조재를 건조할 때에는 10~12개의 시험 재를 배치하는 것이 보통이다. 그러나 함께 투입되는 수종과 규격이 다양하거나 건조 경험이 없는 수종을 건조할 때에는 더 많은 시험재들이 필요하다.



<시험재의 배치>

2. 건조스케줄 운영

2-1. 건조스케줄 선정

단일 수종과 두께에 대한 건조스케줄은 건조가공 대상 목재의 건조특성에 따라 최적의 것을 선정해야 한다. 가장 일반적이며 안전한 방법은 이미 개발된 건조스케줄(예: 미국 임산 물연구소 건조스케줄) 중에서 해당되는 수종과 두께의 건조스케줄을 선정하는 것이다. 여러 가지 수종과 두께 및 초기함수율을 지닌 재목을 함께 건조하는 것을 혼합건조라 한다. 혼합건조는 불필요한 건조기간의 장기화, 불균일한 최종함수율 및 과도한 건조결함의 원인이 될 수 있다.

2-1-1. 혼합건조의 건조스케줄 적용

혼합건조는 실제로 흔히 부딪치는 일이며, 이 경우에는 다음과 같은 기준에 의거하여 적용할 건조스케줄을 선정하는 것이 안전하다.

가. 수종과 초기함수율은 동일하나 두께가 서로 다른 재목들을 함께 건조할 때에는 가장 두꺼운 재목의 건조스케줄을 적용한다.
나. 두께와 초기함수율은 동일하나 수종이 서로 다른 재목들을 함께 건조할 때에는 가장 건조가 어려운 수종의 건조스케줄을 적용한다.
다. 두께는 동일하나 수종과 초기함수율이 서로 다른 재목들을 함께 건조할 때에는 각 수종과 초기함수율에 해당되는 건조스케줄 중 가장 건조조건이 약한 것을 적용한다.

2-1-2. 미지 수종의 건조스케줄 선정

온대산 활엽수와 침엽수 재목에 대한 열기건조실험은 이미 오래전부터 여러 곳에서 실시되어 왔기 때문에 개발된 건조스케줄의 검증이 어느 정도 완료되었다고 할 수 있다. 그러나 국내에 수입되어 사용되는 양이 많은 열대 활엽수 재목과 같은 다양한 미지의 수종에 대한 건조스케줄은 개발되거나 검증된 사례가 드물다. 건조결함은 비중에 비례하여 그 발생량과 발생 가능성이 증가하므로 전건비중(S)을 이용하여 미지 수종 재목(두께 25mm)에 대한 열기건조스케줄을 미국 임산물연구소 건조스케줄에 기초하여 추정할 수 있다.

건구온도 색인번호 = 13.9 – 13.6 S
함수율 단계 색인번호 = 4.51 – 1.56 S
건습구온도차 색인번호 = 5.20 – 3.95 S

일예로 전건비중 0.60인 두께 25mm 미지 수종 제목에 대한 열기건조스케줄을 추정하는 예를 들어 보자. 건구온도, 함수율 단계 및 건습구온도차 색인번호는 각각 5.74, 3.57 및 2.83으로 계산된다. 이들을 사사오입하면 6, 4 및 3이 되므로 건조스케줄 색인번호는 T6-D4로 예측된다. 여기서 함수율 단계는 A=1, B=2, C=3, D=4 등으로 변환된다.

2-2. 건조스케줄 조정

목재 건조가공의 첫 번째 목표는 건조결함 발생이 없는 안전한 건조이다. 그리고 두 번째 목표는 가능한 건조에 소요되는 시간을 단축하여 생산성을 향상시키는 것이다. 따라서 건조가공 대상 목재에 대하여 선정된 건조스케줄이 가장 완벽한 것은 아니다. 기본 건조스 케줄을 이용하여 건조속도를 높이거나 낮추는 건조스케줄의 조정과 개량이 가능하다.

2-2-1. 기존 건조스케줄의 조정

건조속도를 높여 건조시간을 단축하려면 기존의 건조스케줄에서 먼저 습도스케줄의 함수율

등급을 한 단계 높여(예: D4에서 E4로 변경) 초기조건을 한 단계 높은 함수율에서 변경하게 한다. 함수율 등급의 상향조정에서도 건조결함의 발생 없이 안전하게 건조가 가능하였다면 이번에는 습도스케줄의 건습구온도차 단계를 한 단계 올려(예: E4에서 E5로 변경) 건습구온도차를 증가시킨다. 건습구온도차의 상향에도 문제가 없다면 마지막으로 건구온도 단계를 한 단계 상향 조정(예: T4에서 T5로 변경)하여 적용되는 건구온도를 높인다. 상기와 같은 과정을 건조결함 발생이 없는 한 계속하여 건조스케줄을 조정한다.

기존 건조스케줄이 지나치게 강하여 건조결함 발생률이 높은 경우에는 오히려 건조속도를 늦추는 조정이 필요하다. 이때에는 상기의 건조시간 단축을 위한 경우의 조정과정의 역순으로 조정을 실시한다. 우선 건구온도 단계를 한 단계 낮추어 건조결함 발생 상태를 확인한다. 만일 건조결함 발생이 지속된다면 이번에는 습도스케줄의 건습구온도차 단계를 한단계 낮춘다. 그래도 개선되지 못한 경우에는 마지막으로 습도스케줄의 함수율 단계를 낮춘다. 이와 같은 일련의 조정과정을 원하는 품질이 보장될 때까지 반복한다.

2-2-3. 품질향상을 위한 건조스케줄의 개량

건조재 특히, 가치가 높은 활엽수 재목의 품질을 향상시키기 위해 건조스케줄을 개량할 때에는 다음과 같은 사항들을 고려해야 한다.

활엽수재 건조재의 재색과 가공성을 개선하려면 70℃를 초과하는 건구온도를 적용하지 않는다. 건습구온도차를 25℃ 이하로 유지하면 가공성의 개선이 가능하고 너비굽음 발생을 줄일 수 있다. 목재는 65℃ 이상의 온도에 일정 기간 노출되면 강도가 떨어지고, 90℃ 이상의 온도에 장기간 노출되면 강도가 심각하게 낮아진다. 일반 목제품의 경우에는 기존 건 조스케줄을 적용하여도 현저한 강도 감소의 문제는 유발되지 않는다. 그러나 야구 방망이, 볼링핀, 계단 및 비행기나 차량용 부품 등 높은 강도와 품질을 요구하는 제품의 건조에는 낮은 온도를 적용해야만 한다. <표 2-3>은 고강도 제품생산을 위해서 초과하지 말아야 하는 함수율 단계별 최고온도이다.

<활엽수재 고강도 건조스케줄의 건구온도 색인번호별 허용 최고온도>

함수율단계 (%)	건구온도 색인번호					
	T3	T4	T5	T6	T7	T8
40 이상	54.5	51.5	49.0	46.0	43.5	40.5
40 ~ 30	57.0	54.5	51.5	49.0	46.0	43.5
30 ~ 25	60.0	57.0	54.5	51.5	49.0	46.0
25 ~ 20	63.0	60.0	57.0	54.5	51.5	49.0
20 ~ 15	65.5	63.0	60.0	57.0	54.5	51.5
15 ~ 10	68.5	63.5	63.0	60.0	57.0	54.5
10 미만	71.0	68.5	65.5	63.0	60.0	57.0

3. 건조목재 평가

3-1. 건조재와 보관 환경

건조재를 보관하는 장소의 습도와 온도는 건조재 함수율의 증감 및 흡습속도에 관여하는 매우 중요한 인자이다. 따라서 건조재의 안전한 보관을 위한 적절한 조치가 필요하다.

3-1-1. 상대습도

상대습도는 온도보다 목재의 평형함수율에 미치는 영향이 훨씬 크다. 습한 지역이나 환경에서는 목재의 흡습속도가 매우 빠르기 때문에 건조재를 저함수율로 유지하기 위한 보관방법은 습한 지역과 건조한 지역 사이에 차이가 있다.

3-1-2. 온도

온도가 목재의 평형함수율에 미치는 영향은 상대습도에 비하여 작지만 목재의 함수율 변화속도에 영향한다. 목재의 함수율은 저온에서보다 고온에서 더 빠르게 변화되므로 건조재의 함수율과 상이한 평형함수율 조건에 보관할 경우에는 반드시 온도를 고려해야 한다.

3-1-3. 강우

비에 젖은 건조재는 재건조하기 어렵고 함수율이 20% 이상으로 증가되면 변색되거나 썩을 수 있다. 따라서 건조재는 반드시 강우로부터 보호되어야 하므로 가능한 실내 보관이 바람직하다.

3-2. 건조재 보관방법

건조재를 보관하는 장소에 따라 실외보관과 실내보관으로 나뉘며 건조재의 함수율과 기후 조건에 따라 보관 장소와 방법을 선택할 수 있다.

3-2-1. 실외보관

건조재의 실외보관은 실내보관이 불가능할 경우에만 실시한다. 건조재는 강우로부터 철저히 보호되어야하고 잔목을 이용한 층적보다는 잔목을 제거한 실적이 유리하다. 적절한 보호수단의 적용 없이 열기건조재를 실외보관하면 함수율의 급속한 상승을 억제하기 어렵다. 열기건조재는 방수포로 포장하고 비를 맞지 않도록 덮개를 씌워준다.

3-2-2. 실내보관

가. 개방형 창고

개방형 창고(open shed)는 창고의 벽체가 없거나 또는 4면 중 3면에만 벽체가 있고 지붕이

있는 구조를 지닌다. 낮은 함수율까지 건조된 열기건조재를 단기간 보관이 가능하다. 그러나 개방형 창고 내 공기조건은 강우와 일광을 막아주는 것을 제외하면 외기의 조건과 비슷하다. 그러므로 개방형 창고에 보관 중인 건조재는 습도가 높은 기간 중에는 흡습할 수 있다. 따라서 보관기간은 기후조건에 의한 제약을 받는다.

<표 <건조재 보관 방법에 따른 함수율 변화(뉴질랜드 겨울철)>>는 뉴질랜드에서 겨울철에 보관 및 포장 방법에 따른 건조재의 함수율 변화를 측정한 결과이다. 포장되지 않은 상태로 실외 보관하면 건조재의 함수율이 매우 높게 상승하는 반면 개방형 창고라 하더라도 실내에 보관하면 건조재의 흡습을 비교적 충실히 억제하고 있음을 알 수 있다.

<건조재 보관 방법에 따른 함수율 변화(뉴질랜드 겨울철)>

보관방법		함수율 %	
		건조실 출고시	출고 16주후
실외 보관	비포장	9.1	34.4
	종 이	9.2	43.9
	플라스틱 필름	8.5	11.8
개방형 창고	비포장	8.3	12.9
	종 이	8.3	10.6
	플라스틱 필름	8.1	8.6

나. 차폐형 창고

차폐형 창고(closed shed)는 개방형 창고의 개방된 나머지 1면에는 개폐가 가능한 출입 문가 있는 형태이다. 환기구의 필요성은 건조재의 함수율에 따라 달라지며, 건조재의 함수율이 비교적 높아 보관 중에도 건조가 진행되는 경우에는 환기구의 설치가 필수 적이다. 보관 중 흡습의 정도는 건조재의 함수율, 창고 내 온도와 습도 및 기후조건 등에 따라 달라진다.

차폐형 창고에 난방기능을 추가한 형태도 있다. 창고 내 공기를 가열하면 상대습도와 평형함수율이 낮아져 열기건조재의 흡습을 방지할 수 있다. 공기의 온도는 대개 외기 온도에 비하여 최고 16~17℃까지 높게 유지하며, 균일한 온도의 유지를 위하여 창고 내 공기를 순환시킨다. 단, 생재는 건조에 의한 할렬발생이 가능하므로 보관을 피한다. 건조재나 완성된 목제품의 함수율을 정확히 유지해야 할 경우에는 창고 내 공기의 온도와 습도를 모두 조절할 수 있는 조습형 창고에 보관한다. 즉, 공기의 온도와 습도를 조절하여 원하는 평형함수율 수준을 인공적으로 유지시켜준다.

3-3. 건조목 제품의 적재

건조목 보관 또는 저장의 목적은 흡습을 최소화하는 것이다. 건조목의 흡습을 통한 함수율 증가로 인해 품질과 관련된 많은 문제들이 야기된다.

실내 창고에 보관 중인 목재의 흡습을 최소화하려면 건조과정에서 사용하였던 잔목들을 제거

하고 실적(solid piling)으로 적재하여 각 재목 사이에 공기가 유동할 수 있는 공간을 없애주는 것이 좋다. 함수율 10% 미만으로 건조된 건조목을 높은 습도의 환경에 장기간 보관하면 공기 중의 수분을 흡습하여 건조목의 함수율이 상승한다. 함수율이 크게 상승하게 되면 출고 전 재건조(re-drying)를 해야 할 수도 있다. 또는 보관 중 다시 건조되면서 할렬이나 틀어짐 등의 건조결함이 발생할 수도 있다.

가구용이나 산업용으로 사용하기 위하여 함수율 12% 이하로 건조된 건조목의 보관에는 차 폐형 난방창고(closed, heated shed)를 사용하는 것이 바람직하다. 보관창고 내 온도를 외기온도에 비하여 일정 수준 높게 유지하면 건조목의 함수율을 원하는 수준으로 관리할 수 있다. 건조목을 둘러싸고 있는 공기의 평형함수율이 건조목보다 높다면 건조목은 흡습하여 함수율이 언젠가는 공기의 평형함수율까지 상승하게 된다. 즉, 실외 공기의 습도가 상승하여도 창고 내로 유입되는 실외 공기를 일정 수준까지 가열하면 원하는 수준으로 평형 함수율을 유지할 수 있음을 의미한다. 예를 들어 실외 공기의 온도와 상대습도가 각각 10℃와 80%일 때 외기의 평형함수율은 16.5%가 된다. 이 조건에서 창고 내 평형함수율을 6%로 유지하려면 창고 내 공기온도를 약 27℃ 수준까지 상승시켜야 한다.

3-4. 건조목 제품의 관리

건조설비가 적절히 설계되고 적정한 건조조건에서 운전된다면 거의 모든 건조결함을 예방 할 수 있을 것이다. 건조결함 제어의 가장 중요한 수단은 건조목 제품의 품질관리 프로그램이다. 최적의 프로그램은 품질 손상의 원인, 잘못된 부분을 수정/보완하는 비용 및 수정/ 보완에 의한 이익 등을 파악할 수 있어야 한다.

3-4-1. 건조목 품질 관리

건조목 품질관리에는 건조 후 손상의 정도를 평가하는 과정이 포함된다. 건조대상 목재의 건조 전과 건조 후의 등급을 조사하여 등급의 차이를 비교하면 건조에 의한 손상의 정도를 정량화할 수 있다.

건조 후 건조목의 불균일한 함수율 역시 가장 중요한 문제 중 하나이다. 가구산업의 경우 제품 불량 원인의 최고 80% 정도가 불균일한 함수율에 기인한다고 한다. 각 건조목의 함 수율을 휴대용 함수율계를 이용하여 측정하고 그 표준편차를 구하면 건조목 함수율의 불 균일한 정도가 어느 범위인지 확인할 수 있다. 예를 들어 건조목의 평균 함수율이 8%인데 표준편차가 1.5%라면 함수율이 6.5%(= 8% - 1.5%)에서 9.5%(= 8% + 1.5%) 범위인 건조목 의 비율이 전체 건조목 중 95%임을 의미한다.

건조 후 잔류 건조응력을 파악하기 위한 프롱법의 적용도 바람직하다.

3-4-2. 설비의 관리

건조 설비의 설계와 운전이 모두 적정함에도 불구하고 건조목 품질과 관련하여 좋지 못한

결과를 얻는다면 온도, 습도 및 풍속과 관련된 측정설비나 장비에 대한 점검이 필요하다. 각종 센서류들의 오동작은 건조목 품질에 치명적인 영향을 미친다. 따라서 각종 센서류들 은 관련 전문가의 도움을 받아 정기적으로 보정을 해주어야 한다.

3-4-3. 운전 기술

건조실의 운전기술은 단기간에 축적되기 어렵다. 건조대상 목재의 종류와 규격이 매우 다양한 만큼 전문가 수준의 운전기술을 습득하기 위해서는 많은 경험이 요구된다. 특히, 각 건조과정에 대한 기록과 자료를 축적하고 정리하면 보다 효율적인 건조기술의 개발이 가능하다.

3-5. 소요에너지의 절약

목재가공공정에서 건조가공 공정은 가장 에너지를 많이 소비하는 에너지집약적인 공정이 다. 건조가공 공정의 에너지 절약은 목재가공공정 전체의 비용 절감에 최우선적인 수단이 될 수 있다. 다음은 열기건조 중 에너지 효율 향상을 위해 고려해야 할 사항들이다.

3-5-1. 가능한 천연건조 또는 강제송풍건조 등 예비건조과정(pre-drying)을 통하여 건조대상 목재의 건조 전 초기함수율을 25%까지 낮춘다.

3-5-2. 건조실 벽체와 문 등의 틈새를 완벽히 밀봉하여 열손실을 방지한다. 건조실 내외 벽체와 지붕 등에는 방습도료를 도포하여 흡습에 의한 열전도도 상승을 억제한다. 특히, 단열재가 흡습할 경우 열전도에 의한 열손실이 크게 증가할 수 있다.

3-5-3. 건조실이 외벽과 지붕에는 무광택의 흑색도료를 도포하여 태양열을 흡수하도록 함으로 써 열손실을 최소화한다.

3-5-4. 가능한 건조속도를 촉진할 수 있는 건조스케줄을 적용한다. 건조온도가 높을수록 에너 지효율을 높아진다.

3-5-5. 재간풍속은 허용범위 내에서 최대한 높고 균일하게 유지토록 한다. 가능하다면 풍속조 절이 가능하도록 하여 건조 초기에는 고풍속을 적용하여 건조속도를 촉진하고, 건조 후기에는 저풍속을 적용하여 송풍기 가동을 위한 전기에너지를 절약한다.

3-5-6. 건조응력 제거처리 과정을 제외하고는 가능한 건조실에 수증기를 투입하여 상대습도를 인위적으로 상승시키지 증습과정을 적용하지 않는다. 목재로부터 증발된 수증기만으로 습도를 조절하되 아주 작은 수준의 건습구온도차가 요구될 때에만 증습한다. 한편, 증습과 환기는 동시에 하지 않는다.

3-6-7. 다수의 건조실을 함께 운영할 경우 인접 건조실의 내부온도가 80℃ 이상인 경우에는 재목의 출로나 입로를 하지 않는다.

3-6-8. 건조실 관련 모든 설비와 장치들을 정기적 검사한다.

4. 목재 열처리가공

4-1. 열처리가공 준비

4-1-1. 열처리가공의 목적

목재를 가열하여 그 특성을 변화시키려는 최초의 시도는 1930년대에서 1950년대 이르는 기간 동안 독일과 미국에서 주로 이루어져왔다. 그 당시에는 높은 온도가 목재의 내구성과 재색에 미치는 영향을 확인하는 수준에 머물렀으며, 이 기술을 산업적으로 활용하기에는 목재 열처리가공에 대한 지식이 부족하였다. 이후 1980년대 들어서 프랑스와 캐나다에서 목재 열처리가공의 산업화를 위한 연구와 특허등록이 활발히 이루어지게 되었다. 목재의 열처리가공 목적은 고온가열로 목재 성분의 열분해수준을 조절하면서 화학적 성분 변화를 유도하여 치수안정성과 내후성을 증대하고자 함이다. 기존의 방부처리목재에 비하 여 독성의 잔유물이 없고 폐기 시 재활용이 가능하므로 최근 유럽을 중심으로 사용량이 크게 증가되고 있다.

최근에는 제재목뿐만 아니라 목재칩, 스트랜드, 목섬유 및 단판 등을 열처리 가공하여 중 밀도섬유판이나 합판과 같은 목질판상재료에 응용하는 등 열처리가공의 산업적 활용 폭이 확장되고 있다.

열처리목재의 주요 용도로는 정원용 가구, 울타리, 기둥, 목재수납장, 창문틀, 도어, 가구, 데크재, 외장벽판재 및 마루판 등 치수안정성이나 내후성이 요구되는 다양한 제품들을 들 수 있다.

그러나 열처리과정 중 고열에 의해 목재성분이 열분해 되어 목재가 지녔던 고유의 밀도가 감소되고, 강도적 성질이 저하되는 한편, 냄새와 금속부식성이 증가하는 등의 문제점이 발생될 가능성이 높은 것도 사실이다.

4-1-2. 열처리 효과

목재의 열처리에 의한 효과는 다음과 같이 정리할 수 있다. 열처리에 의하여 목재의 다양한 특성들을 개선시킬 수 있으나 모든 변화가 목재의 사용에 이로운 것만은 아니다.

○ 중량 감소에 의한 밀도저하

○ 재색 변화

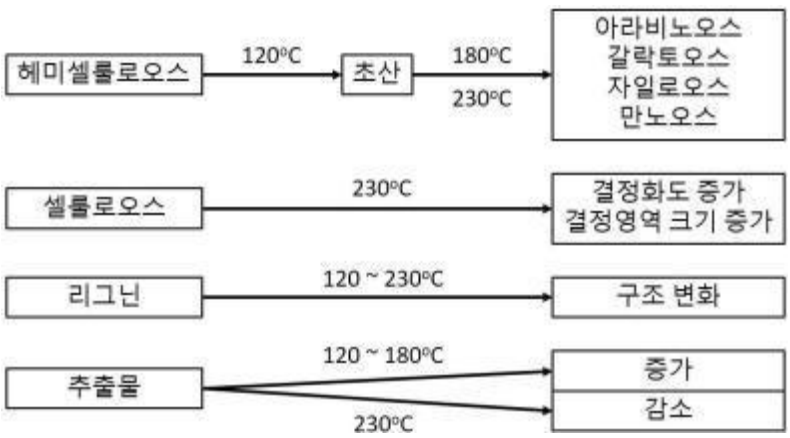
○ 친수성과 투과성 저하

○ 치수안정성 향상
○ 기계적 특성의 변화
○ 생물학적 열화(biodeterioration)에 대한 저항성 향상
○ 풍화(weathering)에 대한 저항성 향상

가. 화학적 특성 변화

목재를 구성하는 주요 성분으로는 헤미셀룰로오스, 셀룰로오스, 리그닌 및 추출성분을 들 수 있다. 목재를 가열하게 되면 온도 120℃ 정도의 초기단계에서 목재가 함유하고 있던 수분이 제거되면서 헤미셀룰로오스가 가장 먼저 열분해 되기 시작한다. 헤미셀룰로오스가 열분해 되면서 초산이 생성되며 수산기(OH)그룹 역시 감소된다. 온도가 더 상승하여 180~230℃에 이르게 되면 아라비노오스 등으로 변환된다. 셀룰로오스는 결정영역을 지니고 있어 헤미셀룰로오스에 비하여 열분해가 느리게 진행된다. 이때 셀룰로오스의 비결정 영역이 먼저 분해되면서 셀룰로오스의 결정화도가 증가하면서 수산기 그룹도 감소하게 된다. 목재의 수산기 그룹은 목재의 친수성에 대한 근본적 원인이므로 수산기 그룹의 제거는 결국 헤미셀룰로오스나 셀룰로오스에 흡착되는 물분자의 양이 감소됨을 의미한다. 따라서 열처리를 통하여 목재의 평형함수율과 흡습성을 낮출 수 있게 된다. 이와 같은 현상으로 인하여 목재의 치수안정성과 생물에 대한 내후성이 크게 개선되는 효과를 기대할 수 있게 된다.

리그닌도 헤미셀룰로오스 분해에서 생성된 산 촉매에 의한 반응에 의해 자가 축합반응이 유도된다. 이처럼 리그닌의 구조가 변화되면서 역시 목재의 흡습성을 감소시키고 치수안 정성을 향상시키는 효과를 얻게 된다. 추출물 성분들도 열처리과정에서 휘산되거나 열분 해되어 새로운 물질로 전환된다.



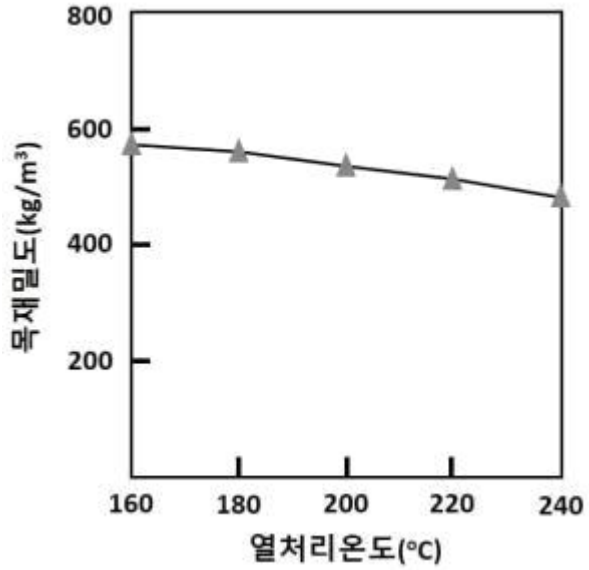
<열처리에 의한 목재 주성분의 화학적 변환>

상기와 같이 목재의 주요 성분들이 열처리에 의해 변환되면서 다량의 고분자 당이 소실되어 중량이 감소되고 밀도가 저하되며 강도와 같은 기계적 성능이 저하되는 부작용이 동반된다.

나. 물리적 특성 변화

○ 중량감소

열처리과정에서 목재 온도가 상승하면 목재를 구성하고 있는 주요 성분들이 열분해 되면서 목재의 중량이 감소하는 현상이 발생된다. 열처리에 의한 목재 중량감소의 정도는 수종, 열전달 매체, 가열온도 및 가열시간에 따라 달라진다. 대개 온도 170~260℃ 수준에서 중량감소율이 5~30% 범위를 나타내는 것이 일반적이다(Kim, 2016).

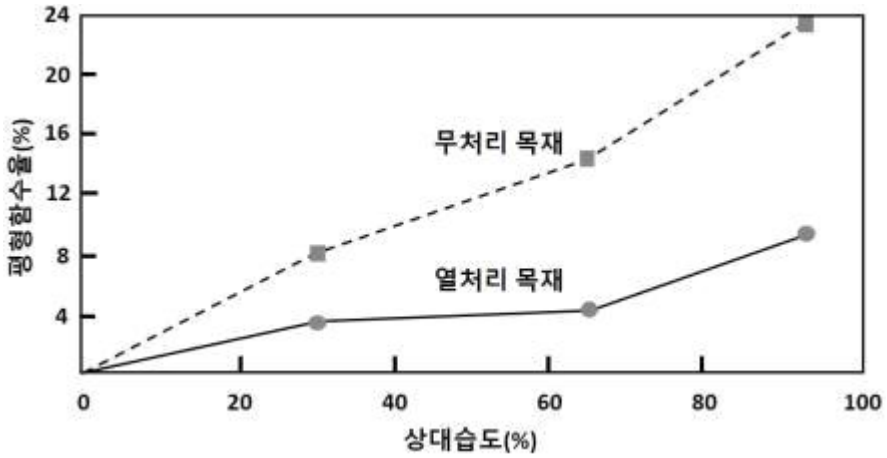


<Thermowood process의 열처리온도에 따른 소나무의 밀도 변화(처리시간 3시간)>

○ 흡습성과 치수안정성

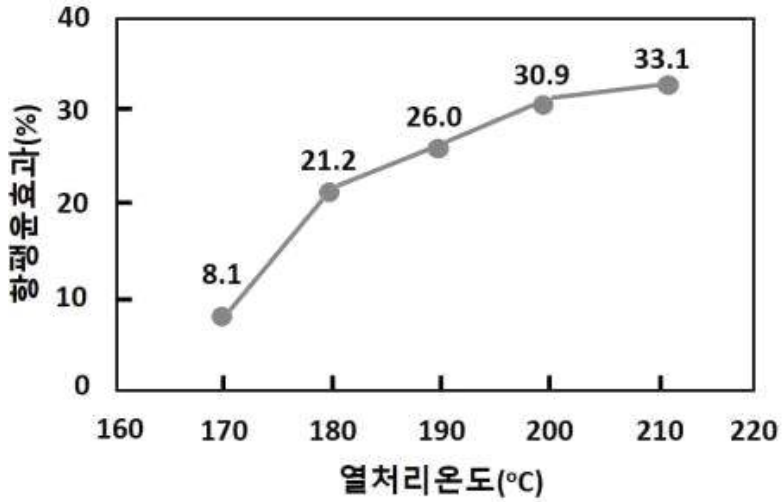
열처리 목재가 가지는 주요 장점의 하나는 목재의 흡습성이 열처리 전에 비하여 크게 낮아져 목재가 노출되어 있는 대기의 습도변화에 따른 치수변화도 감소된다는 점이다. 열처리에 의한 목재의 화학적 특성 변화에서 이미 언급한 바와 같이 열처리에 의해 목재의 주요 성분들이 열분해 되는 과정에서 목재의 친수성과 밀접한 관계가 있는 수 산기 그룹이 감소되기 때문에 흡습성이 낮아지고 치수안정성이 확보되는 것이다. 목재의 흡습성은 대기 습도의 변화에 따른 평형함수율(EMC: Equilibrium Moisture Content)의 변화로 나타낼 수 있다. 만약 대기 습도가 높아짐에도 불구하고 열처리 목재의 평형함수율 상승 수준이 열처리 전에 비하여 현저히 낮은 수준을 보인다면 흡습성이 감소하였다고 판단할 수 있다. Guo 등(2014)이 포플러를 대상으로 가열온도 170℃에서 1시간 동안 열처리한 결과 평형함수율이 처리 전에 비하여 13% 정도 감소한 반면 열처리 온도를 230℃로 상승시켜 4시간동안 열처리한 결과 평형함수율이 처리 전에 비하여 54.3% 감소하였다고 보고한 바 있다. 따라서 열처리

온도와 처리시간 증가에 따라 목재의 흡습성이 현저하게 감소함을 알 수 있다.



<Thermowood process 열처리에 의한 가문비나무의 평형함수율 변화 (처리온도 220℃, 처리시간 3시간)>

일반적으로 목재의 흡습성이 감소하면 수축과 팽윤이 시작되는 섬유포화점(FSP: Fiber Saturation Point)이 낮아지면서 치수안정성이 증대된다. 목재의 치수안정성은 항팽윤효 과(ASE: Anti Swelling Efficiency)로 나타낸다. 열처리 온도가 상승할수록 목재의 흡습성 감소가 더욱 촉진되면서 항팽윤효과도 상승하게 된다. 핀란드에서 상용화한 Thermowood 열처리 목재의 접선방향 항팽윤효과는 처리 전에 비하여 약 50~90% 정도 상승한다고 한다. 독일의 OHT 열처리 목재는 20~40%, 프랑스의 Retified wood 열처리 목재는 20~40%, 그리고 네덜란드의 Plato wood 열처리목재는 15~40% 정도 항팽윤효과 가 상승하는 것으로 보고되고 있다(Kim. 2016).



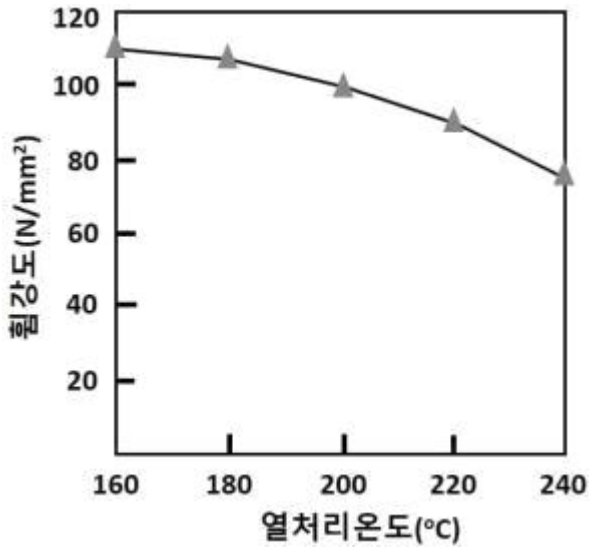
<Thermowood process 열처리에 의한 전나무의 열처리온도에 따른 항팽윤효과 변화 (처리시간 3시간)(Kol 등, 2015)>

○ 기계적 성능

목재의 강도는 밀도와 밀접한 관계를 지니고 있다. 열처리에 의해 목재의 밀도가 감소하므로 열처리 목재도 기계적 성능의 저하라는 단점을 지니게 된다. 열처리에 의해 목재의 열분해로 중량감소가 야기되면 밀도가 감소되면서 탄성계수(MOR: Modulus Of Elasticity), 파괴계수(MOR: Modulus Of Rupture), 충격휨강도 및 표면경도 등의 기계적 성능의 저하가 초래된다. 이러한 기계적 성능 저하는 목재의 수종, 열처리 온도 및 공 정조건 등의 복합적인 작용에 의해 달라진다. 그러나 열처리를 하여도 중량-대-강도의 비율은 거의 변하지 않는다.

일반적으로 열처리에 의한 파괴계수 감소는 수종에 따라 처리전에 비하여 5~18% 정도인 것으로 보고되고 있다. 한편, Guo 등(2014)이 포플러를 170~185℃에서 1~5시간 동안 열처리한 결과 파괴계수의 최고 감소율이 11% 이하였으나 200℃ 이상에서 같은 시간동안 열처리한 결과 파괴계수의 최고 감소율이 50%까지 높아졌다는 연구결과를 보고한 바 있다.

핀란드 Thermowood의 경우 열처리 최고온도가 150~240℃일 때 목재의 휨강도가 0~30% 범위로 감소한다고 한다. 프랑스의 Retified wood는 201~240℃에서 약 40%, 독일의 OHT wood는 220℃에서 약 30%, 그리고 네덜란드의 Plato wood는 160~190℃에서 5~18% 휨강도가 감소하였다고 한다(Kim, 2016). Plato wood가 비교적 낮은 휨강도 감소율을 보인 것은 적용온도가 낮았기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 고온의 조건을 적용할 경우에는 30% 이상의 매우 큰 기계적 성능 저하를 초래하게 되므로 열처리 목재를 구조용으로 사용하고자 하는 경우에는 반드시 면밀한 검토를 거쳐야만 한다. 그러므로 열처리 공정에 적절한 수종의 선택과 선택된 수종에 적절한 열처리 공저조건 적용을 통하여 목재의 기계적 성능 저하를 최소화할 수 있는 방안을 강구해야 한다.

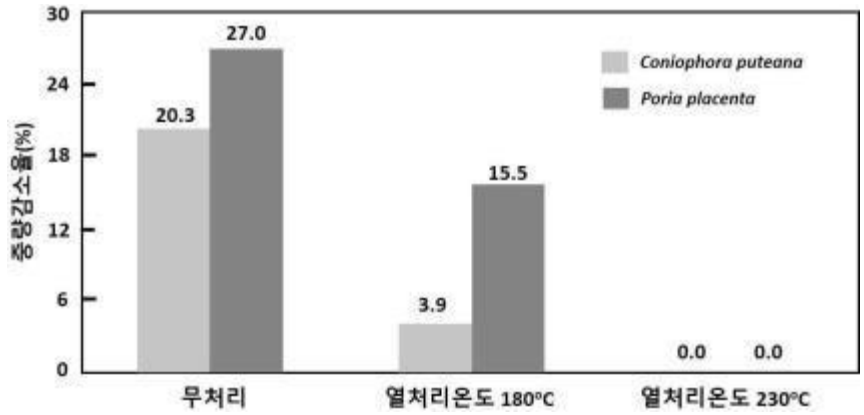


<Thermowood process의 열처리온도에 따른 소나무의 휨강도 변화 (처리시간 3시간)>**7**

다. 내후 특성 변화

목재를 열처리하게 되면 목재 주요 성분들의 화학적 변화로 목재에 피해를 주는 미생물이나 해충과 같은 생물열화인자들에 대한 저항성이 크게 증가되는 효과를 기대할 수 있다. 그러므로 내후성이 비교적 불량한 수종의 목재를 열처리하면 내후성 수준을 향상시킬 수 있다. 핀란드의 VTT에서 가장 문제가 되고 있는 대표적인 갈색부후균인 Coniophora puteana와 Poria placenta를 대상으로 열처리목재의 내후성 개선효과를 확인한 바 있다. 그 결과 열처리온도가 높을수록 내후성이 크게 개선됨을 보여주었다.

열처리 목재의 내후성도 화학적/물리적 변화와 마찬가지로 목재 수종과 열처리 조건에 따라 달라진다. 그러나 모든 수종과 열처리 조건에서 목재의 내후성이 향상되는 것은 아니며, 열처리 목재가 모든 부후균에 대하여 기존 목재보존제를 처리한 것과 동일한 내후성을 나타내지는 못한다. 또한, 열처리 목재가 토양이나 물에 접촉되는 환경에서는 충분한 내후성을 발휘하기 어려우며 특히, 해충에 대한 저항성이 좋지 못하다. 해충에 대한 저항성이 저하되는 원인으로는 열처리과정에서 목재가 함유하고 있던 추출물이 제거되기 때문으로 알려져 있다(Mayes와 Oksanen, 2002). 따라서 사용 환경과 용도를 고려하여 열처리 목재의 적용을 검토해야만 한다.



<Thermowood process의 열처리온도에 따른 소나무의 내부후성 변화 (처리시간 4시간)>

라. 기타 특성 변화

열처리 목재의 중요한 특징 중 하나가 갈변 즉, 색상이 짙은 갈색으로 변화한다는 것이다. 열처리 목재의 색상변화는 열처리 온도와 시간에 의해 좌우되며, 온도와 시간이 상승 또 는 증가될수록 색상이 짙어지는 경향이 있다. 따라서 적용 온도와 시간을 조절하여 원하는 색상을 얻을 수도 있을 것이다. 한편, 열처리 목재에서 탄 냄새가 나는 것은 대표적인 목재 열분해 산물인 furfural이 원인인 것으로 추정되고 있다(Mayes와 Oksanen, 2002).

4-2. 열처리공정

전 세계적으로 산업화된 주요 열처리기술들로는 네덜란드의 Plato process(PLATO BV, Netherland), 프랑스의 Retification process(NOW, New Option Wood, France), 독일의 OHT process(Oil-Heat Treatment, Menz, Holz, Germany) 및 핀란드의 Thermowood process (Stora, Finnforest, Stellac, Jertec, Finland) 등이 있다. 산업화된 대부분의 열처리공정들에서는 목재 온도를 160~260℃ 수준까지 상승시키는 공통점이 있다. 다만, 적용되는 열전달 매체의 종류(산소 또는 질소가스, 증기, oil 등), 처리시간(온도, 시간, 압력 등) 및 공정조작 스케줄 등에서 차이가 있다

<목재 열처리공정의 비교>

열처리 공정명	열전달 매체	초기함수율 상태	공정단 계수	온도범위(℃)
Plato process	증기/공기	생재상태	5	150~180
Retification process	질소	기건상태	1	180~250
OHT process	Oil	건조상태	3	180~220
Thermowood process	증기	생재/건조상태	3	185~215

4-2-1. Plato process

네덜란드에서 개발된 Plato process는 열수분해(hydrothermolysis) 단계, 건조단계 및 열처리단계 및 조습단계로 구성된다. 압력용기 속에서 포화증기를 열전달 매체로 이용하여 진행되는 열수분해단계에서는 목재성분의 화학적 변환이 유도된다. 열수분해단계는 대개 온도 150~180℃에서 진행되며 처리시간은 수종, 재료의 두께 및 재료의 모양 등에 따라 4~5시간이 소요된다. 이 과정에서 목재 세포벽에 존재하고 있던 풍부한 수분이 목재성분들의 화학적 변환을 유도하게 된다. 즉, 세포벽 내 수분이 세포벽을 이루고 있는 성분들의 반응을 촉진하는 역할을 하게 된다. 건조단계에서는 열수분해단계가 완료된 목재를 일반 열기 건조 장치에 투입하여 함수율이 8~9% 수준까지 3~5일 동안 건조한다. 건조가 완료된 목재를 다시 반응기에 투입하고 공기를 열전달 매체로 하여 온도 150~180℃에서 4~5시간 정도 열처리단계를 진행한다. 목재의 함수율이 약 1% 수준까지 감소되면 열처리된 목재를 꺼내 어 다시 일반 열기 건조에 투입한다. 여기서 증기를 이용하여 목재의 함수율이 4~5% 수준 이 될 때까지 조습한다. 조습단계에는 3일 이상이 소요된다.

4-2-2. Retification process

프랑스에서 개발된 retification process에서는 함수율의 약 12% 수준으로 인공건조한 후 열전달 매체로 질소가스를 이용하여 온도 200~240℃ 수준으로 열처리한다. 이때 공정으로 유입되는 공기의 함량을 2% 미만으로 제한하여 화재발생을 예방한다. 230~240℃의 높은 온도수준으로 열처리할 경우 우수한 열처리효과를 기대할 수는 있으나 심각한 강도저하 등의 문제

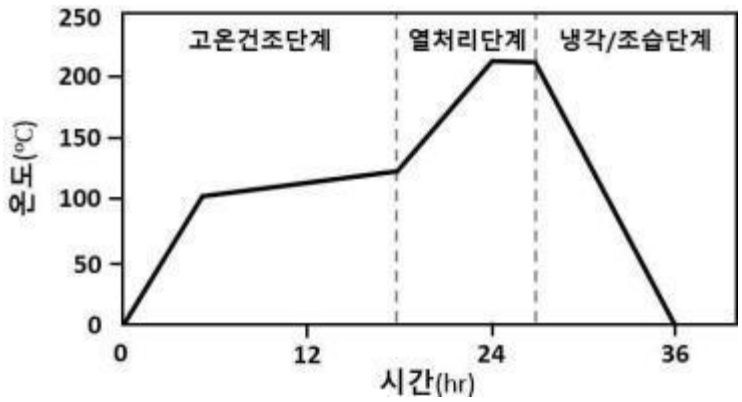
가 발생할 수 있다. 따라서 양호한 내후성이 보장되면서도 비교적 강도저하가 적은 210℃의 열처리 온도를 선택하는 경우가 많다.

4-2-3. OHT process

독일에서 개발된 OHT process에서는 목재를 밀폐가 가능한 처리조에 투입한 후 고온의 oil을 유입시켜 가열함으로써 목표온도를 유지시켜 열처리한다. 열처리온도는 180~220℃ 수준이며, 가열과 열처리 및 냉각 과정 전체에 20~40시간 정도가 소요된다. 이 공정에서 oil은 열전달 매체의 역할뿐만 아니라 목재가 산소와 접촉하지 못하도록 차단하는 역할도 한다. 사용되는 oil로는 식물성 기름(대두기름, 평지씨기름, 아마씨기름, 해바라기씨기름)이 주로 사용되나 이중 아마씨기름이 처리 후 냄새 관련 문제가 비교적 적은 것으로 알려져 있다.

4-2-4. Thermowood process

핀란드에서 개발된 Thermowood process는 유럽에서 가장 성공한 열처리공정으로 알려져 있다. 이 공정은 고온건조단계, 열처리단계 및 냉각/조습단계로 이루어져 있다.



<Thermowood process의 공정도표>

가 건조단계

건조단계는 열처리공정에서 가장 긴 시간을 필요로 하는 과정이다. 이 단계를 고온건조(high-temperature drying)단계라 하기도 한다. 고온건조단계에서는 증기를 이용하여 목재의 온도를 100℃ 수준으로 신속하게 상승시킨 후 처리대상 목재의 함수율이 거의 무수상태(함수율 0%)에 이를 때까지 온도를 130℃까지 천천히 상승시킨다.

건조단계의 소요시간은 목재의 초기함수율, 수종 및 두께에 따라 달라진다. 그리고 열처리 대상 목재의 초기함수율에 따른 제약은 없어 생재상태나 건조상태 모두 열처리가 가능하다. 다만, 건조단계에서 주의해야 할 점은 건조 중 내부할렬(internal checks) 의 발생을 억제해야 한다는 것이다.

나 열처리단계

열처리단계는 건조단계 종료 직후 곧바로 시작된다. 본격적인 열처리단계가 시작되면 온도를 185~215℃ 수준으로 상승시켜 2~3시간 동안 열처리를 실시하게 된다. 건조단계에서 사용되었던 수증기는 열처리단계에서 목재가 연소되지 않도록 해주는 보호기체의 역할을 하게 된다.

다 냉각/조습단계

열처리단계가 종료되면 냉각과 동시에 조습처리를 실시하게 된다. 열처리된 목재와 외 부공기 사이 온도차가 매우 크기 때문에 냉각과정에 많은 주의를 기울여야 한다. 급격한 냉각으로 인하여 열처리된 목재가 갈라지는(splitting) 현상이 발생할 수 있다. 열처리 목재의 최종 함수율은 최종 용도에 적정한 수준으로 조절되어야 한다. 열처리 직후 목재는 거의 무수상태이므로 가습을 통하여 함수율 수준을 5~7%로 상승시킨다. 냉각/조습단계에는 5~15시간 정도가 소요된다.

4-3. 열처리가공의 공정변수

목재의 열처리가공 공정에 영향하는 공정변수 정리.

- 목재 수종, 목재 규격, 목재 함수율, 열처리 온도와 시간, 열전달 매체, 열처리시스템의 형태(개방형과 폐쇄형)

4-3-1. 목재 수종, 규격 및 함수율

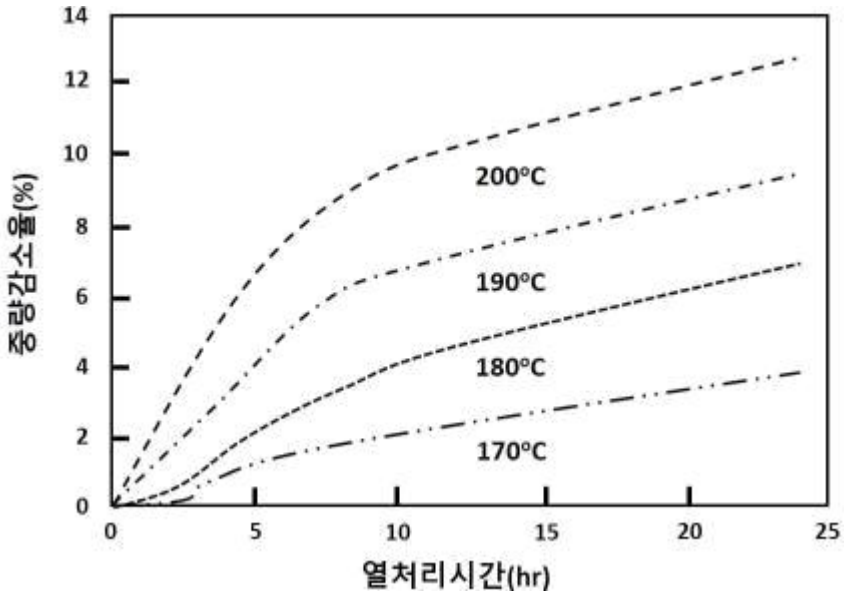
열처리 대상 목재의 수종에 따라 열처리에 의한 효과가 달라진다. 특히, 침엽수와 활엽수 사이에 차이를 쉽게 확인할 수 있다. 활엽수는 일반적으로 침엽수에 비하여 헤미셀룰로오스의 함량이 높은 편이다. 활엽수에 열분해가 비교적 용이한 헤미셀룰로오스의 함량이 높기 때문에 열처리에 의한 중량감소율 역시 침엽수에 비하여 높게 된다.

목재는 대표적인 단열 재료의 하나일 정도로 열전도도가 낮은 물질이다. 따라서 목재의 규격이 클수록 열처리 과정 중 열전달이 쉽지 않다. 특히, 다공성 물질인 목재의 함수율이 낮은 경우에는 수많은 공극들이 열전도도가 극히 낮은 공기로 채워져 열처리 과정 중 열을 고르게 전달하기가 어려워진다.

열처리 대상 목재에 많은 옹이(knot)가 포함되어 있을 경우에는 열처리 후 옹이가 빠지거 나 할렬이 발생되는 등 제품 품질이 크게 저하되는 상황이 발생될 가능성이 높아진다. 따라서 가능한 옹이가 없는 무절재를 선택하는 것이 바람직하며, 무절재의 선택이 어려울 경우에는 목재에 단단히 붙어 있는 옹이(sound knot)만을 허용해야 한다. 핀란드의 Thermowood process에서는 열처리 대상 목재가 포함하고 있는 옹이의 크기와 개수에 대한 허용한계를 정의한 기준을 제시하고 있다(ITWA, 2003).

4-3-2. 열처리 온도와 시간

열처리 온도와 시간이 증가하면 중량감소율도 증가된다. 한편, 동일한 열처리 온도에서 열처리시간을 연장하면 열처리 온도를 상승시키는 것과 유사한 효과를 얻게 된다.



<Thermowood process의 열처리 온도와 시간에 따른 소나무의 중량감소율 변화>

열처리 목재의 최종 용도에 따라 요구되는 특성이 달라질 것이다. 예를 들어 치수안정성 향상, 재색변화 또는 내후성 개선 등 목적에 따라 열처리 수준도 달라져야 한다. 핀란드에 서 개발한 Thermowood process에서는 열처리 수준을 Thermo-S급과 Thermo-D급으로 구분하고 있다.

열처리 최고 온도가 190℃ 수준인 Thermo-S급에서 S는 Stability(안정성)를 의미한다. 즉, 열처리의 주된 목적이 치수안정성 향상에 있음을 뜻한다. 한편, 열처리 최고온도가 212℃ 수준인 Thermo-D급에서 D는 Durability(내구성)를 의미한다. 즉, 열처리의 주된 목적이 내 후성 개선에 있다는 것이다. 각 수준의 열처리가 수종에 따라 미치는 영향을 비교하면 다음 표와 같다.

<Thermowood process의 열처리 수준에 따른 효과 비교(ITWA, 2003)>

특성	Thermo-S급		Thermo-D급	
	침엽수	활엽수	침엽수	활엽수
열처리 온도	190℃	185℃	212℃	200℃
풍화 저항성	개선됨	변화 없음	크게 개선됨	개선됨
치수안정성	개선됨	개선됨	크게 개선됨	개선됨
휨강도	변화 없음	변화 없음	저하됨	저하됨

<Thermowood process의 열처리 수준에 따른 열처리 목재의 용도 비교(ITWA, 2003)>

Thermo-S급		Thermo-D급	
침엽수	활엽수	침엽수	활엽수
목조건축 용재 인테리어 용재 가구 정원 가구 사우나 벤치 창호재	인테리어 용재 가구 바닥재 사우나구조 용재 정원 가구	건축 외장재 창호재 셔터(shutter)재 친환경 구조물 욕실 내장재 바닥재 정원 가구	Thermo-S급의 활엽수와 동일하나 보다 짙은 재색이 요구되는 용도

4-3-3. 열전달 매체와 열처리시스템의 형태

열처리 공정에 필수적인 열전달 매체로는 다음과 같은 물질들을 사용할 수 있음.

- 공기, 증기, 불활성 기체(예: 수증기, 질소), oil이나 용융금속

공기를 열전달 매체로 사용하게 되면 공기 중의 산소로 인한 산화과정을 피할 수 없다. 따라서 대개의 상용화된 열처리 공정에서는 열처리 대상 목재가 산소와 접촉되는 것을 억제하기 위한 방법들을 강구하게 된다.

열처리 시스템의 형태는 일반적으로 폐쇄형 시스템(closed system)과 개방형 시스템(open system)으로 나뉜다. 목재를 밀폐된 용기 내에 투입하여 가열하는 폐쇄형 시스템에서는 열처리 중 목재로부터 발생되는 가스가 외부로 배출되지 못하는 반면 개방형 시스템에서는 발생된 가스의 제거가 이루어진다. 따라서 폐쇄형 시스템에서는 산성 증기를 함유하고 있는 목재의 열분해산물이 열분해를 촉진하는 효과가 나타날 수 있다.

전술한 다양한 공정변수들이 열처리에 의한 중량 감소에 미치는 영향을 요약하면 표 3-4 와 같다.

<목재 열처리공정의 공정변수가 중량감소율에 미치는 영향>

낮은 중량감소율	높은 중량감소율
낮은 열처리 온도와 짧은 열처리 시간	높은 열처리 온도와 긴 열처리 시간
불활성 환경(무산소 상태)	공기 존재(유산소 상태)
개방형 시스템	폐쇄형 시스템
낮은 목재함수율	높은 목재 함수율
침엽수	활엽수
대규격 목재	소규격 목재

4-4. 열처리 설비와 소요에너지

4-4-1. 열처리 설비

열처리 공정에는 물, 수증기 및 높은 온도 등이 사용된다. 그리고 목재로부터 증발되는 성분들로 인하여 부식성이 높은 공정조건이 조성된다. 따라서 열처리 설비는 스테인리스강으로 제작해야 하며, 고온에 적용할 수 있는 특수한 송풍장치와 열교환기 등이 요구된다. 열처리 공정에 에너지를 공급하는 열원으로는 화석계연료나 바이오연료 등 다양한 연료의 사용이 가능하며 전열기를 이용할 수도 있다. 공정에 필요한 수증기를 공급할 수 있는 보 일러(boiler)도 필요하다. 한편, 열처리 과정에서 목재로부터 발생되는 가스를 연소시켜 공정에서 배출되는 냄새를 제거해주는 연소장치가 필요할 수도 있다.

4-4-2. 소요 에너지와 환경 문제

Thernowood process의 경우 열처리에 소요되는 열에너지의 약 75%가 목재 건조단계에서 사용된다. 따라서 열처리 공정의 소요에너지는 기존 건조공정에 비하여 약 25% 정도 더 높은 수준이라 할 수 있다.

Thermowood process에서는 화학물질이 사용되지 않고 오직 물과 열만을 사용한다. 또한, 열처리 과정에서 목재로부터 방출된 물질들 전술한 바와 같이 연소시키므로 환경친화적이라 할 수 있다.

4-5. 안정 유의 사항

4-5-1. 중량물 취급상 안전수칙을 준수.

4-5-2. 안전장비(안전모, 안전조끼, 안전화, 안전벨트, 귀마개, 보안경 등)를 반드시 착용.

4-5-3. 소방안전관리 지침을 사전에 파악하여 화재발생을 예방.

Ⅵ. 목재 보존처리 가공

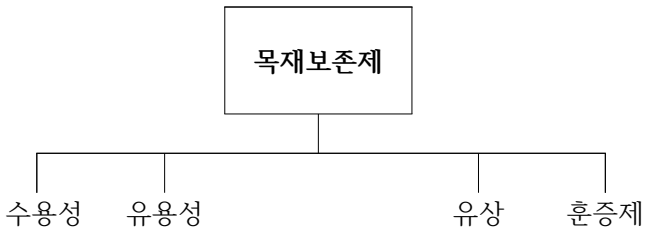
1, 목재보존제 처리

1-1. 보존제 선정과 안전 관리

보존처리에 앞서 사용하고자 하는 목재보존제의 종류나 특성을 파악하여 올바른 보존처리 결과를 유도하고, 안전한 처리를 실행하도록 한다. 목재보존제는 일종의 방부방충기능을 보유한 화학약품임으로 이에 대한 선정과 사용방법은 매우 주의 깊게 할 필요가 있다. 특히 목재보존제는 옥외사용의 목재에 주로 처리함으로서 장기간 사용을 목적으로 함으로 약제가 목재조직에 잘 정착되는 것이 기능상 매우 중요하다. 또한 목재보존제의 안전상 보존제 처리에 참여하는 작업자, 방부목재를 사용하는 사용자, 물류에 관여되는 유통인, 현장 설치에 참여하는 설치작업자에 대한 안전성, 보존처리공장내의 약품오염, 폐기처리 등 안전과 관련된 다양한 문제들이 있음으로 직능을 실행하기에 앞서 목재보존제 및 이들 물질의 안전보건자료들에 대한 지식은 꼭 필요하고 중요한 주제라고 할 수 있다.

1-1-1. 목재보존제의 종류와 선정

목재보존제는 광의의 의미로 미생물이나 해충과 같은 생물적 열화인자와 화재, 기상여건 등의 비생물적 인자로부터 보호하기 위해 사용되는 모든 화학물질을 일컬을 수 있으나, 실제 산업현장에서의 약제처리는 미생물이나 해충과 같은 생물적 열화 인자에 의해 목재가 고유의 성능을 잃게 되는 현상으로부터 목재를 보호하기 위하여 가압식 방법에 적용되는 방부방충제를 지칭하는 경우가 많다. 여기서는 일반적으로 목재보존처리산업체에서 현재 사용되는 목재방부방충을 목적으로 하는 목재보존제를 중심으로 소개한다. 산업체에서 목재보존제를 목재에 처리하는 데는 액상 또는 가스상으로 처리할 수 있는데 대부분의 경우에는 액상을 사용하는 것이 대부분이다. 액상의 처리용액은 방부방충효력을 가지는 유 효성분과 그 들 유효성분을 용해하는 용매로 구성되어 있다고 할 수 있다. 이때 사용되는 용매의 종류는 목재보존제의 유효성분 특성에 따라 다양하게 이용될 수 있다. 목재보존제의 종류는 사용되는 용매나 용해되는 특성에 따라 [그림 <사용되는 용매에 의한 목재보존제의 분류>]과 같이 분류될 수 있다. 그리고 현재 국내 방부목재 품질고시(국립산림과학원 고시 제2015-2호)에 제시된 목재 보존제의 종류를 <표 <국내 방부목재 품질기준에 제시된 목재보존제의 종류>>에 제시한다.



<사용되는 용매에 의한 목재보존제의 분류>

가. 수용성 보존제

수용성 보존제는 물에 용해해서 사용하는 약제를 말한다. 전 세계적으로 가압용 용매로 가장 많이 사용되는 형태의 목재보존제이다. 수용성약제는 용매가 저렴하여 비용이 낮은 장점이 있어 산업적으로 많이 도입되고 있다. 그러나 유효성분이 물에 잘 용해되는 특성으로 인하여 처리 후에 야외에서 사용하거나 물 접축 등이 빈번한 경우에는 목재보존제의 유효성분이 용탈되는 단점이 있어서 이에 대한 보완이 필요한 약제이다. 보존처리를 하고 실제 사용되는 방부목재에서 빗물 등에 의해 유효성분이 용탈되는 경우, 목적으로 하는 방균방충효력이 저하하는 결점 외에도 토양이나 수질오염의 우려가 있어 환경적으로도 문제를 야기할 수 있음으로 약제 선택 및 사용에 주의를 기울여야 한다. <표 1-1>에 제시된 목재보존제 중 ACQ, CCFZ, ACC, CCB, CUAZ 및 CuHDO가 수용성약제에 속한다. 주요 수용성 약제는 다음과 같다.

○ 구리・알킬암모늄화합물계 보존제(ACQ)

ACQ는 탄산구리 등의 구리 화합물에 암모니아 등을 이용하여 생성된 착화합물에 제4급암모늄염(AAC)이 첨가된 혼합 수용성 약제이다. 구리 단독으로는 구리내성균에 대하여 충분한 성능을 발휘하지 못하기 때문에 그를 보완하기 위해 AAC를 첨가한 약제이다. AAC로서 디데실디메칠암모늄크로라이드(DDAC) 또는 BKC(N-알킬벤 질디메칠암모늄크로라이드(BKC)를 사용한다. 원액은 자극성암모니아 냄새가 나고, 짙은 청색을 띄는 액체이다. 작업약액은 약간 암모니아 냄새가 나는 정도의 청색 액체이다.

○ 구리・아졸계목재보존제(CuAZ)

CuAZ는 ACQ와 유사하게 구리화합물을 아민류 등으로 착화합물을 만들고 거기에 아졸계 화합물을 물에 가용화시킨 혼합제재이다. 구리내성균에 대한 대안으로 아졸계 화합물을 도입한 형태이며 아졸계화합물로서는 시프로코나졸이 사용되고 있다. 본 약제도 짙은 청색을 띄는 액상 보존제이다.

○ 구리.사이크로핵실다이아제니움디옥시-음이온화합물(CuHDO)

CuHDO는 구리화합물에 붕소화합물과 N-사이크로핵실다이아제니움디옥시-음이온 화합물(HDO)을 일정비율로 혼합하여 에탄놀아민 수용액에 용해한 목재보존제이다. 해충에 대한 효과를 증진시키기 위해 붕소화합물이 첨가되었고, 구리내성균에 대해 붕소화합물과 HDO를 도입한 형태의 약제로 유럽에서 지접부 등의 용도에 많이 사용되는 보존제이다.

○ 유용성약제

유용성 보존제는 등유 및 유기용제를 용매로 용해하여 사용하는 목재보존제를 칭한다. 이 경우에는 수용성에 비해 용매의 가격이 높아 고비용으로 가압용의 대량 사용이 어려움이 있는 형태이다. 그러나 유용성의 경우에는 야외에 사용하더라도 빗물이나 누수 등 물에 의해 용탈되는 성질이 없어서 방부목재에 유효성분이 잘 잔류하는 장점을 가진다. 용매가격으로 인한 고비용으로 산업적으로 사용이 어려움으로 이들 약제를 유화 제로 유화하여 물로 희석해서 사용하는 유화성 목재보존제가 있다. 미국에서 아메리칸 서던파인 등에 잘 사용되는 마이크로나이즈드 구리・알킬암모늄화합물(MCQ)나, 나프텐 산동이나 나프텐산아연과 같은 약제의 경우에 유제로 전환하여 대량 가압용으로 사용되는 경우가 많다. <표 2-1>에 제시된 목재보존제 중 Tebuconazole・ Propiconazole・IPBC, NCU-O, 및 NZN-O가 유용성약제에 속하며, NCU-W, NZN-W 및 MCQ 등은 유효성분은 유용성이나 물에 분사시켜서 사용하는 유제형태로 사용하는 대표적인 약제 들이다.

○ 유화성약제

유화성 약제는 수용액 중에 무기물 또는 유성의 물질을 초미립자 상태로 분산하여 처리하는 약제의 형태이다. 대표적인 약제로 미국에서 많이 사용되는 MCQ를 들수 있다. MCQ는 마이크로나이즈드 구리 화합물을 수용액 중에 초미립자 상태로 분산된 상태에서 N-N-다알킬N-N디메칠벤질 알킬 암니움 카보네이트를 혼합하여 사용하는 유화성 보존제이다. 수용성 구리의 용탈성을 개선하기 위해 제조된 미립자 분산형 유제이다. MCQ의 경우, 처리용액 중 유효성분의 침전되지 않도록 교반 등 주의가 요구된다.

○ 유상약제

유상약제는 유효성분 자체가 유상(Oil-type)인 목재보존제를 말하며 <표 1-1>에 제시된 목재보존제 중 크레오소트(A)가 이에 속한다. 크레오소트는 제철용 코크스를 생산하기 위해 석탄을 고온 탄화(무산소 조건, 900~1,175℃)하는 과정에서 부산물로 얻어지는 콜 타르를 분별 건류하여 생산되는 물질이다. 여기에는 10,000여종 이상의 성분으로 구성 되어 매우 복한 화학물질로 구성되어 있다. 주로 다환 방향족 탄화수소가 90%이상이고 나머지는 페놀, 크레졸, 자이레놀, 타르산, 피리딘, 퀴노린, 아크리인 등의 성분을 포함한다. 크레오소트의 방균방충효력이 매우 탁월하여 목전주 및 철도침목에 오랜 기간 사용된 약제이다. 그러나 약제성분상 환경오염의 우려가 있다고 하여 국내에서는 현재는 사용이 금지되어 있

는 약제이긴 하나 아직도 산업용으로 사용되는 국가들이 있다.

○ 훈증제

훈증약제는 가스상으로 사용되는 약제를 말하나 분말 또는 정제형, 액상 등의 약제를 가스화하여 사용하는 약제를 말한다. 실제로 가압용 보존처리보다는 목제품의 방역 및 사용중인 목재에 해충 등의 피해를 받은 경우 일시적인 구제처리(remedial treatment)로 사용되는 약제형태이다. vapam, chloropicrin, 취화메칠, 불화설프릴, 등이 이에 속한다

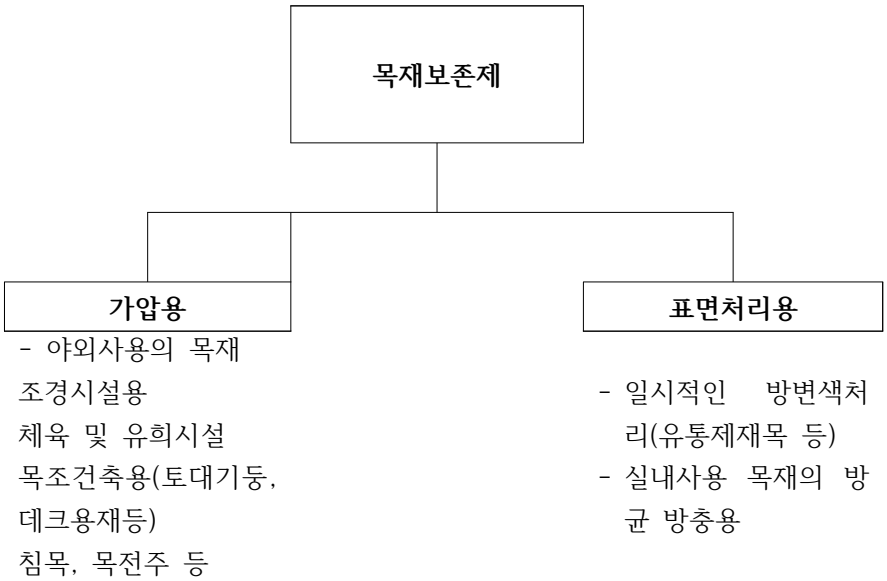
<국내 방부목재 품질기준에 제시된 목재보존제의 종류>

목재보존제	
화합물 명칭	기호
구리・알킬암모늄화합물	ACQ-1
	ACQ-2
크롬.플루오르화구리.아연화합물	CCFZ
산화크롬.구리화합물	ACC
크롬.구리.붕소화합물	CCB
나프텐산구리(Cu로서,)	NCU-O*
	NCU-W*
나프텐산아연(Zn으로서)	NZN-O*
	NZN-O*
구리.아졸화합물	CUAZ-1
	CUAZ-2
	CUAZ-3
구리.사이크로핵실다이아제니움디옥시-음이온화합물	CuHDO-1
	CuHDO-2
	CuHDO-3
테부코나졸.프로피코나졸.3-요오드-2-프로페닐부틸카바메이트	tebuconazole propiconazole, IPBC
마이크로나이즈드 구리・알킬암모늄화합물	MCQ
Creosote	A
* NCU-O 및 NZN-O 는 유용성, NCU-W 및 NZN-W는 유화성 약제를 나타냄	

또한 목재보존제는 처리방법에 따라 [그림 <용도에 의한 목재보존제의 분류>]와 같이 분류할 수 있다.

가압용으로 사용되는 목재보존제는 대량으로 보존처리 산업체에서 사용되며 표면처리용은

순간침지나 도포 등의 방법으로 표면에만 처리하는 약제들이다. 유효성분이 가압용과 표면처리용이 동일한 경우도 있지만 서로 다른 경우도 많다. 가압용의 경우에는 야외에 사용되는 목재에 강력한 방부방충효력을 부여하기 위한 방법으로 사용되고, 표면처리용의 경우에는 유통제재목의 방균처리 또는 H1 또는 H2 용도의 방부방충처리가 목적일 경우에 적용된다.



<용도에 의한 목재보존제의 분류>

1-1-2. 목재보존처리와 관련된 안전성 문제

목재보존제는 주로 목재에 가해하는 균류 및 해충류의 피해로부터 목재를 보호하기 위하는 약제이어서 방균 방충의 목적으로 사용되기는 하나 현재 국내 산업체에서 사용되는 ACQ나 CuAz등은 국내 "유해화학물질관리법"상 일반물질로 분류되어 사용 및 취급에 위험성이 없는 것으로 되어 있다. 이 같은 목재보존제는 유기화합물, 무기화합물, 천연물 등 다양한 물질이 사용될 수 있는데 이들 물질은 농도가 높거나 노출빈도가 높을 때는 인체나 환경에 대해 어떤 방식으로든 영향이 있을 수 있기 때문에 약제 취급에 충분한 배려와 주의가 요구된다. 일단 목재보존처리에 앞서 사용하고자 하는 목재보존제에 관한 MSDS(물질안전보건자료)를 확인하고 그에 적합한 취급을 해야 한다.

1-2. 보존처리용 약액 관리

목재 보존 산업체에서 대량으로 가압처리공법에 의해 보존처리를 실시하는 경우, 보존처리 탱크에 투입될 약액의 보관, 조제, 농도관리 및 처리 후 회수된 약액의 재사용 기술은 약액관리에서 매우 중요하다고 할 수 있다. 또한 생산 현장에서 약액관리와 관련된 기기, 설비 및 운용과 관련된 내용에 대해서도 미리 파악하여 보존 처리 및 약액 관리가 효율적으로 이루어지도록 해야 한다. 특히 정해진 농도로 희석된 작업 약액을 반복해서 회수하여 사용하는 경우,

약액의 농도 변화, 각 조성분의 조성비 변화, 침전물 발생 등 작업 약액의 안정성을 매 처리 전 확인하고 이에 대한 보정 조치가 반드시 이루어져야 한다. 약액 준비과정에서 목재보존제 원액의 교반, 재사용 회수 약액의 농도 측정 및 보정 등 약액관리는 처리 후 방부목재의 품질 관리에 크게 영향함으로 매뉴얼에 따라 정확하게 수행해야 할 작업이라 할 수 있다.

1-2-1. 목재보존제의 작업약액 조제 및 관리

○ 작업 약액의 조제 관리

- 보존처리할 시행할 목재의 사용 환경범주의 범위에 적합한 흡수량을 사전에 조사하고, 그에 적합한 흡수량을 얻을 수 있도록 농도를 조절해야 한다. 이때 목재보존제원 액([그림 1-12])의 농도와 처리 대상목재의 침윤도에 대한 예비 데이터를 가지고 단위 용적 당 약액 침투량을 계산하여 작업 약액 농도를 도출한다. 만일 대상목재의 침윤도에 대한 예비 데이터가 없을 경우, 처리 전 사전 예비시험을 통해 보존 처리 대상목재의 단위용적 당 약액 주입량을 측정하여 정확한 목표 처리약액의 농도를 알아내야 한다. 작업 약액량은 항상 주약관에서 목재에 주입할 정도의 수준으로 준비해서 저장탱크에서 보관해야 한다.
- 작업약액 중 함유 성분들의 침전 방지 및 조성 비율을 유지하기 위해서는 여름철 옥외저장탱크 및 작업 탱크에 있는 약액의 온도 상승을 최소화하기 위한 조치가 되어 있는지 확인한다.



<보존 처리용 약액>

○ 유효성분의 농도 관리 및 측정 방법

- 주약관에 보존제 약액을 투입하기 전과 주입 후 회수된 약액의 유효성분의 농도 관리는 방부목재의 품질에 직접적으로 영향한다. 따라서 작업약액의 약제성분의 농도 측정은 매 탱크마다 이루어져야 하는 것이 원칙이다. 처리 후 회수된 약액의 경우에도 농도와 성분비를 확인하고 부족한 성분은 반드시 목표 농도에 적정하도록 보정 해야 한다. 회수 약액

의 농도 관리는 회수액이 발생할 때마다 실시해야하는 것이 원칙이나 편이 상 반복적인 농도변화에 대한 데이터가 있는 경우, 주기적으로 농도 변화를 측정하여 처리 후 방부목재의 흡수량 기준에 미달되는 일이 없도록 주의 깊게 약액관리를 해야 한다.

- 목재보존제 작업 약액의 농도 및 재사용 전 약액(회수약액)의 농도를 확인하는 방법은 국립산림과학원 고시 2006-04호에 제시된 “방부·방충처리목재의 침윤도 및 흡수량 측정방법”에 준한다.

1-2-2. 목재보존의 보관상 주의 사항

약제의 보관은 다음의 사항을 지킬 것이 요구된다. 또한 사용하는 보존제가 “화학물질의 등록 및 평가 등에 관한 법률(법률 제11789호, 2015.1.1. 시행)에서 정하는 규정에 따라야 한다.

○ 보존제의 전용 창고 또는 지정된 장소에 보관하는 것이 바람직하다.
○ 보관 창고는 고온이나 직사광선으로부터 보호되는 서늘하고 빛이 들지 않는 곳이 좋다.
○ 보존제는 유해성 분류에 따라 구분하여 분리된 보관창고를 사용하는 것이 좋다.
○ 보관창고는 약제의 비산, 누출, 지하에 침투되는 등을 막을 수 있어야 하고 그렇게 관리하는 것이 좋다.
○ 보존제 누출 사고가 발생한 경우에는 모래, 헝겊, 톱밥, 기름흡수재료 등 흡수성이 좋은 재료를 흡착시켜서 오염범위를 넓지 않도록 저지하여 회수하는 것이 좋다. 누출된 보존제가 물이 있는 곳으로 유입된 경우에는 즉각 경찰서 또는 보건소에 신고해야 한다. 만일 유제나 유상의 인화성 약제가 누출한 경우에는 화재 유발 등의 우려가 있음으로 화기 엄금의 표시를 하고 화재를 방지하는 조치를 취해야 한다.

1-3. 보존처리

목재에 가압처리공정에 의한 보존처리는 앞서 준비된 목재 및 작업 약액을 주약관에 투입 하여 진공펌프 및 가압펌프 등을 이용하여 주입 처리하는 공정이다. 목재의 보존처리는 우선적으로 수종, 건조 상태, 형상, 치수 등이 확인되어 준비된 목재와 적정농도로 조정된 작업 약액이 준비된 상태에서 출발한다. 실제 보존처리는 주약관에서 이루어지게 되며 이때 전배기, 가압, 후배기 등 처리조건이 적절하게 적용되어야 한다. 적정 처리 조건이라는 것은 처리 대상 목재의 수종, 처리성 등이 고려된 조건을 의미한다. 대상목재에 적정농도의 약액과 적정 처리 조건이 적용되어야 보존 처리 후 고품질의 방부목재 생산이 가능하다고 할 수 있다. 방부목재의 품질기준의 주요항목인 약액의 침윤도 및 흡수량 측정 및 계산은 보존처리공정에 매우 중요하다. 또한 보존 처리 후의 양생과 건조 과정은 보존제 약제의 유효성분이 목재 내에서 강고하게 정착하도록 유도하는 과정이어서 방부목재의 품질 관리상 중요한 공정이라 할 수 있다.

1-3-1. 보존처리시설

목재보존제 중 유해화학물질관리법 제2조의 규정에 의한 유독물에 해당하는 방부제의 관리는 동법의 관리규정에 따라 관리할 것을 규정하고 있다. 목재보존제 중 보통물질에 해당하는 경우에는 특별히 동법에 규제되지는 않으나 보존제는 모두 화학물질임으로 보관이나 약액관리 등에 매우 주의가 필요하다. 특히 유성 또는 유용성 목재방부제는 인화의 위험이 있으므로 소방시설 유지 및 안전관리에 관한 법률, 위험물 안전관리법의 규정에 정한 소방시설을 갖추어야 한다. 보존제를 취급하는 주요 시설, 즉, 주약관, 저장탱크, 계량탱크, 용 해탱크, 회수탱크 등이 놓여진 작업장은 타위치에 비해 고농도 오염구역이라 할 수 있음으로 목재 및 양생완료 목재의 취급 장소와 같은 비오염구역과 구분하여 관리하도록 하고 사용 기기나 작업 도구 등도 구분하여 오염되지 않도록 한다. 특히 작업장의 바닥은 폐액이 지하로 스며들지 않도록 방수콘크리트 또는 합성수지로 포장하고 배수가 용이하도록 하는데 주의를 기울여야 한다. 작업 약액과 관련된 주요 설비 상세는 다음과 같다.

가. 가압용 보존처리 장치 및 탱크류 (가) 주약관

가압보존처리공장에서 주약관은 [그림 <가압용 보존처리 장치(주약관)>]에서 볼 수 있는 바와 같이, 목재와 약액을 넣고 가압처리를 수행하는 원통형의 처리장치를 의미한다. 산업적으로 이용되는 주약관의 직경과 길이는 약 6~50m정도가 일반적이다. 주약관의 문은 주로 볼트/ 너트 방식에 의해 개폐되고,최근에는 유압으로 용이한 개폐가 가능하다. 감압은 게이지압력 500mmHg(-66.7kPa)이상, 가압은 10kg/㎠(980.7kPa)이상에 견딜 수 있는 것으로서, 자기기록진공계, 자기기록압력계 및 안전콕크를 갖추어야 한다.



<가압용 보존처리 장치(주약관)>

나. 저장탱크

저장탱크는 [그림 1-14]에 나타낸 바와 같이, 주약관 용량에 대하여 100%이상의 용량을 가진 것이어야 한다.

다. 계량탱크

계량 탱크는 1회 주입량 이상의 약액용량을 갖고 있어야 하며, 압입량의 계량이 가능한 것이어야 한다. 다만, 계량기가 설치된 탱크는 그러하지 아니하다.

라. 혼합탱크

혼합탱크는 약제의 농도 등을 조정하거나 혼합하는 혼합탱크를 말하며 중앙부에 교반기가 설치되어 있어야 한다.

마. 작업(회수)탱크

작업(회수)탱크는 보존처리에 사용되고 남은 잔여 약액을 회수하는 탱크로서 그 다음 처리에 사용될 작업 약액으로 재사용 할 수 있도록 침전물 확인, 약액의 농도 측정, 조성비 변화 등을 확인할 수 있어야 한다. 처리 시 주약관에 유입될 약제를 임시저장하고 처리 후 잔여약제를 회수하는 역할의 설비이다.

마. 펌프류

펌프류는 주약관 내의 압력을 조정하는데 사용하는 진공펌프와 가압펌프, 약액유입/회수 등에 사용되는 송액펌프 등이 있다.

바. 측정장치

가압보존처리공장에는 보존처리 시 진공 또는 가압의 수준을 측정하는 진공/압력 측정 용계기, 탱크 내에 약제 용량을 측정하는 측정 장치, 온도계, 처리과정의 압력 등을 연속 기록하는 기록계, 약제의 농도를 측정하는 농도측정기 등 다양한 측정 장치가 사용될 수 있다.

사. 옥내외 작업장 시설

방부목재 및 보존제 보관 장소, 통로, 운반로, 주차장 및 제품의 상차장 등에서 발생하는 폐액 관리는 수질환경보전법 및 폐기물관리법의 관계규정에 따라야 한다.

아. 기타 시설

가압보존제로 인한 유해 분진, 증기, 냄새 등을 배출하는데 적절한 배기시설, 작업장의 조명과 환기 장치, 항상 손을 씻을 수 있는 세면대 등이 이에 속한다.



<약액 저장 탱크>

1-3-2. 대상목재에 따른 처리 방법

가. 대상목재 약제처리성 확인

EN 350-2의 Table2~4에 제시된 분류에 따라 약제처리성이 1~3등급으로 분류되었거나, 4등급이라도 인사이징을 통해 처리성이 개선될 수 있는 수종으로 분류된 목재만을 주약관에 투입하여 가압처리를 실시한다.

나. 보존처리 방법의 선택 기준

보존처리 방법의 선택은 아래와 같은 여건을 감안하여 결정할 수 있다.

- ○ 대상목재의 형태 (나) 희망 내구연한
- ○ 처리 후 사용 환경 선택과 용도 (라) 사용 약제
- ○ 약제처리현장의 조건(현장처리 또는 공장처리)
- ○ 보존처리 후 가공 여부 및 가공의 종류

다. 일반적인 목재 보존처리방법의 종류

- ○ 상압법

상압처리법은 가압처리법에 비해 약제의 목재 내 침투가 깊지 않을 뿐 아니라 약제 보유량도 낮기 때문에 생물학적 열화위험이 낮은 사용환경에 사용될 목재 처리에 주로 이용된다. 상압처리법에 의한 처리효과는 수종, 함수율, 처리방법, 처리약 제 등에 따라 상이하다.

- 침지법 : 침지법은 건조재를 약제 탱크에 완전히 침지시켜 목재 내 침투를 달성 한다. 도포법이나 분무법에 비해 약제 처리도는 어느 정도 개선되지만 처리목재를 생물열화 위험이 큰 사용 환경에서는 사용 할 수 없다, 약제의 침투깊이와 보유량은 침지시간,

수종과 함수율, 약제의 종류 등에 따라 상이하다.

- 확산법 : 확산법은 처리 자체가 간편하면서도 가압법에 버금가는 약재의 침투깊이와 흡수량을 달성할 수 있다는 장점 외에도 생재를 건조하지 않고 직접 처리 할 수 있으며, 난주입 수종에도 양호한 처리가 가능하다는 점 때문에 상압처리 방법 중 널리 이용되는 방법이다. 단점으로는 확산 소요시간이 길어 전체적으로 처리기간이 긴 문제가 있다.

○ 표면처리법

표면처리법은 도포법, 분무법, 순간침지법과 같이 표면에만 처리하는 방법이다. 표면처리법에 의한 처리는 약제의 침투가 깊지 않고 약제 보유량이 낮아서 처리목재 의 사용은 땅과 직접적으로 접촉하지 않는 곳으로 국한된다. 이 방법은 표면오염균, 변재변색균, 부후균의 가해로부터 일시적으로 보호할 목적으로도 많이 사용된다.

- 도포법 : 약제처리 기술 중 가장 쉽고 단순한 방법으로 주로 자가용으로 사용할 소량의 목재처리에 많이 이용되며, 목구조물 내에 이미 설치된 목재에 대한 약제 처리가 필요할 때에도 이용된다. 또한 가압처리 목재의 치수조정을 위한 절단이나 천공에 의해 새로이 노출되는 미처리 부위 처리에도 이용된다. 적절한 결과를 얻기 위해서는 처리 전에 반드시 건조되어야 하며, 수회 반복 도포하는 것이 중요하다.
- 분무법 : 약제의 적용방법을 제외하고는 도포법과 거의 비슷한 처리방법이나 할렬 부위를 통한 비교적 깊은 침투가 가능하다. 또한 도포법을 사용하기가 용이치 못한 좁은 공간에서 작업이 가능한 장점이 있다. 그러나 분무 시 약제가 주변으로 분산되면서 약제손실이 클 뿐만 아니라 처리장소 주변의 환경오염문제가 수반되는 단점이 있다.
- 순간침지법 : 순간침지법은 건조재를 약제 탱크에 단시간 침지시켜 표면 처리하는 방법이다.

○ 가압처리법

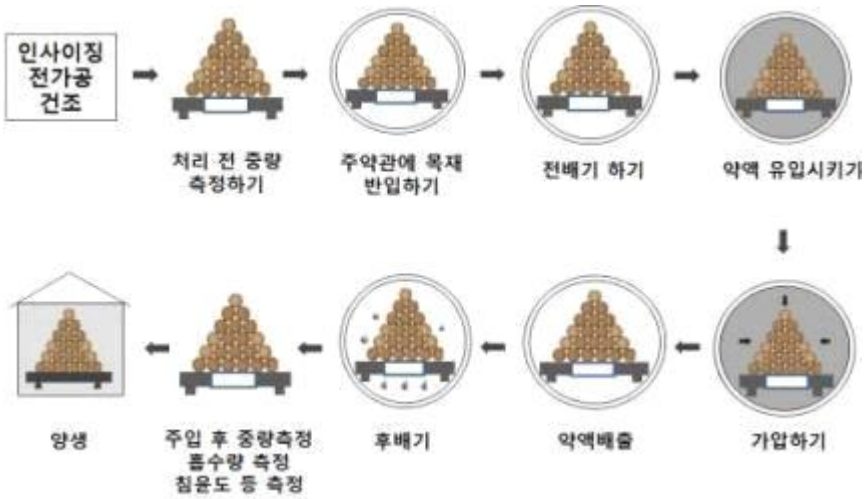
가압처리법은 [그림 <가압처리공정>]에 나타낸 공정에 따라 보존제를 처리하는 방법이다. [그림 <가압처리를 위해 주약관 내로 입고되는 목재>]에 나타낸 바와 같이, 목재를 철제 주약관에 넣어 밀폐한 후 주약관 내로 약제를 충만하게 유입시킨 상태에서 가압펌프에 의해 인공적인 가압을 실시하여 약제를 목재 깊숙이 침투시키는 방법이다.

가압처리법의 장점은 다음과 같다.

- 목재내로 깊고 균일한 약제의 침투
- 높은 약제 보유량 달성 및 보유량의 조절 가능
- 처리목재의 대량 생산에 적합
- 약제 처리시간의 단축

증기건조를 채택 할 경우에는 주약관 내에서 처리용 목재의 전건조가 가능하다. 가압처리법은 크게 두 가지, 즉 충세포법(full-cell process, [그림 <충세포법에 의한 처리공정>] 참

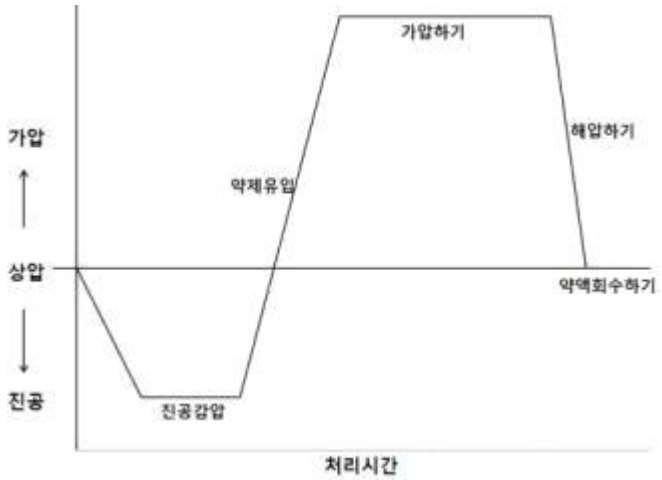
조)과 공세 포법(empty-cell process, [그림 <공세포법에 의한 처리공정> 참조)으로 구분할 수 있다. 전자는 처리후 약 제가 충만하게 주입되기 때문에 충세포법이라 하고, 후자는 약제가 처리 초기에 거의 충만하게 주입되지만 가압 후 해압과정과 처리공정 중 마지막에 적용되는 후배기에 의해 상당량의 약제가 회수되면서 세포내강이 약제로 충만 되지 않기 때문에 공세포법이라고 한다. 일반적으로 충세포법은 수용성 약제처리에 사용되며, 공세포 법은 크레오소트유나 유용성 약제처리에 이용된다. 약액이 회수된 후([그림 <주약관에서 약액이 회수된 후 주약관의 목재>]), 주약관 내의 목재를 반출하여 양생과 건조과정으로 옮겨지게 된다.



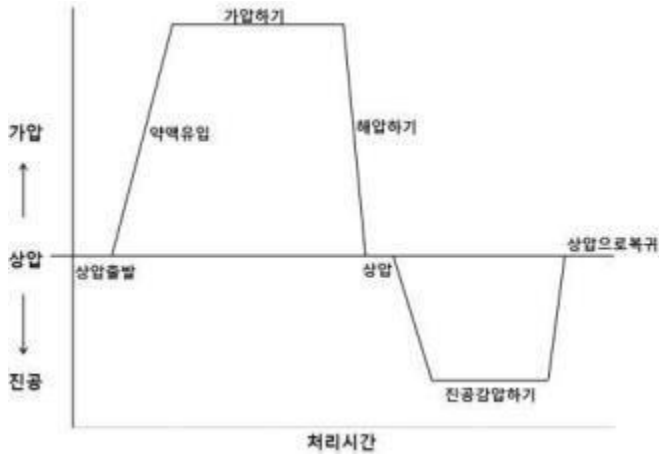
<가압처리공정>



<가압처리를 위해 주약관 내로 입고되는 목재>



<충세포법에 의한 처리공정>



<공세포법에 의한 처리공정>



<주약관에서 약액이 회수된 후 주약관의 목재>

1-3-3. 보존처리 후 양생 및 건조

가. 양생

목재 보존 처리에 있어 양생이라 함은 보존제의 유효성분들이 목재 내에 주입된 후 목재성분과 잘 반응하여 물에 용탈되지 않는 복합체 또는 착화합물이 형성되는 과정이라고 말할 수 있다. 따라서 잘 양생된 방부목재에서는 약제 유효성분이 물에 잘 용탈되지 않는 성질을 가지게 된다. 이미 사용이 금지된 CCA(크롬동비소계약제) 의 경우에는 처리 후 약액이 목재 중에서 pH 변화에 따라 구리와 비소, 크롬의 착화합물이 형성되는 약 3주~5주 정도 소요되는 것으로 알려져 있었다. 국립산림과학 원에서 실시한 “품질인증 제품검사의 방부제 용탈 시험 추가 타당성 조사” 보고 서(2007)에 의하면 구리기반의 각종 보존제의 경우, 50℃에서 증기를 부여하면서 촉진양생 처리했을 때, 단 15분정도의 양생만으로도 용탈량의 약 1/4~1/8정도를 감소 시킬 수 있다는 보고를 소개하고 있다. 따라서 CCA 와 같은 착반응형 무기보존제를 제외한 최근의 구리기반보존제의 정착에는 처리 직후, 열과 수분의 영향이 크므로 이를 이용한 증기 양생이 유용한 기술로 이용될 수 있다고 할 수 있겠다. 지붕이 있는 양생시설의 예를 [그림 <지붕이 있는 양생시설>]에 나타내었다.



<지붕이 있는 양생시설>

나. 건조

목재보존제 처리 시 목재내로 다량의 물이 주입되는 수용성 약제 처리목재는 물에 접촉되거나 해수용 목재를 제외하고는 사용 전에 반드시 건조시켜야 한다. 처리 후 건조의 주목적은 처리목재의 함수율을 최종 사용 장소의 평형함수율 범위로 낮추어서 사용 중 목재의 치수안정을 꾀하기 위함이다. 보존처리 후 방부 목재 함수율은 인공열기건조를 활용한 것으로 특별히 지접부 이외의 용도에서는 목재함수율 19% 미만으로 건조하여 방부목재의 품질기준 요건을 만족시켜야 한다.

1-3-4. 보존약제의 침윤도 및 흡수량 측정

처리공장에서 방부목재의 품질기준 중 가장 중요한 요소가 보존제의 침윤도 및 흡수량이 다. 기본적으로 보존 처리되는 목재의 최종 용도와 사용 환경구분에 따라 침윤도와 흡수량의 기준이 달라진다. 방부목재의 침윤도 및 흡수량 기준은 목재 및 보존제의 종류에 따라 국립산림과학원 고시 “목재제품의 규격과 품질기준(제2017-9호)”의 부속서 2(본 교재의 부록 참조), 표1 및 표2에 제시되어 있다. 보존 약제의 침윤도는 보존제의 목재 내 침투정도를 나타내는 것으로 시험편 단면적에 대한 구리로 인한 정색면적의 비율을 말한다. 즉, 보존처리과정에 보존제가 목재에 얼마나 침투되었는가를 나타내는 척도라고 말할 수 있다.

보존처리가 완료되면 주약관에서 처리된 방부목재를 대상으로 시료를 취해서 보존제의 침투깊이와 유효성분의 흡수량을 측정해야 한다. 방부목재의 약액의 침투깊이, 즉, 침윤도가 충분하지 못하면 흡수량이 낮아서 목재의 내부가 썩거나 벌레 먹는 현상이 일어난다. 목재의 사용 중에 발생하는 할렬 깊이보다 더 깊숙한 곳까지 약액이 침투해야 충분한 흡수량을 기대할 수 있고, 이러한 현상을 막아 줄 수 있다. 보존제의 침윤도를 나타내는 방부 목재 단면을 [그림 1-21]에 나타낸다. 약제의 침윤도 및 흡수량 측정방법은 다음 항에 이어지는 “수행내용”에서 다룬다.



<변재부위 전면에 보존 약제가 잘 침투된 방부목재의 단면>

1-3-5. 보존처리와 관련된 환경오염방지 및 안전관리

가. 환경오염방지

처리공장에서 누출되는 보존제와 처리공정 중 발생하는 폐수와 침전물을 적절하게 관리하지 않을 경우 토양, 수질, 대기의 심각한 오염을 야기할 수 있다. 환경위해성을 최소화하기 위해서는 보존제의 누출을 철저하게 예방하여야 하고, 일단 누출된 보존제와 폐수는 처리공장 주

변의 환경에 악영향을 미치지 않도록 안전하게 처리되어야 한다. 누출된 보존제에 의한 환경 오염정도는 지표수 및 지하수 위치와 관련된 처리공장의 위치, 누출된 보존제의 양, 누출의 빈도 등에 따라 차이가 있다. 따라서 새로운 보존처리 공장의 신설뿐만 아니라 기존 공장의 시설 개조 시에 올바른 공장 설계 및 시 설의 운용과 철저한 자체 환경관리를 통해 환경에 대한 가능한 위해성을 최소화 할 수 있다.

나. 안전관리

보존제의 독성물질은 호흡을 통한 흡입, 입을 통한 섭취, 피와 눈 접촉에 의해 체내로 침투된다. 처리공장에서 발생하는 흡입대상 물질은 유용성 보존제의 캐리어인 유기용제, 크레오소트로부터 방출되는 독성 증기, 분말상 보존제를 이용하여 작업액 제조 시 발생하는 미세먼지, 수용성 보존제를 이용한 가압처리 후 주약관 문을 열 때 발생하는 연무 등이다. 이는 표면적이 약 70~80mp로 매우 넓은 허파 내로 흡입된 독성물질이 신속하게 혈관에 도달하기 때문이다. 따라서 처리공장 종사자들의 건강위해성 때문에 대기 독성물질의 작업현장 노출한계에 대한 자료가 보존제의 MSDS자료가 반드시 포함 되어야한다. 작업 중 음식물 섭취 및 담배를 피우는 등의 경우에도 독성물질이 입을 통하여 섭취될 수 있다. 따라서 작업위생에 대한 교육이 철저히 실시되어야 한다. 보존제의 하역작업 처리용 작업액의 제조, 주약관의 청소 등을 통해 액상 보존제가 처리 공장 종사자의 피부나 눈에 접촉 할 수 있는데, 특히 피부접촉에 의한 독성물질의 체 내흡수는 매우 위험하다. 피부접촉에 의한 독성물질의 체내 흡수는 매우 천천히 발생 할 뿐만 아니라 설사 흡수된다하더라도 바로 증상이 나타나지 않기 때문에 무시하는 경우가 있지만 지속적인 피부접촉으로 인한 누적효과가 나타나기 때문에 조심하여야 한다. 독성물질의 흡입, 섭취, 접촉은 안전수칙 준수에 의해 충분히 예방 할 수 있으므로 안전수칙과 작업위생을 철저히 지켜야한다.

2. 안전 유의사항

2-1. 사용될 목재보존제의 MSDS자료를 확인하여 인체 및 환경에 대한 안전 관리 계획 수립 .

2-2. 목재보존제 취급의 안전관리지침을 파악하여 화학물질에 의한 사고를 방지.

2-3. 보존제 약액에 의한 중독 증상이 나타난 경우에는 바로 지체 없이 의사를 부른다. 의사가 오기 전에 약액을 씻어내고 환자를 조용히 눕혀 안정시키는 등의 응급조치를 시행.

2-4. 소방안전관리 지침을 잘 파악하여 화재발생을 예방.

2-5. 작업복, 작업모, 보호안경, 보호마스크, 작업신발, 고무장갑, 보호크림 등의 안전장비를 철저히 갖추어 화학약품 및 작업상 위험요소에 대비.

Ⅶ. 목질재료 도장가공

1. 목질소재 전처리

1-1. 표면연마가공처리 목재의 특성

목재를 가구용이나 다양한 용도로 사용할 경우 대부분의 경우는 목재를 횡단면으로 사용하기 보다는 접선단면이나 방사단면으로 사용하는 경우가 대부분이다. 이러한 경우, 접 선・방사단면상에서의 목재표면의 마감을 한 후 다양한 표면재와 처리방법에 의하여 마무리하게 된다. 균일한 표면연마처리를 위해서는 목재의 초기두께를 정확히 측정하여 2차적인 표면가공처리를 순조롭게 할 필요가 있다.

1-1-1. 목재의 3단면

목재의 3단면은 횡단면, 접선단면, 방사단면으로 구분되어진다. 이러한 목재의 3가지 단면 구분은 목재의 이용에 있어 매우 중요하며, 특히, 목재의 표면을 연마하여 사용하기 위해서는 각 단면의 구분이 반드시 되어야 한다. 이러한 목재의 3단면은 재단방향에 따라 각 기성질이 다른 절단면이 나타난다.

가. 횡단면(목구면; cross or transverse surface)은 목리에 직각이 되도록 잘라낸 단면을 말한다.

나. 방사단면(정목면, 경단면;radial surface)은 중심부의 수(pith)를 통과하여 방사방향으로 절단한 면을 말한다.

다. 접선단면(판목면, 촉단면; tangential surface)은 연륜에 접선이 되도록 절단한 면을 단면을 말한다

.

1-1-1. 목재의 특징

목재는 나무갗(Wood Texture)과 목리(Wood grain), 문양(Wood figure)을 가지고 있어 각각의 수종별, 재단단면별로 그 특성이 다르다.

가. 나무갗 : 목재를 구성하는 세포의 성질, 크기, 분포상태 등의 차이에 따라 생기는 재면의 상태로서 세포가 큰 경우는 거친 나무갗을 갖으며, 세포가 작은 나무는 고운나무갗을 갖는다. 또한 목재를 구성하는 세포의 대소차이가 큰 목재를 불균질나 무갗이라 하고 차이가 작은 목재를 균질나무갗이라고 한다. 소나무, 곰솔, 잎갈나무, 참나무류 등은 거친갗을 갖으며, 은행나무, 주목, 비자나무, 단풍나무 등은 고운나 무갗을 갖는다.

나. 목리 : 나무결이라고 하며, 재면에 나타난 생장륜이나 구성세포의 배열상태로서 목재의 축방향요소의 배열상태에 따라 나타난다. 길이방향과 평행하게 배열한 통직목리와 평행하지 않은 선회목리, 교착, 파상, 권모목리 등으로 구분된다.

다. 문양 : 목리, 목재의 재색 및 세포배열 등이 재면에 무늬를 나타내는 것으로서 공예 적인 판단을 할 때 문양의 좋고 나쁨을 구분한다.

이러한 목재의 수종 및 재단단면의 특징이외에도 목재가 성장하는 시기에 따라 생성되는 조재 및 만재에 따라 횡단면상에서 그 차이를 나타내며, 목재의 중심으로부터 가까운 부 위인 심재, 수피와 가까운 부분인 변재에 따라서 그 가공품질이 확연히 다름을 나타낸다.

1-2. 두께의 측정

일반적인 목재두께의 측정 방법은 대략적인 눈어림으로 측정하는 목측과 자를 이용하는 방법 그리고 두께측정 전문장비를 이용하는 방법이 있다.

목측이나 자를 이용하는 방법은 정밀한 측정이 아닌 대략적인 mm단위의 측정을 할 수 있는 방법으로 그 측정범위가 다소 부정확하기 때문에 두께측정 전문장비를 이용하는 방법을 택하는 것이 올바른 방법이다.

1-2-1. 두께측정전문장비

두께측정전문장비로는 버니어캘리퍼스와 마이크로미터가 많이 이용한다. 각각의 측정 장비는 아나로그타입과 디지털타입으로 구분되어진다. 디지털타입의 경우에는 간단히 측정된 숫자를 읽어서 그 두께를 파악하는 방법이다. 그러나 아나로그타입의 측정 장비는 각각 측정된 수치를 읽는 방법을 숙지한 후 사용을 하여야 한다.

1-2-2. 버니어캘리퍼스

여러 가지 형태의 길이를 0.05㎜ 정도까지 정확하게 측정할 수 있는 공구로서 장치의 구조는 두께나 바깥지름을 측정할 수 있는 조(jaw), 구멍이나 원통의 안지름을 측정할 수 있는 쇠부리, 구멍이나 홈의 깊이를 측정할 수 있는 깊이 바(depth bar), 눈금이 새겨져 있는 어미자와 아들자 등이 있다. 측정값을 읽는 방법은 아들자 0의 눈금이 있는 곳에 해당하는 어미자의 치수를 1㎜ 단위까지 읽고, 어미자와 아들자의 눈금이 일치하는 곳의 치수를 0.05㎜ 단위까지 읽어서 두 치수를 더한다. 아들자의 한 눈금은 0.05㎜ 이므로 어미자와 아들자가 일치하

는 눈금을 찾아 아들자의 눈금 수에 0.05㎜를 곱하여 계산한다. 어미자와 아들자의 눈금 대신 디지털 방식으로 측정치가 숫자로 표시되는 디지털 버니어 캘리퍼스도 있으며, 0.01㎜까지 측정할 수 있는 것도 있다.

1-2-3. 마이크로미터

0.01㎜ 단위까지 정확하게 길이를 측정할 수 있는 측정 기구로서 측정하고자 하는 물체를 끼우게 되어 있고, 고정되어 있는 앤빌(anvil)과 회전시키면 축 방향으로 이동할 수 있는 스핀들이 있다. 슬리브와 딤블이 있는 이것으로 측정값을 읽을 수 있다. 딤블 에는 원주 방향으로 50등분한 눈금이 새겨져 있다. 한 바퀴 회전시켰을 때 슬리브의 한 눈금(0.5㎜)만큼 움직이기 때문에 슬리브에서는 0.5㎜까지 읽을 수 있고, 딤블에서 0.01㎜까지 읽을 수 있다. 바깥지름을 측정할 수 있는 것 외에 안지름, 구멍의 깊이, 기어의 안쪽 나사의 지름을 측정할 수 있는 것도 있다. 또한 눈금을 읽는 것이 아닌 숫자로 표시되는 디지털방식도 있고, 공기와 전기를 이용한 마이크로미터도 있다.

1-3. 표면연마

목재의 표면연마는 표면을 평활하게 하고 도장 및 표면재 접착에 적합한 면이 되도록 하기 위한 가공처리공정으로 소지조정이라고도 한다. 연마작업의 정도에 따라서 도장의 품질이 결정되며, 나아가서는 제품의 상품가치를 좌우하게 된다. 특히 도장을 하기 위한 목재의 표면의 경우에는 피도면의 평활도를 향상시킴으로써 착색이나 눈메꿈 작업에서의 장 해발생을 방지할 수 있다. 이러한 연마사양의 결정은 사용되는 연마지의 사양으로 결정된다. 이러한 경우 연마지의 사양은 목재의 수종과 단단한 정도, 목리와 문양등도 함께 고려 해서 결정하여야 한다.

1-3-1. 표면연마의 방법

가. 손연마

연마 블록에 연마지를 감아 가볍게 연마한다.

나. 기계연마의 종류는 휴대가 가능한 포터블 샌더와 기계식 벨트 샌더가 있다.

연마지를 감은 연마지의 주행속도를 분당 800~1200m/min로 설정하고, 연마지는 목재의 상태를 고려해서 입도와 연마지의 종류를 결정한다.

1-3-2. 연마지 사양의 결정

가. 연마지립에 따른 종류와 용도

연마용 지립으로 천연재료를 사용하는 종류로는 경석(F)과 석류석(G)이 있다. 경석은 다공질의 재질로서 모오스경도가 6~6.5 정도로 일반적으로 손연마용으로 사용되며, 목재의 연마와 도막의 연마에 주로 사용된다. 석류석은 예리한 파쇄면의 재질로서 모오 스도가 6~8 정도이며, 손연마와 기계연마 모두에 적합하다.

연마용 지립으로 인공재료를 사용하는 종류로는 산화알루미늄류(Al2O3, A,WA,PA,HA, AZ)와 탄화규소류(SiC, Silicon carbide, C, GC)가 많이 사용되는데 산화알루미늄 종류는 모오스경도가 9~9.3 정도로 연마지속성이 높으며 대량생산용에 사용된다. 일반적으로 손연마용으로 사용되며, 목재의 연마와 도막의 연마에 주로 사용된다. 탄화규소 또한 모오스경도가 9.5~9.8 정도이며, 주로 기계연마에 사용된다. 마무리 면이 양호하지만 가격이 비싸다.

나. 지립의 밀도에 따른 종류와 용도

연마지 면적에 대한 지립의 면적비율에 따라서 다음의 세 가지 종류로 구분되어진다.

○. 오픈 코트(Open coat): 지립의 면적이 50%정도로 눈메움이 적어 목재의 초벌연마에 적합하다. 목분이 많이 발생하는 거친 연마나 샌딩실러 도막의 연마와 수지분이 많은 목재연마에 적합하다.

○. 미디엄 코트(medium coat): 지립 면적이 70%정도로써 오픈 코트에 비하여 눈메움이 많고 중간 정도의 연마공정에 사용된다.

○. 클로우즈 코트(Close coat): 지립 면적 100%에 가까운 정도이며, 눈메움이 많아서 마무리 연마에 적합하다

.

목재의 초벌연마에는 주로 오픈코트 연마지를 사용하는 것이 좋으며, 이후 더욱 더 곱게 연마를 하기 위해서는 미디엄코트로 연마 후 마무리로 클로우즈코트를 하는 것이 좋다.

1-4. 연마지

연마지의 종류는 모양 바탕재의 평량 연마재의 재질 및 연마재의 입도에 따라 <표 <연마지의 종류별 사양>>과 같이 사양을 결정하여야 한다

< 연마지의 종류별 사양>

바탕지의 종류	모양에 따른 종류	바탕재의 평량에 따른 종류	연마재의 재질에 따른 종류	연마재의 입도에 따른 종류	평량
종이	시트	Aw	알루미나질 연삭재 (A,WA,PA,HA,AZ)	P40,50,60,80,100, 120,150,180,220, 240,280,320,360, 400,500,600,800, 1000,1200,1500,2000,2500	95GSM 미만
		Cw	탄화규소질 연삭재(C,GC)		95GSM~140GSM
		Dw	석류석 (G) 규석 (F		40GSM~200GSM
	롤	Cw	알루미나질 연삭재 (A,WA,PA,HA,AZ)		95GSM 미만
		Dw	탄화규소질 연삭재(C,GC)		95GSM~140GSM
		Ew	석류석 (G 규석 (F)		200GSM 이상
천	시트	면직포 및 직포	알루미나질 연삭재 (A,WA,PA,HA,AZ)	P24,30,36,40,50,60	130GSM 이상
			탄화규소질 연삭재(C,GC)	P80,100,120,150	50GSM 이상
				P180,220,240,280,320,36	
				P400,500,600,800,1000	
	롤		석류석 (G)	P24,30,36,40,50,60	200GSM 이상
				P80,100,120,150	
				P180,220,240,280,320,360	50GSM 이상
				P400,500,600,800,1000	

A : 갈색 알루미나 연마재 WA : 백색 알루미나 연마재 PA : 담홍색 알루미나 연마재 HA : 해쇄형 알루미나 연마재 C : 흑색 탄화규소 연마재 GC : 녹색 탄화규소 연마재 AZ : 알루미나 지르코니아

1-5. 벨트샌더를 이용한 연마공정

1-5-1. 벨트샌더를 이용한 기계식 연마를 실시하기 전 우선 벨트샌더의 장비점검을 실시한다. 점검할 사항은 다음과 같다.

(1) 연마벨트의 노후여부, (2) 집진기 작동 상태 점검,(3) 벨트샌더의 드럼과 벨트간의 높이에

대한 영점조정 상태, (4) 목재의 굽음상태 점검,(5) 목재의 두께 편차 점검

1-5-2. 연마하고자 하는 목재의 두께를 측정한다. 측정은 버니어 캘리퍼스나 마이크로미터를 이용하여 0.1mm 단위까지 측정한다.

1-5-3. 측정을 통해 목재의 두께를 파악한 후 벨트샌더의 드럼과 벨트의 간격을 대상목재의 두께보다 0.05mm 작게 설정한다.

1-5-4. 1차적으로 대상목재를 투입한 후 연마가 되지 않은 부위를 확인 한 후 0.1mm 단위로 높이를 내려가면서 목표로 하는 목재의 두께까지 연마를 실시한다.

1-5-5. 보통은 거칠은 입도부터 시작하여 순차적으로 세밀한 입도로 2~3회 연마하여 완료한다.

1-5-6. 최초의 연마는 #80~180의 입도로 시작하고, 마무리는 #180~240입도의 연마지를 선택하여 사용한다. 사용하는 연마지는 소지연마의 경우 천연지립인 석류석과 규석을 연마석으로 사용한 연마지를 사용한다. 필요에 따라서는 알루미나류 및 탄산칼슘류의 연마석을 사용한 연마지를 사용하기도 한다.

1-5-7. 연마가 원활하지 않아 생기는 결함으로는, 피도면에 나무털(목섬유)이 남아있으면 도장 시에 균일한 도장이 불가능하며 핀홀이 발생할 수 있다.

1-6. 연마기의 구조와 점검사항

목재제품의 표면가공을 위한 전처리공정으로서의 연마공정을 수행함에 있어 많이 사용되고 있는 기계식 벨트샌더의 경우 설비와 연마지의 마모상태를 반드시 점검해야한다. 특히 연마지의 마모는 목재의 안정적인 표면 품질을 얻기 위해서는 매우 중요한 항목이다. 따라서 이러한 연마지의 마모수준을 파악하고 그 교체주기를 결정하는 것은 가공제품의 품질과 직결되는 중요한 기준이 된다.

1-6-1. 연마기 (기계식 벨트샌더)의 구조 및 사양

목재를 연마하는 기계식 벨트샌더는 크게 두 가지로 구분할 수 있다.

첫 번째, Drum방식의 샌더 : Drum방식의 샌더는 연마하고자 하는 면을 모두 동일한 두께로

만들고자 하는 연마기계,,

두 번째는 Pad방식의 샌더 : Pad 방식의 샌더는 연마하고자 하는 면의 전체를 동일한 두께가 아니더라도 동일한 양만큼 연마를 하는 샌더.

이러한 방식의 샌더 사용을 위해서는 그 구조에 대한 사항을 숙지하는 것이 중요하다. 벨트샌더는 연 마지를 거치하는 연마벨트부와 목재를 이송하는 이송부 그리고 연삭된 연삭분을 밖으로 배출하는 집진부등 3개의 부분으로 크게 나뉜다.

기계적 연마는 목재가 이송 컨베이어를 따라 수평방향으로 이송되고, 연마부는 이송되는 목재를 장착된 연마지의 지정된 사양에 맞추어 수직으로 반복회전하면서 이송되는 표면의 평활도와 두께를 조정하는 간단한 원리이다. 이후 연삭된 목분은 집진설비에 의해서 지속적으로 집진기를 통해 배출하는 작동원리이다.

가. 이러한 간단한 원리와 더불어 몇 가지 연마설비의 조정을 할 수 있는 요인.

○. 이송 컨베이어의 이송 속도

○. 연마벨트의 회전속도

○. 연마지의 입도 및 지립의 종류

○. 이송부와 연마벨트의 사이의 간격

1-6-2. 연마지의 교체주기

연마지는 연마지의 기본이 되는 종이 또는 천위에 접착제를 도포하고 지립을 접착하는 방법에 의해서 제조되는데 이러한 연마지의 수명은 지립의 마모가 심하거나 지립과 지립사 이에 많은 목분이 끼어서 더 이상 연마지로서의 역할을 할 수 없을 때 그 수명을 다했다고 할 수 있다.

1-7. 연마설비 작업조건 결정하기

연마설비(Sander)를 이용한 연마공정은 표면의 평활도와 1매 이내에서의 두께편차와 Lot간 편차를 최소화함에 목적을 두어야 한다. 이러한 품질기준에 부합하기 위해서는 설비의 주 기적인 관리와 교체주기를 파악하여 좋은 표면연마 품질을 유지할 수 있도록 하여야 한다. 그러기 위해서는 설비의 제원에 맞는 작업조건을 사전에 점검하고 작업조건을 결정하여야 한다.

1-7-1. 이송 컨베이어의 이송 속도

목재를 이송하는 이송컨베이어의 속도에 따라서 연마되는 재료의 표면품질에 영향을 준다. 일반적으로 이송컨베이어의 속도는 10~15m/min가 적당하다. 목재의 비중이 클수록 이송속

도를 낮추는 것이 좋은 평활도를 얻는데 도움이 된다. 반대로 비중이 낮은 무른 재질의 목재의 경우에는 이송컨베이어의 속도를 빠르게 조정할 필요가 있다. 그러나 기본적으로 컨베이어의 이송속도는 연마된 표면을 확인 한 후 속도를 조정하는 것을 원칙으로 한다. 이송컨베이어의 속도가 빠르면 연마벨트에 접하는 단위면적이 커짐으로 인해 목재의 재질에 따라 차이는 있지만, 대체로 판면이 다소 매끄럽지 못하다. 이송컨베이어의 속도를 높인 상태에서 연마를 할 경우는 주로 마감 샌딩을 할 경우 또는 마모량을 적게 연마작업을 할 경우가 그러하다.

1-7-2. 연마벨트의 회전속도

연마벨트는 목재의 직각방향으로 수직으로 반복 회전하는 거동을 갖고 있으며, 이러한 연마벨트의 회전속도에 따라 연마에 미치는 영향은 매우 크다. 연마벨트의 회전속도는 일반적으로 800~1,200rpm 정도로 설정되는데 이러한 회전속도를 800rpm 미만으로 낮게 설정을 하게 되면 연마되는 목재와의 접촉 면적이 이송컨베이어를 늦추는 것과 같은 효과를 낸다. 또한 반대로 회전속도를 높이게 되면 접촉 면적이 작아지게 된다. 이러한 이유로 연마벨트의 회전속도를 낮추어 연마표면의 작은 보풀 등을 제거하는 방법으로 활용하기도 한다.

1-7-3. 연마지의 입도 및 지립의 종류

연마지의 종류는 지립(연삭재)의 종류와 입도에 따라서 구분되어진다. 그러한 연마지는 종류에 따라서 초벌삭 및 마무리 연삭 등으로 구분하여 사용한다. 초벌연삭은 전체적인 평활성을 얻는 것이 주목적으로 전체 연삭 작업의 80% 정도를 차지한다. 이러한 초벌삭에는 입도를 #80 ~ 100의 연마지를 사용한다. 마무리연삭은 초벌연삭 시 생긴 자국 등의 흠을 보정하는 작업으로 전체 연삭 작업의 20% 정도 차지한다. 마무리 연삭에는 #150 ~ 180의 연마지를 사용하게 된다. 일반적인 활엽수의 경우에는 연마지를 거친 #100에서 #220로 또는 #100 → #150 → #220의 순서로 바꿔서 연마한다

연마지의 지립의 종류에도 천연지립과 인공지립으로 구분되는데, 일반적으로 천연지립은 인공지립에 비해 경도가 낮다. 따라서 적은 마모량의 작업이 필요한 경우나 손으로 연마의 경우에는 경석(F)이나 석류석(G)을 사용한 천연지립의 재료를 많이 사용한다. 알루미나계 및 탄산칼슘계통의 인공지립을 사용하는 경우는 연마지를 장기간 사용하는 경우에 주로 사용하지만, 너무 오랫동안 연마지를 사용하게 되면 연삭찌거기가 지립과 지립사이에 까지 때문에 압축공기를 이용하여 연삭 찌꺼기를 깨끗하게 청소하여야 한다. .연삭 찌꺼기는 도장작업 시 도막 부착 불량의 원인이 되기 때문에 주의하여야 한다.

1-7-4. 이송컨베이어와 연마벨트의 사이의 간격

수평으로 이동되는 이송컨베이어와 수직으로 회전하는 연마벨트사이의 간격은 연마 깊이를 결정하게 된다. 이러한 이송컨베이어와 연마벨트의 사이의 간격이 연마하려는 목재보다 너무 작으면 많은 연삭량에 의해 연삭벨트에 부하를 가져오게 된다. 또한 발생되는 과다한 연삭분에 의해 연마된 목재 표면이 오염될 수 있으며, 집기설비에도 부하를 줄 수 있다.

따라서 적정한 이송컨베이어와 연마벨트의 사이의 간격은 목재의 두께보다 0.05mm~0.1mm정도 낮게 설정을 하여 실시하는 것이 좋다.

1-8.안전사항에 유의하기

연마설비(Sander) 및 도장설비를 이용해 가공을 할 경우, 연마기와 도장설비의 손가락 끼임 사고 및 화학약품의 안전사고 등에 절대 유의한다.

1-8-1. 장갑 착용은 절대로 하지 않는다. 장갑이 끼임 사고의 원인이 될 수 있다.

1-8-2.. 롤회전방향의 반대방향에서 청소를 실시하여 손가락 끼임 사고에 주의한다.

1-8-3. 연마지를 사용하여 손 연마를 할 필요가 있을 경우에는 반드시 받침목을 사용하여 찰과 상에 주의한다.

1-8-4. 도료 또는 화학약품의 사용 시에는 눈에 들어가지 않도록 절대 주의한다.

1-8-5. 만약, 도료가 입에 들어가거나 눈에 들어가는 경우에는 즉시 흐르는 물에 흘려서 씻어 내고, 입에 들어갔을 때는 깨끗이 뱉어내고 양치를 한다

1-9. 연마 순서

1-9-1. 연마가공처리에 사용할 목재 원자재에 대한 정보를 확보한다.

수종별 연마가공성 및 재단특성을 사전에 파악할 수 있도록 목재의 비중과 함수율 등을 측정해 본다. 연마가공처리에 사용할 목재 원자재의 두께를 측정하고 대상목재의 단단한 정도를 판단한다.

1-9-2. 연마하기 전 목재 원자재의 두께를 측정하기 위해 두께 측정용 도구(줄자, 쇠자, 버니

어캘 리퍼스, 마이크로미터)를 준비한 후 관련도구의 사용방법을 알 수 있도록 한다.

1-9-3. 연마지 교체주기표를 학습한다.

연마지를 육안 검사를 통해 지립 안에 목분이 끼어 있는지를 확인한다.

연마한 목재의 표면 상태를 확인하여 연삭분이 많이 묻어 있는지를 확인한다.

연마한 목재의 표면이 매끄럽지 못하고 지립에 목분이 많이 끼어있을 경우, 연마지를 교체할 주기로 판단하고 교체할 연마지를 준비한다.

주기적으로 연마지에 목분이 끼게 되면 압축공기를 이용하여 연삭 찌꺼기를 깨끗하게 청소한다.

1-9-4. 목재원재료의 두께를 측정한 후 목표두께를 설정하여 연마기에 설정한다. 연마기의 높이는 초기 목재두께보다 0.05mm 크게 설정하고, 점차적으로 0.1mm 단위로 높이를 낮추어서 연마한다.

1-9-5. 연마기의 이송컨베이어의 속도를 인버터를 이용해서 15~20m/min으로 설정한다.

1-9-6. 연마지를 연마벨트에 장착한 후 연마벨트를 공회전 시킨 후 연마벨트의 회전속도를 800 ~ 1,200rpm으로 설정한다.

1-9-7. 연마기의 연마벨트 높이를 기준 치구를 이용하여 영점을 잡는다(100mm 치구 사용).

1-9-8. 연마된 목재원재료의 표면을 검사한 후 반대 면을 연마하여 최종 목표두께에 맞게 연마한다

1-9-9. 조정된 간격으로 작업을 실시하고 부분적으로 편차가 발생할 경우에는 0.1mm 단위로 상하조절하면서 작업을 실시하고 연마대상 목재의 두께보다 0.05~0.1mm 작은 간격으로 이송컨베이어와 연마벨트의 간격을 조정한다

2. 목제품 표면도장

2-1. 목재도장의 목적 및 효과

목재도장은 타 재료의 도장과 비교하여 피도물인 목재가 자연미를 살려야하는 특징과 불 균일한 재질이기 때문에 도장작업 및 도장효과 유지가 매우 어려운 천연재료의 도장이다. 그래서 목재도장의 목적은 색채, 문양, 평활성, 입체감, 감촉성 등을 고려하여 표면의 미관을 향상시키고 목재고유의 매력을 배가하기 위함이다. 또한 목재가 갖은 단점, 즉 변색과 변형을 방지하고 목재의 기능성을 부각시키기 위해 사용하는 도료에 기능성을 부여함을 통해 부가가치를 극대화하기 위함이다. 아울러 목재는 함수율의 변화에 의해 수축과 팽창이 발생하며, 이로 인해 뒤틀리거나 휨, 할렬 등의 목재결함을 발생시킨다. 이러한 함수율의 변화를 최소화하기 위한 방법으로 도장을 통해 도막을 형성시킨 후 소지목재에 수분의 접촉을 근본적으로 차단함으로써 수축과 팽윤을 방지할 수 있고, 자외선과 산소, 각종 오염물질과의 접촉을 통해 목재의 표면변색이 발생할 수 있다, 이러한 변색을 방지하기 위해서 변색원인인자와의 접촉을 차단함을 통해 그 효과를 극대화 할 수 있다

2-2. 도장재료로서 목재의 특징

목재는 수많은 종류가 있으며, 동일 수종이라도 생육환경이 다른 조건에서 자란 나무라면 그 재질도 다르다. 또한 같은 나무 내에서도 부위에 따라서 재질에 차이가 있는 불균질한 재료이다. 그러나 이 점이 목재만이 가지고 있는 천연재료로서의 특이한 질감을 주는 요인이 되기도 한다. 본격적으로 도장 공정에 들어가기 전에 우선 피도재(被塗材)인 목재에 관한 다음과 같은 많은 정보를 수집할 필요가 있다. ① 수종, 조.만재, 심.변재, ② 재질의 경연감, ③ 도관크기의 대소, ④ 활엽수일 경우 관공의 배열, ⑤ 표면의 거칠음의 정도, ⑥ 색상과 변색의 여부, ⑦ 수지(진)의 다소여부, ⑧ 수분에 의한 팽윤.수축율의 대소여 부, ⑨ 할렬, 휨의 대소 등피도물인 목재의 다양한 특징에 관한 기초지식이 필요하다.

2-2-1. 조 . 만재

조만재간에는 비중에 차이가 있으며(조재<만재), 도료의 침투는 조재가 만재보다 빨리 진행된다. 따라서 이와 같은 침투 량의 차이를 최소화할 목적으로 일반적으로 밑칠로서 실러(Sealer)도장이 행해지고 있다. 또한, 세포막의 두께 차이에 의해 광택에도 차이가 생긴다.

2-2-2. 심 . 변재

통나무의 횡단면에는 내측과 외측의 재색이 다르다. 내측의 강한 농색 부분이 심재이고, 이를 둘러싸고 있는 백색 또는 담색의 연한 부분이 변재이다. 심 . 변재간에 도료의 침 투성에 큰 차이가 있다. 침전물질이 없는 변재에는 도료가 깊게 잘 침투한다. 변재부는 심재부 보다 1~2회 많이 실러를 도포하여 마무리칠 도료의 침투를 감소시키는 것이 바람직하다. 또한, 심재와 변재에는 재색에 큰 차이가 있으므로 변재부 만을 먼저 착색하여 심 재색과 비슷하게

한 후 양자를 같이 착색하면 그 차이를 최소화 할 수 있다.

2-2-3. 함수율

목재 내에서는 수분이나 물의 확산과 침투속도는 목재의 부위나 방향에 따라 다르다. 일반적으로 변재>심재, 섬유방향>>직각방향, 저비중재>고비중재 그리고 온도가 높을수록 빠르다. 이 현상은 도료에서도 거의 같은 경향이다. 목재 도장에 있어서의 적정함수율은 사용하는 장소의 환경에 따라 다소의 차이는 있으나 일반적으로 5~15%이다. 대부분의 도료는 목재의 표면의 함수율이 높을수록 도장 시 도료의 몰림 현상이 나타나거나 도막의 평활성이 떨어지며, 특히 다른 도료에 비해 도막부착성이 나쁜 불포화폴리에스테르 도료는 피도물의 함수율 조절이 중요하다. 15%이상의 고함수율 피도재는 도막의 부착성 저하 외 에 도장이나 도막내구성에 나쁜 영향을 준다. 예를 들면 폴리우레탄 도료의 경우 수분과 이소시아네이트 기의 반응으로 인한 발포, 도막의 흐려짐, 할렬발생, 변색, 도막의 평활성 불량(orange peel), 도막의 살여윔 및 경화의 지연 등이 야기된다.

2-2-4. 목재의 추출성분

목재는 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스 및 리그닌의 주성분 외에 벤젠, 에테르, 알콜 및 물 등에 의해 녹아 나오는 성분이 있어 이를 추출성분이라 한다. 추출성분에는 수지, 정유, 타닌 외 극소량의 많은 화합물이 있다. 추출성분은 수종이나 생육지에 따라 화합물의 종류나 양에 차이는 있으며, 보통 2~5%정도이다. 이와 같은 추출성분은 수종 고유의 재색을 형성하는 반면, 추출 성분이 다량으로 존재하는 목재의 경우, 도장된 도료의 건조를 늦추는 역할을 하며, 경화 후 도막에 침투하여 도막의 내구성 저하 및 변색을 가져올 수 있고, 열처리 시 도막의 깨짐, 할렬발생 등을 야기 시킬 수 있다. 특히, 소나무류의 수지(진)에는 각종의 테르펜류가 많이 함유되어 있다. 테르펜은 도료의 용제로 많이 사용되고 있기 때문에, 특히 수지가 많은 소나무류(적송, 흑송, 더글라스 퍼, 레드우드 등)에 도장하면 내구성이 나쁘고 변색이 심하다. 이와 같은 장해를 최소화하기 위해서는 수지차단용의 폴리우레탄 우드실러를 도포한 후 마무리 칠을 하는 것이 바람직하다.

2-3. 목재용 도료의 종류와 특성 및 용도

도료는 도막을 형성하기 위한 도막형성 주요소와 부요소(불휘발성분), 도장 작업성 개선 및 도막형성 작업을 도우기 위해 첨가하는 용제(증발성분)로 구성되어 있다. 일반적으로 도료는 한 성분(물질)으로 구성되어 있지 않고, 많은 물질이 혼합되거나 반응시켜 제조한다. 그렇기 때문에 대부분의 도료에 있어서 배합된 원료의 종류, 배합량, 배합비, 배합방법 등의 선택이 중요하다. 용도별로 분류한 목재용 도료는 <표 1-3>과 같다.

2-3-1. 니트로셀룰로우스락카

니트로셀룰로오스, 알키드수지 또는 천연가공수지, 가소제(可塑劑) 및 용제를 주요 구성성 분으로 하는 1액형 휘발건조형의 대표적인 도료이다. 니트로셀룰로오스는 린터 (linter), 티 노시테이프, 펄프를 초산 화하여 제조한다. 초산화도에 따라 에스테르가용(질소 함유량 11.8~12.2%), 스피리트 가용(10.80~11.10%) 및 알콜 가용 니트로셀룰로오스(11.40~11.90%) 등이 있다. 니트로셀룰로오스 락카의 특징은 화학반응에 의해 도막이 형성되는 것이 아니라, 도료 중의 용제 휘발에 의하여 건조되며, 속건성으로 작업성이 양호하다. 또한, 화학 반응을 수반하지 않기 때문에 건조된 도막은 락카 시너 (thinner, 용제)에 의해 재용해(再 溶解)된다. 특히, 분자량이 크고 고점도(高粘度)이기 때문에 시너(thinner, 용제)를 첨가하여 스프레이 도장할 경우, 형성된 도막에는 도료의 주성분이 10~20%정도 밖에 남지 않으므로 내부용제나 시너의 선정이 매우 중요하다. 예전에는 가구의 도장에 많이 사용되었으나, 불 포화폴리에스테르, 폴리우레탄 등 각종 합성수지 도료가 등장함에 따라 현재는 악기 등의 제조에 소량 사용되고 있다.

2-3-2. 산경화 아미노알키드수지도료

아미노알키드수지 도료는 아미노수지(멜라민수지, 요소수지 등)와 알키드수지로 구성된 도료로서 산경화형과 열경화형이 있다. 열경화형(멜라민수지/알키드수지=20~30/80~70)은 가열경화형 도료로서 자동차, 가전제품 등 금속용에 사용된다. 산경화형(아미노수지/알키드수지=50~40/50~60)은 경화촉매로서 산(acid)이 사용되며, 상온 건조성이기 때문에 목공용에 사용된다. 니트로셀룰로오스 락카에 비하여, 살오름성, 광택, 도막경도 등이 좋아 1950년대 이 후 사용량이 급속히 증가하였으나, 최근에는 가공합판의 도장 등에 소량 사용되고 있다.

2-3-3. 불포화폴리에스테르수지 도료

불포화폴리에스테르수지 도료는 휘발성분을 포함하지 않아 도료 구성성분 전부가 도막형 성 요소가 되므로 1회 도장으로 두꺼운 도막을 얻을 수 있다. 특히 일반적으로 많이 사용 되는 우레탄화 불포화폴리에스테르수지 도료는 비왁스형 불포화폴리에스테르수지를 베이스로 하고 2액형 폴리우레탄수지 도료의 경화제인 폴리이소시아네이트를 혼합하여 폴리에 스테르반응과 우레탄반응을 동시에 이용하는 도료이다. 폴리에스테르와 폴리우레탄의 중 간적인 성질로서 1970년대에 널리 보급된 도료로, 목공가구의 하도 및 중도용에 많이 이용되고 있다. 특징은 ① 폴리우레탄 수지 도료보다 살오름성, 도막 경도가 좋으며, ② 비 왁스형 불포화폴리에스테르수지 도료보다 가사시간(可使時間)이 길고, 유연성과 부착성이 우수하다.

2-3-4. 폴리우레탄수지도료

폴리우레탄수지도료의 종류는 유변성형(油變性型)과 습기 경화형(濕氣 硬化型), 폴리올 경화형 등이 있다. RM 중에서 가장 많이 사용되고 있는 폴리올 경화형폴리우레탄 수지도료 는 폴리우레탄수지 도료라면 이 형을 지칭할 정도로 많이 사용되고 있다. 프리폴리머는 트리메틸올프로판과 TDI의 반응생성물이다. 이 프리폴리머는 항상 같은 것이 사용되며, 용도에 따라 성능을 변화시킬 경우는 폴리올 부분의 조성과 분자량을 조절한다. 주제는 아디픽산, 무수프탈산 등과 에틸렌, 프로필렌 등의 글리콜로 제조된 우레탄용 폴리에스테르, 프로필렌옥사이드의 유도체인 폴리에테르, 및 피마자기름 또는 피마자기름 변성물의 3 계통이 사용되고 있다. 특히, 상온 건조형 도료에서는 볼 수 없는 내마모성을 가지며, 경도, 내후성도 우수하며 현재의 목재용 도료 중에서 각종 도막 성능이 최고이다. 단점은 2 액형이기 때문에 가사시간에 제약이 있으며, 습도가 높은 환경 하에서 도장하면 도막의 발포나 핀홀 등이 발생한다. 내마모성이 우수하다는 것은 반대로 도막 연마가 어려우므로 완전히 경화하기 전에 연마하는 것이 좋다. 도막의 할렬이나 홈 등이 생겼을 때 보수가 곤란하다.

2-3-5. 자외선 경화도료(UV 경화형 도료)

자외선 경화 도료는 자외선에 의하여 여기(勵起)되는 활성라디칼로 인하여 연쇄중합반응 (連鎖重合反應)을 일으켜 경화되는 도료이다. 이 도료는 UV도료는 중합성 이중 결합을 가지는 올리고머 (oligomer), 반응성 희석제(Monomer), 광개시제 (Photoinitiator), 안료 (Pigment)등으로 조성된다. 각각의 종류, 조합 방법에 따라 성능(경화성 등)은 크게 다르다. 또한 UV도료는 원칙적으로 무용제이며 자외선에 의해 순간 경화되기 때문에 장점은 아주 단 시간(초 단위)에 대기의 온도 상에서 뛰어난 물성을 지닌 도막을 얻을 수 있으므로 기존 도료와 비교해 볼 때 아래와 같은 많은 장점을 가지고 있다.

- 열처리가 곤란한 물질에 적용이 가능하다.
- 단시간에 경화됨으로 생산성 향상시킨다.
- 경화 시 Baking의 필요가 없으므로 Energy 낭비를 줄인다.
- 무용제(Solvent-Free)형이므로 환경오염 방지 및 1회 도장으로 후박한 도막 가능.
- Line 시설 공간의 최소화(건조실, Oven 등이 필요하다)
- 우수한 도막 물성(내용제성, 내약품성, 기계적물성 등)

한편, 위와 같은 장점과 함께 아래의 단점으로 인하여 U.V 도료의 성장이 느려지고 있다. 그러나 도료의 가격의 기존 도료보다 고가인 도장방법의 개량요구 및 새로운 Line 설계 요구로 인한 시설비의 증가함을 물론 다양한 색상의 선정 곤란하다(안료의 빛의 선택적 흡수 관계에 의함). UV도료의 조성으로 중심이 되는 것은 올리고머이다. 용도에 의해 불포화 폴리에스테르계와 아크릴레이트계의 올리고머가 사용되고 있다.

가. 불포화 폴리에스테르계

가격이 싸다는 큰 특징이 있어 주로 목공 합판용(콘크리트 판넬)으로서 사용되고 있다. 문제점은 아크릴레이트계와 비교해서 경화가 늦으며, 온도의 영향을 받기 쉽고 피도장 물의 표면 온도에 의해 경화성이 크게 변동하는 것이다. 또 스틸렌 모노머를 희석제로서 사용하기 때문에 도장중에 모노머 휘산(揮散)에 의한 점도 상승이 일어나기 쉽고 통상의 도료와 같은 점도 관리가 필요하다. 이 타입의 수지는 UV경화외 촉매를 더한 열경화형의 도료라고 해도 사용되고 있다.

특히 산소 저해성 때문에 반응성이 Acrylate Type보다 느리며, 직업 Line 속도가 늦어 상도용 (Top Coat)로는 선택되고 있지 않으나, 목재용 하도 (Wood Sealer), 중도 (Sanding Sealer)에 대부분 사용되어지고 있는 목재용 U.V도료 주종을 이루고 있는 Type이다. 불포화 Polyester수지의 구성성분으로는 불포화 다염기산(Maleic, Eumaric Acid등), 포화 다염기산 (Adipic, Phthalic Acid등), 다가 알코올(E.G, P,G, D.E, G등) 등으로 Ester반응시켜 제조된 중합체로 Styrene과 같은 모노머 (Monomer)류에 희석시킨 수지로 되어 있다.

나. 아크릴레이트계

불포화 폴리에스텔과 비교해서 고가(高價)지만 양호한 경화성을 나타낸다.

우레탄 아크릴레이트, 에폭시 아크릴레이트, 에스테르 아크릴레이트 등이 시판되고 있다. 유연성이 풍부한 것으로부터 고경도의 도막까지 고객의 요구에 맞은 도료 설계가 가능하고 용도나 요구 물성에 따라 구분하여 사용할 수 있다. 산소 저해 효과가 적어 그 반응성이 매우 빠르며 고급용 U.V도료의 주종을 이루는 Type으로 결점은 가격이 고가이며 희석제로서 아크릴 모노머를 사용하기 때문에 피부자극성이 있는 것이 약간 단점이다.

○. Epoxy Acrylate수지

Epoxy수지와 Acrylic Acid로 반응시킨 Type으로 도막의 경도가 높으며 부착성 내 화학적 약품성, U.V경화성 등이 매우 뛰어나 주로 금속용, 플라스틱용, 목재 중도, 상도용으로 널리 사용되고 있으며 다만 내후성이 불량한 단점도 있다.

○ Urethane Acrylate수지

Urethane 결합을 가지는 Acrylate수지로서 도막이 강인하면서 유연성이 좋고 U.V 경화성이 빠르며 내오염성, 부착성, 내약품성 등이 뛰어나 종이용, DVC바닥재, 필름, 플라스틱, 목재 상도용으로 사용되고 있으나 가격이 고가인 단점이 있다.

○ Polyester Acrylate수지

포화 Polyester Resin을 Acrylate화 시킨 Type으로 반응성이 약간 빠른 편이며, 내 약품성 경도 또는 유연성 내후성 등이 양호하나 수지 점도가 높다. 국내에서는 그 다지 많이 사용되고 있지 않은 편이다. 그러나 Epoxy또는 Urethane Acrylate Type의 도료에 일부 혼용해 쓰는 경우가 많다.

○ Polyether Acrylate수지

내약품성이 우수하나 수지 구조 골격 상 Ether 결합 관능기를 많이 가지므로 내수성에 약하며 내후성이 약한 단점이 있다. 수용성 UV 도료 이외는 많이 사용되어지고 있지 않다.

○ Acrylic Acrylate수지

Alkyd Acrylate수지 등이 있으나 현재까지 실용화 되지 못해 쓰여 지고 있지 않다. 그 외에도 U.V경화 속도가 Acrylate Type보다는 약간 느린 편이나 부착력을 증가 시키며, 기타 특수한 물리적 성질을 요구할 때 선택되어지나 단독으로는 별로 쓰이지 않고 Acrylate Type수지와 혼합하여 사용되어지고 있는 메타크릴레이트 수지 (Methacrylated Resin)계통이 있다.

UV도료에 이용하는 올리고머는 일반적으로 고점도이며, 올리고머 자체로는 도장 적성이 없다. 그렇기 때문에 모노머를 더해 적정한 점도에 조정 후 도장하고 있다. 통상 이용되고 있는 것은 아크릴 모노머나 스틸렌 모노머이며 이러한 모노머는 경화 후 도막의 성분이 된다.

도막의 물성은 올리고머에 의해 크게 좌우되지만, 모노머도 기재에 대한 밀착성이 나 도막 경도, 경화성 등에 큰 영향을 준다. 모노머의 특성에 요구되는 것은,

- 저점도로 올리고머의 희석성이 좋은 것
- 경화성이 양호한 것
- 가격이 저렴할 것
- 피부 자극성이 적고, 악취가 없을 것 등이지만 이러한 요구를 완전하게 채우는 모노머는 좀처럼 눈에 띄지 않는 것이 현상이다.

다른 주요소인 모노머는 관능기의 수에 의해 단관능 모노머, 2관능 모노머, 3관능 모노머 등으로 구별되지만 요구 물성에 의해 조합하여 사용되고 있다.

- 1관능 Monomer: 점도 조절용이(단점: PII가 높음, 인체 유해성이 많음, 냄새가 많이 나는 단점이 있다)
- 2관능 Monomer

- 3관능 Monomer (밀도가 높아서 강도가 좋으나, 가격이 비싸고 점도가 높아 마감이 좋지 않은 단점이 있다). Monomer는 1~6관능 모노머를 섞어서 쓴다.

한편, 광개시제는 자외선을 흡수해 활성종을 생성해 광중합 반응을 개시시키는 것으로, 벤조페놀이나 벤조인에이텔류 등이 이용되고 있다.

또한 광개시제는 보통, 도료 중에 2~5% 정도 첨가되고 있어 그 선정에 있어서는,

- UV흡수 효율이 높을 것
- 올리고머나, 모노머에의 용해성이 양호할 것
- 도막의 황변이 적은 것.
- 가격이 저렴할 것등을 고려할 필요가 있다. 또 용도에 따라서는 복수의 광개시 제가 조합되어 사용된다

<올리고머종류에 따른 UV도료의 물성 비교>

Oligomer의 종류	강도	레벨링	부착력	작업성	유연성	가격	특징
우레탄	△	○	○	○	◎	△	저도포량, 눈메꿈
에폭시	○	△	△	○	X	○	중도에 사용, 강 도가 좋음
폴리에스테르	△	△	△	○	△	△	건조가 빠름, 생 산성이 좋음
실리콘	○-△	△	X	△	X	X-△	내오염성 좋음, 표면이 강함
불포화 폴리에스텔	△	△	△	○	△	◎	

<용도에 따른 목공용 도료의 종류 및 특징>

주용도	종류	도료명	성분	용.희석제	특 징
가구, 목제품, 악기, 완구, 바닥재	셀룰로오스계	니트로셀룰 로오스락카	니트로셀룰로오스, 단유성 알키드수지	초산에틸,이소부틸 알콜,MIBK,초산부 틸,부틸셀로솔브,아 세톤	휘발, 중합건조, 속건, 살오 름성 불량, 다습시 백화
		高 고 형 분 락카	니트로셀룰로오스, 멜라민수지, 알키드수지	케톤, 알콜, 타르계	휘발, 중합건조, 살오름성 양호, 광택있음, 내후성 양 호
	합성 수지계	산 경 화 형 아미노 알키드수지 도료	단유성알키드수지,부틸화 아민수지 염산 또는 벤젠 슬폰산(경화제)	이소프로필알콜, 부 틸알콜,메톡시 부탄 올,톨루엔	축합, 상온건조, 살오름성, 경도 양호, 광택있음, 변성 의 가능성 큼, 포름알데히드 냄새
		불포화폴리 에스테르수 지 도료	무수말레산, 프말산, 에틸 렌글리콜, 스틸렌, 메틸에 틸케톤퍼옥사이드 (경화제)	아세톤, 스타이렌 (styrene)	중합, 상온건조, 불휘발분 매우 높음, 경도 양호, 내충 격성 불량
		폴리우레탄 수지 도료	톨루엔디이소시아네이트 (TDI), 폴리에스테르수지	초산에틸,초산부틸, 메톡시아세테이트, 톨루엔	중합, 상온건조, 부착성, 기계적 성능 양호, 생산단가 높음
전통가구 및 옻제품		알 콜 용 성 페놀 수 지 도료	레졸형 페놀수지 (페놀, 포 르말린), p-톨루엔설폰산 (경화제)	알콜계	축합, 상온건조, 불용, 불융 성의 딱딱한 도막
		옻칠	우루시올		산화중합, 경도, 내수성, 내 산성, 전기절연성 양호
하급목 제품 하도	천연 수지계	셀락니스	셀락	알콜, 타르계	휘발건조, 속건성, 불점착성, 내후성 불량
		속건니스	코펄, 로진	알콜, 타르계	휘발건조, 속건성, 내후성 불량
		슈퍼와니스	에스테르검, 유용성 페놀 수지, 동백유	테르핀	휘발산화중합, 내수성, 내후 성 양호, 광택 있음, 살오름 성 양호

주용도		종류	도료명	성분	용.희석제	특 징
운동구	마 루 , 볼 링	합성 수 지 계	유변성폴리 우레탄수지 도료	우레탄화 알키드 수지	키실렌, 톨루엔, 메 틸에틸케톤	중합, 상온건조, 경도, 내마 모성, 부착성 양호
	완 구		요 소 수 지 도료	에테르화 요소수지, 멜라민 또는 알키드수지, 염산 또 는 p-톨루엔 설폰산(경화제)	키실렌, 톨루엔, 솔 벤 토 나 프 사 , 부 탄올	축합, 상온건조, 경도 양호, 내약품성, 내후성 불량
합판, 보드류			광중합 불 포화 폴리에 스테르 도 료	불포화 폴리에스테르수지, 증감제	아세톤, 스틸렌	중합, 상온건조, 초속건성, 코스트고, 투명 또는 반투 명 도막에 한함
건축외장	가구		건성유변성 아미노 알키드 도료	알키드수지, 아마인유, 콩기름	알콜, 방향족 탄화수소	산화중합, 내수성, 내후성 양호, 광택 유지성 우수
	내 알 칼 리 내 장		아크릴 수 지도료	아크릴에스테르. 메타아크 릴산공축합수지	에스테르,에테르, 케 톤계	중합, 상온건조, 살오름성, 내자외선성, 광택유지성 양 호
	목 제 품		프탈산 수 지도료	다가알코올, 다염기산, 지방산	키실렌	산화중합, 부착성 양호, 내 후성 양호, 탄력성 높음, 광택 양 호
			염화비닐수 지 도료	염화비닐, 초산비닐 공중 합수지	톨루엔, 초산에틸, 초산부틸	중합, 상온건조, 내약품성, 내열성 불량
	외장 하도	油 系	보일유(油	아마인유, 들깨기름, 콩기 름, 동백유, 건조제	테르핀	산화중합, 건조늦음, 내후성 양호
	건축내장		유성 조합 페인	보일油, 건조제	테르핀	산화중합, 건조늦음, 내후성 양호, 염화고무, 비닐도료의 상도 불가
			합 성 수 지 조합 페인트	보일油, 프탈산수	석유,타르계	산화중합, 내후성, 내염수성 양호
			유용성 페 놀수지 도료	보일油, 로진, 페놀수지	미네랄테르핀	중합, 상온건조, 내후성, 건 조성 양호

木材工業핸드북. 1973. 林業試驗場. p 519

川村二郎. 1977. これからの木材塗装. p 178

2-4. 도장 공정

2-4-1. 도장의 설계

도장의 설계는 제품의 사용목적에 적합한 아름다움과 경제적이고 효율적인 도장처리를 수행하기 위해 도료의 선택, 도장회수, 도막연마시의 연마지 번호, 연마회수, 건조 및 경화 시간에 따른 공정 속도 및 온도 등을 결정하는 도장의 전반적인 설계 단계이다. 특히, 작 업장의 인원배치, 계절이나 온도에 따라 변하는 도료 희석률 및 건조속도에 이르기까지 치밀한 계획에 의해 도장이 순조롭게 진행되도록 신중히 설계해야 한다. 최근의 목재도장 은 주로 UV도료를 이용한 도장이 많이 사용됨에 따라 설계시, UV경화기의 Specification에 적합한 경화조건의 선택과 주재료인 Oligomer종류에 따른 도료 선정 등이 매우 중요하다.

2-4-2. 소지조정(素地調整)

소지조정은 도장 공정에서 가장 번잡한 작업이나, 매우 중요한 역할을 하고 있다. 심한 대패자국을 갖고 있는 소재, 거칠게 연마된 합판, 변색이나 청변균으로 오염된 목재 등은 도장 소지로서 부적합하다. 이와 같은 부적합한 소지를 도장에 적합한 소지로 만드는 것이 소지조정의 목적이다.

가. 피도재의 선택, 마무리

피도재에는 각종 결점을 가지고 있는 것이 많다. 게다가 표준 도장 방법 또는 특별한 처리를 요하는 피도재는 도장 전에 구별할 필요가 있다. 선별시의 중요 사항은 ①중량에 크게 차이가 나는 목재, ②재색의 차이, 오염의 유무, ③건조 상태(촉감, 함수율계로 측정), ④소지연마에서 보수가 될 수 없는 흠, 옹이 등, ⑤접착불량, ⑥두께의 불균일(롤 코터 도장 시에 특히 중요), ⑦대패자국의 대소(소지연마 시 수정가능의 유무) 등이다.

나. 함수율의 조정

피도재의 적정 함수율은 8~12%이다. 보통 인공건조재나 합판의 함수율은 적정범위에 있다고 보아도 좋다. 그러나 창고, 공장에서 보관상의 잘못으로 인해 적정범위를 벗어 나는 경우가 있다. 고함수율재에 도장하면 도막의 들뜸, 우레탄도장의 발포, 경화의 지연, 도막의 할렬 및 도막의 부착불량 등의 문제를 야기 시킨다.

다. 수지의 제거

낙엽송, 적송, 더글라스퍼, 아피통, 아가티스 등과 같이 수지 함량이 높은 수종은 수지 제거

처리를 할 필요가 있다. 처리법으로는 ①등유나 메탄올을 헝겊에 적셔 특히 수지가 많은 부분을 정성스럽게 닦아 내거나, ②2~3%의 알칼리용액(ex. 탄산나트륨)으로 씻어낸 후 다시 물로 세척, ③우레탄우드실러를 도포하여 수지의 영향을 차단하는 방법 등이 있다.

라. 표백(漂白)

표백은 재색의 차이를 작게 하고, 청변균이나 철(鐵)등에 의한 오염 부분을 제거하며, 광변색의 예방 및 착색의 효과를 극대화할 등의 목적으로 도장 전에 행한다. 사용하는 표백제로는 과산화수소수와 암모니아수를 조합한 것이 가장 일반적으로 많이 사용되며, 아염소산나트륨, 차아염소산나트륨도 사용된다. 철 오염의 제거에는 수산화나트륨 용액이 많이 사용된다. 도장 면에 표백제가 남아있게 되면 도료에 여러 가지로 악영향을 주므로 깨끗이 제거할 필요가 있다.

마. 소지의 보수(補修)

소지의 보수는 ①나무메움(埋木) : 소지의 큰 간극, 할렬이나 빠진옹이 등에 나무를 끼워 넣어 보수하는 작업이다. 메움목용의 나무는 소지와 같은 수종, 목리, 재색의 것을 사용하고, 무색의 접착제를 사용하여 주변이 더렵혀지지 않도록 한다. ② 목분보수 : 나무메움 보수보다 작은 면적의 결함을 보수하는 것으로 소지의 작은 간극, 흠 등에 목분과 초산비닐수지 접착제 및 안료를 가하여 재색을 맞춘 목분으로 메운다. ③ 화장 단판의 박리 및 오버랩의 보수 : 박리부는 재접착에 의해, 오버랩부는 짤라내고 평활히 한 다음 재접착한다.

바. 소지연마(素地硏磨)

소지에 많이 있는 보풀, 미세한 흠, 손때나 오염 등을 제거함과 동시에 평활한 피도면 을 만들어 도료의 부착성을 향상시키기 위해 소재연마를 행한다. 소지연마의 방법으로 는 ① 건조연마 : 가장 일반적으로 사용되고 있는 방법으로 연마를 하기 위해 전처리를 하지 않고 바로 연마하는 방법이다. ② 물뿌림 연마(水引硏磨):연마의 전처리로서 미온수를 소지에 칠해 눌린 흠을 복원시키고 보풀을 세워 건조시킨 후 가벼운 압력으로 연마한다. ③ 워쉬코트 연마(wash coat sanding):소지보강과 보풀을 완전히 제거할 목적으로 희석한 실러를 도포하여 건조한 후 연마한다.

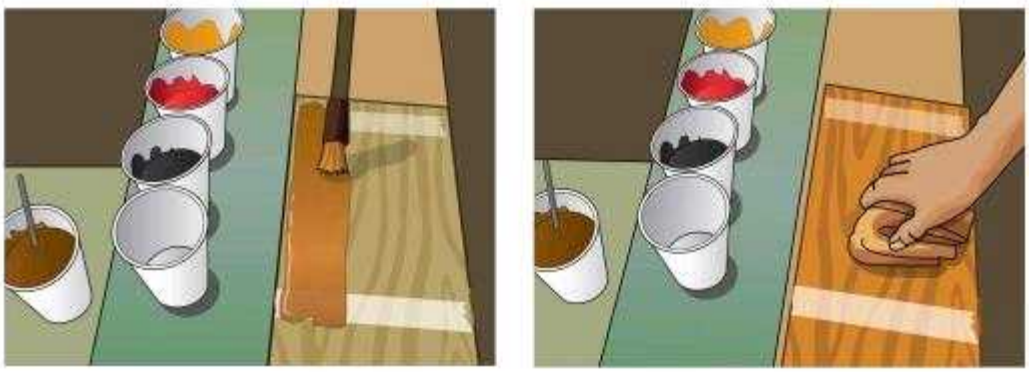
연마는 사람의 손에 의한 손연마 또는 기계에 의한 기계연마에 의해 행하고 있으며, 기계연마기에는 벨트샌더, 드럼샌더, 포트블샌더가 있으며, 그 밖에 포일샌더가 특수용도에 사용되고 있다. 소지연마용의 연마지 입도는 소지의 평활성, 도관구멍의 크기에 따라 변하지만, 보통은 80 ~ 240번이 많이 사용된다. 특히, 소지연마시 가장 중요한 포인트는 잘 갈리는 연마지를 사용하여 가벼운 압력으로 행하는 것이다.

2-4-3. 소지 착색(着色)

소지에 직접 착색하는 방법으로 주로 염료가 사용된다. 착색의 기본은 목재고유의 자연스러움과 아름다움을 잃지 않도록 하며, 원하는 색으로 만드는 것이다. 변재를 심재색으로 착색하여 균일한 재색으로 하거나 저급재를 고급재의 색으로 하는 것도 소지 착색이다. 착색제에는 수성착색제, 유성착색제, 알콜성착색제, NGR(Non Grain Raising)스테인, 안료착 색제 및 약품착색 등이 있다. 착색제는 내광성, 작업성이 양호하고, 투명도가 높으며, 색 번짐이 없고, 특히 위에 칠하는 도료와 서로 상용성이 좋아야 한다.

2-4-4. 눈메꿈 및 눈메꿈착색

눈메꿈은 큰 구멍의 도관을 메워 평활한 면을 만들고, 도료의 침투를 균일하게하기 위한 공정이다. 눈메꿈제의 제조시 안료나 염료를 가해 나무결을 강조시키는 눈메꿈 착색에도 사용할 수 있다. 눈메꿈제의 종류에는 흙가루, 초산비닐접착제를 물로 혼합한 수성눈 메꿈제, 안료를 건성유등으로 혼합하여 용제로 점도를 조절한 유성눈메꿈제, 도료로 사용되는 각종 수지와 안료를 혼합한 합성수지 눈메꿈제가 있다. 눈메꿈 작업은 바텀코터나 리버스롤코터로 주로 행하고, 적은면적의 작업, 모서리 부분, 기계눈메꿈 후의 보수에는 손작업에 의해 행한다.



<그림 착색하기>

2-4-5. 밑칠 (하도:下塗, Under coat)

밑칠은 중간칠이나 마감칠에 대응하는 말로 일반적으로는 실러도장을 말한다. 눈메꿈, 소지착색, 소지연마 전에 도장하면 워쉬코터 (wash coat)라고 하고, 또 소지착색의 뒤에 도장하면 색맞춤이라고 하나 이들은 모두 밑칠에 속한다. 밑칠의 역할은 도료가 소지에 침투 및 고화하여 치수안정성을 향상시키고, 소지목재의 흡수, 흡습성을 개선하여 수분에 의한 도막의 변화를 최소화하고, 연마성을 향상시킨다. 폴리우레탄실러는 소지 중의 추출성 분의 영향을 최

소화 할 수 있어 추출성분(일반적으로 수지)이 원인이 되어 생기는 불포화 폴리에스테르수지 도료의 경화저해를 막을 수가 있다. 밑칠은 붓, 스프레이, 롤코터, 블로코트 등 각종 방법에 의해 도장된다.

2-4-6. 중간칠 (중도:中塗 Middle coat)

밑칠위에 바로 마감칠을 하는 경우도 있어 중간칠은 생략될 경우도 있다. 일반적으로 투명도장에서의 샌딩실러, 에나멜 도장에서 서페이서 및 색상부여용 도료를 도장하는 공정이 중간칠이다. 중간칠의 목적은 밑칠이나 눈메꿈을 하여도 채워지지 않는 구멍, 소지의 할렬, 도막의 살빠짐에 의해 생긴 홈 등을 메워 평활한 마감칠 도막을 만들기 위해 행한다. 중간칠을 함으로 인해 이후의 공정단축, 능률의 항상 및 생산가격 저하를 기할 수 있기 때문에 많이 행하고 있다. 색상부여는 밑칠로부터 마감칠까지 행하고 있으나, 중간칠에 행하는 것이 가장 많다. 색상부여용 도료는 소지착색이나 눈메꿈착색의 상승효과에 의해 소지의 중후감, 균일한 착색 등의 목적으로 행한다. 그 밖에 소지 착색에서는 색차가 많은 소지의 착색, 참나무 등의 백목도장의 경우는 흰색조를 강조하기 위해서도 색상 부여가 행해지고 있다.

합판 및 하드보드 등의 라인도장에서는 롤코터에 의한 도장이 많이 사용되고 있다. 색상부여용 도료는 밑칠 또는 마감칠 도료에 염료나 안료를 첨가하여 제조한다. 중간칠에 사용하는 샌딩실러나 서페이서는 두꺼운 도막이 가능하고, 건조가 빠르고, 연마하기 쉽도록 조성이 되어 있으므로 성능은 다른 도료에 비해 떨어진다. 따라서 소지의 틈새 부분 에만 메워지도록 하고, 다른 부분에 남아 있는 것은 연마에 의해 제거할 필요가 있다.

2-4-7. 도막건조(塗膜乾燥)

도료의 종류와 마찬가지로 건조 기구 또한 많은 종류가 있다. 도막의 주요소인 수지를 중 심으로 도료의 건조형태를 분류하면 <표 <각종 도료의 건조기구>>와 같다

<각종 도료의 건조기구>

구분	건조의종류		건조의 기구	도료에
물리적 건조	휘발건조		도료중의 용제나 수분이 증발하여 없어 짐에 따라 도막형성 요소가 고화하여 도막을 형성한다.	락카, 비닐수지, 에멀젼도료
	용융냉각건조		가열에 의해 도료가 용융하면 도포하고 그후 냉각되면 도막형성 요소가 경화한다.	핫멜트형 도료
화학적 건조	산화건조		공기중의 산소를 통해 산화반응이 일어 나 중합에 의해 도막이 경화한다	조합페인트, 보일유
	중합건조	열중합건조	가열에 의해 수지의 가교반응이 일어나 도막이 경화한다.	아미노알키드수지 도료, 열경화아크릴수지 도료
		촉매중합건조	촉매, 경화제의 작용에 의해 수지가 중 합하고, 도막이 경화한다.	불포화폴리에스테르, 에 폭시, 우레탄 도료
		광주압건조	UV 조사에 의한 광개시제의 개시에 의 해 중합경화한다.	UV경화형 도료
		전자선조사	전자선 가속기를 사용하여 전자선(EB) 을 조사하면 활성라디칼이 생성되어 중 합경화한다.	전자선 조사(EB) 도료

출처 : 新 • 木工塗裝ハンドブック. 1989. (株) フォレスト. p55

2-4-8. 도막연마

도막연마는 눈메꿈, 하도, 중도, 상도의 각 도막을 필요에 따라 도장 후 연마하는 공정이다.

2-4-9. 눈메꿈 후의 도막연마

도관공 이외의 부분에 남아있는 눈메꿈제를 깨끗이 제거하는 것이 주목적이다. 구멍에 메워진 눈메꿈제를 갈아내지 않을 정도의 가벼운 압력으로 연마하는 것이 중요하다. 일반적으로 벨트샌더가 주로 사용되나, 연마성이 나쁜 눈메꿈제의 경우에는 나일론 포일 샌더가 사용될 경우도 있다.

2-4-10. 하도, 착색 후의 도막연마

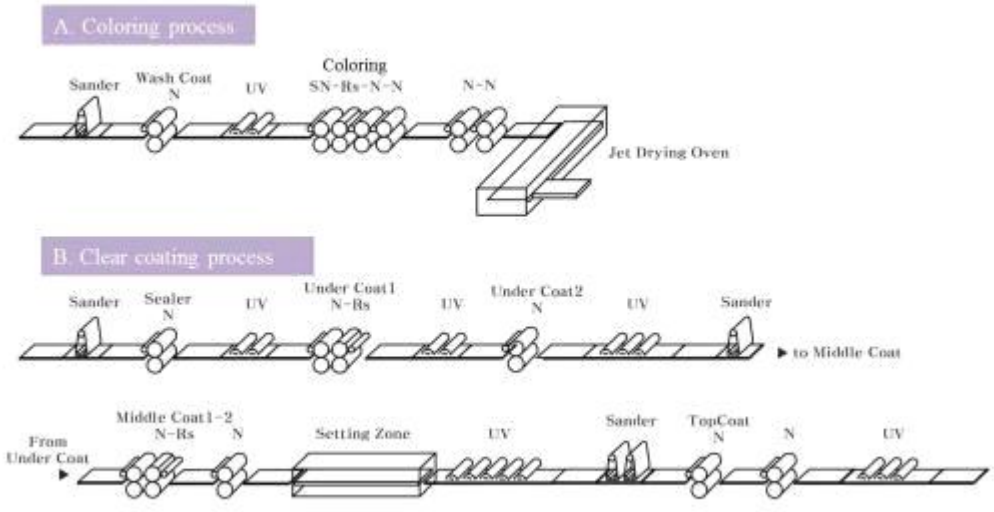
소지에 우드실러를 도포하면 소지연마에서 남아 있던 보풀이 일어나 표면이 거칠어진다. 이것을 평활히 하는 것이 주목적인 연마이다. 얇은 도막을 파손하지 않도록 미세한 미립자(微粒子)의 연마지로 가벼운 압력으로 연마한다.

2-4-11. 중도 후의 도막연마

샌딩실러나 서페이서 도포 후의 연마는 소지의 홈 또는 할렬부 등에 묻어 있는 도료 이외의 것을 완전히 제거하는 것이 이 연마의 목적이다. 다른 도막연마는 생략이 가능하나, 이 연마만은 반드시 행하여야만 한다. 도막착색 도료의 연마는 행하지 않는 것이 일반적이다.

2-4-11. 마무리칠 (상도:上塗, Top coat)

마무리칠은 소지조정으로부터 시작하여 많은 도장공정을 거쳐온 피도물을 최종마무리 하는 특히 중요한 공정이다. 마무리칠은 도장면을 아름답고 요구하는 광택이 나도록 색차나 먼지가 부착하지 않도록 주의하면서 작업을 진행시켜야 한다.



<그림 <Coating Process (Flooring coating>>

2-5. 도장 및 경화방법

2-5-1. 도장방법

UV도료의 도장에는 통상의 도장기를 사용할 수 있다. 많이 사용되고 있는 것은 롤코터, 텐 플로우 코터, 스프레이 등이 있다. 또한 최근에는 주택 부재 관련으로 진공 도장기도 이용되게 되었다. 과거의 도료에서는 도장 시에 용제(신나)를 더해 점도 조정을 하였지만 UV도료의 경우 무용제이기 때문에 도료를 가온해 점도 조정을 실시한다.

가. 롤코터

목질 바닥재, 염화비닐 타일과 같은 평판, 긴염화비닐 바닥재와 같은 시트물의 도장에 적절

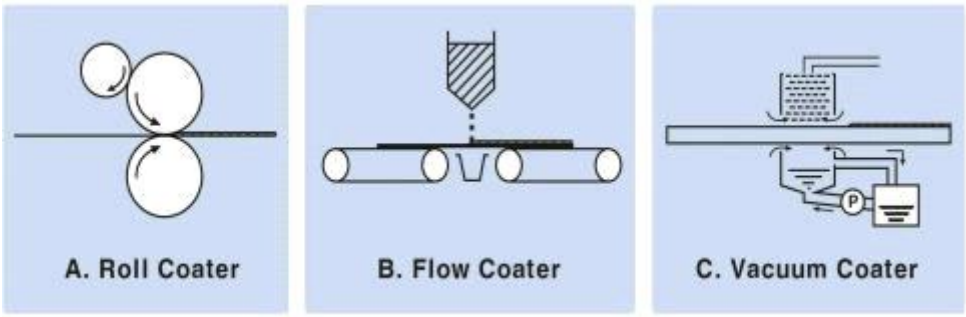
하다. 도장 도막의 두께는 일반적으로 얇은 막으로 한다.

나. 커텐 플로우 코터

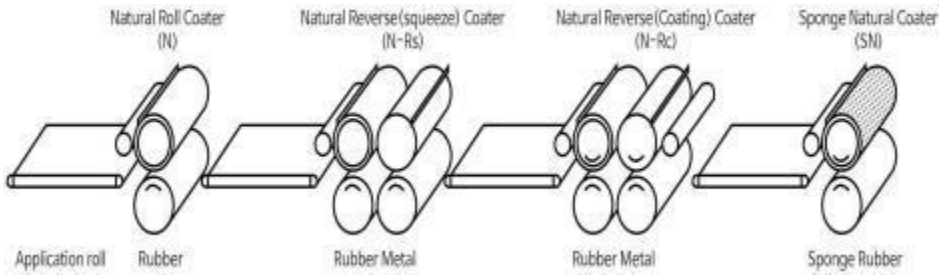
평판의 두꺼운 도막을 원할 때 사용하고 있다. 도막은 매우 평활하며 두께감과 경면 마무리를 얻을 수 있다. 도장 시 커텐의 막조각이나 거품이 일으키지 않는 설계가 요구된다.

다. 스프레이

입체물에 도장할 경우에 이용된다. 에어 스프레이, airless spray가 있지만 도착효율이 좋지 않아 도료의 로스가 나온다. 또 점도 조절에 있어 신나를 사용하기 때문에 세팅(신나를 없애주는 장치)에 의해 신나를 완전하게 휘산 시킨 후 UV조사할 필요가 있다.



[그림 <Coater의 종류>]



[그림 <Roll Coater의 종류>]

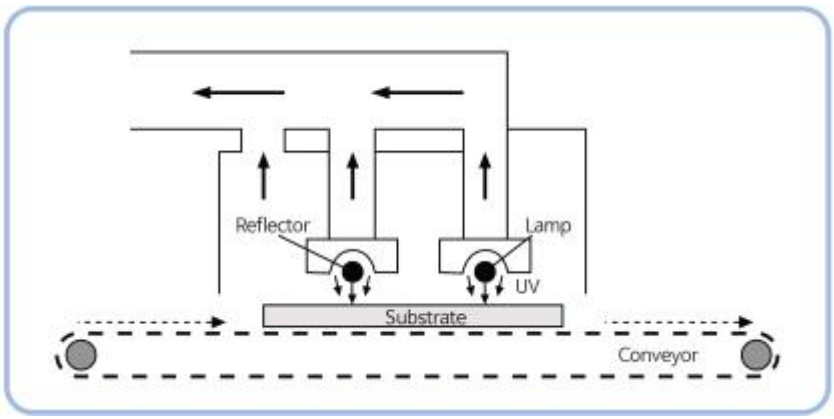
2-5-2. 경화 방법

UV도료는 자외선을 조사함으로써 경화되어 도막이 된다. 자외선은 전자파([그림 1-8])의 일종이며, UV경화 시스템에 이용되는 것은 통상 200~450 nm(나노미터 : 10-9 m)의 영역의 것이다.

g-ray	X-ray	Ultravioret-ray	Visible-ray	Infrared-ray	Electronic Waves

[그림 <빛의 파장별 분류>]

UV조사에는 통상, 고압 수은 램프가 이용된다. 투명한 석영관에 수은 가스가 봉입되어 있어 강도는 단위 길이당의 입력으로 나타난다. 50 W/cm, 80 W/cm, 120 W/cm, 160 W/cm 등의 UV램프가 있고 통상 80 W/cm나 120 W/cm의 램프가 사용된다. [그림 1-9]에 UV조사 장치의 개요를 나타낸다.



[그림 <UV조사 장치>]

또한 UV도료에는 그 반응 메카니즘에 의해, 래디칼 중합 타입이나 양이온 중합 타입 등으로 나눌 수 있지만, 현재 공업적으로 이용되고 있는 것은 거의 래디칼 중합 타입으로 앞에서 얘기한 불포화 폴리에스텔, 아크릴레이트계의 올리고머도 래디칼 중합으로 반응이 진행한다.

비닐 에테르를 이용한 양이온 중합 타입의 UV는 최근 주목 받고 있다. 양이온 중합은 래 디칼 중합에 없는 특징을 가지고 있지만, 가격이 비싸고 보편화가 되기까지는 많은 시간이 필요하다고 생각된다.

2-6 도장설계

목재 도장공정의 일반적인 공정순서는 다음과 같으나, 상황에 따라 일부공정이 생략 되기도 한다

<목재 도장공정의 순서>

순서	작업명	작업의 내용
1	도장의 디자인	경화방법, 요구물성 등에 따른 도료의 설계 및 선정, 도장법의 선택, 라인스피드의 결정, 인원배치 등
2	소지(素地)조정	소지의 결점보수에 의해 도장에 적합한 소지조성
3	소지착색	염료를 사용하여 소지의 색맞춤
4	눈메꿈,눈메꿈 착색	눈메꿈제로 도관구멍을 메우거나 평활히 하고 도관의 착색
5	착색 건조	착색도장 후 하도와의 부착을 위해 건조(IR/UV건조)
6	밑칠(하도	밑칠도료(주로 Wood sealer)의 도장 및 건조
7	중간칠(중도	샌딩실러 또는 색상부여용 도료의 도장 및 건조
8	도막연마	중도도장후의 도장의 불균일, 요철부의 제거 및 평활한 도막조성
9	마감칠(상도	마감칠용 도료의 도장 (미세한 흠, 요철부 제거/광택

2-7. 안전 · 유의 사항

2-7-1. 목공용 도료의 사용설명서 및 매뉴얼을 사전 탐독하여 사용 시 안전사고가 없도록 유의한다.

2-7-2. 사용도료의 물질보건자료 (MSDS)를 반드시 필독하여 위험요소에 대해 각별히 주의한다.

2-7-3. 도료사용 후 폐기물 발생에 대한 처리방안을 사전 모색하여 준비한다.

2-7-4. 도료사용시 사용되는 용제는 화기와의 접촉을 절대 엄금하고 화재소방안전관리 지침을 잘 파악하여 화재발생을 예방한다.

2-7-5. 장치 사용설명서 및 매뉴얼을 사전 탐독하여 롤코터 운전에 내용을 숙지한다.

2-7-6. 도료의 사양과 물질보건안전자료를 사전에 숙지하여 안전한 작업이 될 수 있도록 한다.

2-7-7. 목재도장장치 (Coater, UV Dryer)의 기능과 작업 안전관리지침을 잘 파악한다.

2-7-8. 소방안전관리 지침을 잘 파악하여 화재발생을 예방한다.

2-7-9. 도료 사용 후 청소정리 시 폐기물 배출관련 관련내용을 잘 파악하여 환경오염을 예방한다.

2-7-10. 수용성도료 사용 시 청소 및 사용 시 발생하는 폐수처리 방법에 대해서 사전 숙지한다.

2-8. 작업 순서

2-8-1. 도장가공의 대상 목재(수종, 단면, 조만재, 심변재등) 및 도료(MSDS와 사양서)에 대한 기초 정보를 확보하고 위험요소에 대해 작업자에게 숙지시킨다.

2-8-2. 도장하기 위한 피도재의 표면 연마가공처리를 위한 준비를 한다.
각 공정에 적합한 도료와 연마지등을 공정별로 배분한다.
공정별 필요한 측정장치 및 장비를 사전에 배치한다(전자저울, 버니어캘리퍼스등).

2-8-3. 도장 공정에 착수하기 전 사전에 도장 공정계획을 수립한다. 이때 착색여부와 도막의 두께 등을 고려한 도장 공정을 반영한다.
소지조정 된 피도재의 판면을 재차 확인 한 후 사용할 도료를 선정한다.
도료선정이후 수립된 계획에 맞추어 각 공정별로 도료의 점도를 조정한 후 롤코터일 경우에는 약 10여분간 도료의 고른 분포가 안정화 될 때 까지 공회전을 실시한다.

2-8-4. 피도재의 특성을 파악 후 설정된 도장설계안을 재차 확인하고 작업의 내용을 숙지한다.

2-8-5. 최초 소지연마공정에서 목표두께를 설정하고 연마벨트의 사양을 결정한다. 연마지의 사양은 거친 정도에서 부드러운 정도로 설정한다.

2-8-6. 하도전의 착색공정에서는 원하는 색을 조정하기 위해서 사전에 샘플을 이용해서 착색을 위한 Color matching작업을 실시하여 색 배합비의 표준을 정한다.

2-8-7. 착색공정이 없는 Clear 도장의 경우에는 하도로부터 상도에 이르기까지 최종 도장제

품의 품질을 고려하여 도포 량을 설정하고 도포 량을 기준하여 작업을 실시한다.

2-8-8. 하도공정에서는 도막의 부착을 중요한 요인으로 정하고 중도에서는 도막의 두께를 형성하 는 기준으로 작업하고 중도도장이후에는 도장면의 연마를 통해 도장면의 평활도를 유지시킨다.

2-8-9. 최종적으로 상도에서는 마감면의 광택도와 면의 상태 등을 고려하여 도장을 실시한다.

붙임

1. 원목 규격 고시

2. 목재제품의 규격과 품질기준

[부속서1] 제재목

[부속서2] 방부목재

[부속서3] 난연목재

[부속서5] 집성재

[부속서11] 목재펠릿

[부속서12] 목재칩

원목 규격 고시

[시행 2025. 2. 21.] [산림청고시 제2025-22호, 2025. 2. 21., 일부개정]

산림청(산림자원과), 042-481-8881
산림청(목재산업과), 042-481-8879

제1장 총칙

제1조(적용범위) 이 규격은 국내에서 생산된 원목으로 건축 및 기타 일반 용도로 사용되는 원목에 적용한다. 다만, 다음 각 호의 목재는 본 규격을 적용하지 아니한다.

1. 별도로 규격이 제정된 목재
2. 목재로서 이용가치가 극히 낮은 토막재
3. 썩음 또는 기타 결점에 의하여 이용할 수 없는 부분이 그 재적의 100분의 50이상을 차지하고 있는 통나무
4. 재질 또는 형상이 극히 희소한 목재, 재질이 극히 뛰어나게 좋은 목재 또는 형상이 극히 희소하여 감상가치가 높은 목재

제2조(정의) 이 규격에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

1. “원목“이란 「목재의 지속 가능한 이용에 관한 법률」제2조제1의2호에서 정하는 목재를 말한다.
2. “전간재“란 1본의 임목을 벌채하여 초두부 만을 잘라낸 전 길이의 원목을 말한다.
3. “재면“이란 원목의 표면을 종선으로 4등분한 면을 말한다.

제2장 원목의 구분

제3조(원목의 재종구분) 이 규격에서 구분하는 원목의 재종은 다음과 같다.

1. 특용재급은 침엽수 중 지름이 매우 크고 결점이 적어 문화재 보수나 공예품, 합판용 단판 등의 생산에 적합한 지름과 품질이 매우 우수한 원목을 말한다.
2. 1등급은 지름이 ‘특용재급’에는 못 미치지만 지름이 크고 결점이 적어 침엽수의 경우 한옥건축 등에서 이용되는 대단면의 보구조재나 기둥구조재, 활엽수의 경우 수장용재 등의 이용에 적합한 지름과 품질의 원목을 말한다.
3. 2등급은 지름이 ‘1등급’에는 못 미치지만 지름이 다소 크고 결점이 적어 침엽수의 경우 규격구조재나 데크재, 수장용재, 활엽수의 경우 수장용재 등의 이용에 적합한 지름과 품질의 원목을 말한다.
4. 3등급은 지름이 ‘2등급’에 못 미치거나 결점이 다소 많지만 침엽수의 경우 제재가공에 의한 이용이 가능하고, 활엽수의 경우 신탄재 등으로의 이용은 가능한 지름과 품질의 원목을 말한다.
5. 원주재급은 침엽수 중 지름이 ‘3등급’에 못 미치지만 서까래나 조경용재로 이용되는 원주재로 생산이 가능한 지름 및 품질의 원목을 말한다.
6. 원료재급은 지름이 침엽수의 경우 ‘원주재급’, 활엽수의 경우 ‘3등급’에 못 미치거나 결점이 많은 원목으로, 주로 가설재나 표고자목, 칩, 보드, 펄프 등의 원료로 이용이 가능한 원목을 말한다.

제4조(원목의 수종구분) 이 규격에서 원목의 수종군은 국내에서 주로 생산되는 수종 및 지름분포를 고려하여 다음과 같이 구분한다.

수종군	수종
소나무류	소나무, 해송, 잣나무, 스트로브잣나무, 리기다소나무, 리기테가소나무
낙엽송류	낙엽송
편백나무류	편백, 화백, 삼나무, 가문비나무, 전나무, 기타 침엽수
활엽수류	참나무, 포플러, 기타 활엽수

제3장 단위

제5조(치수의 단위) ① 원목 지름의 치수단위는「mm」를 원칙으로 한다. 다만,「cm」로도 할 수 있다.
② 원목 길이의 치수단위는「m」로 한다.

제6조 (재적단위) 원목의 재적단위는「㎥」로 한다.

제7조 (수량단위) 원목의 수량단위는「본」으로 한다.

제8조 (단위치수) ① 원목 지름의 단위치수는「10mm」또는「1cm」로 하고, 단위치수 미만 끝수는 끊어버린다.
② 원목 길이의 단위치수는「0.1m」로 하고 단위치수 미만의 끝수는 끊어버린다.

제4장 치수의 측정방법

제9조(원목의 지름) 원목의 지름・말구지름・원구지름・평균지름은 다음 각 호와 같다.

1. 원목의 지름은 말구지름을 말한다.
2. 원목의 말구지름은 수피를 제외한 최소지름을 말한다. 다만, 최소지름이 300mm를 넘는 원목은 최소지름과 최소지름에 대한 직각지름을 동시에 측정하여 그 차 30mm(400mm이상인 원목은 40mm)마다 최소지름에 10mm씩 가산시킨 지름을 말구지름으로 한다.
3. 원목의 원구지름은 수피를 제외한 원구(이상 팽대 부분이 있는 원목은 그 부분을 제외)의 최소지름을 말한다. 다만, 최소지름이 300mm를 넘는 원목은 최소지름과 최소지름에 대한 직각지름을 동시에 측정하여 그 차 30mm(400mm이상인 원목은 40mm)마다 최소지름에 10mm씩 가산시킨 지름을 원구지름으로 한다.
4. 원목의 평균지름은 말구지름과 원구지름을 평균한 지름을 말한다. 이때 평균의 단위치수는 10mm로 하고 10mm 미만의 끝수는 끊어버린다.

제10조(원목의 길이) 원목의 길이는 원구와 말구를 연결하는 최단 직선의 길이를 말한다. 다만, 0.1m 미만의 여척과 지름이 60mm 미만인 끝단부는 길이에서 제외한다. 여기서「여척」이라 함은 0.1m 단위로 끊고 난 후 남은 길이를 말한다.

제5장 재적계산방법

제11조(원목의 재적계산방법) ① 원목의 재적은 가호에 의하여 계산한다. 단, 말구직경을 이용한 원구 직경 추정값은 나호에 의하여 계산하고, 재적 값은 별표1의 재적표를 이용한다.

가. 스말리안식(원구직경과 말구직경의 양단면적, 재장 활용) : $m^3 = \frac{g_0 + g_n}{2} \times L$

g_0 : 원구단면적

g_n : 말구단면적

L : 재장

나. 원구추정식(y=원구, x=말구)

낙엽송 : y=1.0487*x + 3.1212
소나무 : y=1.0434*x + 5.6829
기타침엽수 : y=1.0014x + 4.6196
기타활엽수 : y=0.99984x + 4.1105

② 원목의 재적(㎥)에 소수점 3자리 미만의 끝수가 있을 때에는 소수 4자리에서 반올림하여 소수 3자리까지 구한다.

제6장 품등

제12조(원목의 품등) 수종군에 따른 원목의 품등은 다음과 같다.

1. 소나무류

기준 \ 등급	특용재급	1등급	2등급	3등급	원주재급	원료재급
지름(㎜)	420이상	270이상	210이상	180이상	120이상	60이상
재장(m)	2.1이상	3.6이상	3.6이상	2.1이상	2.4이상	2.1이상
옹이	긴지름 150mm 이하			2등급 기준에 적합하지 않은 것		
할렬/윤할	30% 이하					
굽음	20% 이하			30%이하		원주재급 기준에 적합하지 않은 것
썩음 등	20% 이하			30%이하		
기타결점	경미한 것			현저하지 않은 것		

※ 비고. 펄프용, 보드용, 갱목용으로 사용되는 원료재 재장은 현장 여건에 따라 1.8m 이상 가능

2. 낙엽송류

기준 \ 등급	특용재급	1등급	2등급	3등급	원주재급	원료재급
지름(㎜)	360이상	240이상	180이상	150이상	90이상	60이상
재장(m)	2.1이상	3.6이상	3.6이상	2.1이상	2.4이상	2.1이상
옹이	긴지름 150mm 이하			2등급 기준에 적합하지 않은 것		
할렬/윤할	30% 이하					
굽음	20% 이하			30%이하		원주재급 기준에 적합하지 않은 것
썩음 등	20% 이하			30%이하		
기타결점	경미한 것			현저하지 않은 것		

※ 비고. 펄프용, 보드용, 갱목용으로 사용되는 원료재 재장은 현장 여건에 따라 1.8m 이상 가능

3. 편백・삼나무류

기준 \ 등급	1등급	2등급	3등급	원료재급
지름(㎜)	210이상	150이상	90이상	60이상
재장(m)	3.6이상	3.6이상	2.1이상	2.1이상
옹이	긴지름 150mm 이하		2등급 기준에 적합하지 않은 것	
할렬/윤할	30% 이하			
굽음	20% 이하		30%이하	3등급 기준에 적합하지 않은 것
썩음 등	20% 이하		30%이하	
기타결점	경미한 것		현저하지 않은 것	

※ 비고. 펄프용, 보드용, 갱목용으로 사용되는 원료재 재장은 현장 여건에 따라 1.8m 이상 가능

4. 활엽수류

등급 / 기준	1등급	2등급	3등급	원료재급
지름(㎜)	270이상	150이상	120이상	60이상
재장(m)	2.1이상	2.1이상	2.1이상	2.1이상
옹이	긴지름 150mm 이하		2등급 기준에 적합하지 않은 것	
할렬/윤할	30% 이하			
굽음	20% 이하		30%이하	3등급 기준에 적합하지 않은 것
썩음 등	20% 이하		30%이하	
기타결점	경미한 것		현저하지 않은 것	

※ 비고. 펄프용, 보드용, 갱목용으로 사용되는 원료재 재장은 현장 여건에 따라 1.8m 이상 가능, 표고자목용은 1.2m 이상

제12조의2(합판용 원목의 규격 및 품등) 합판용 원목의 규격과 품등은 다음 각 호와 같다.

1. 규격

구분	기준
지름	말구지름 15cm 이상일 것.
재장	가. 합판치수 2종(3×6< 910×1,820mm>, 4×8<1,200×2,400mm>)에 적합한 치수의 길이로 자른 것 ① 3‘×6’(910×1,820mm) 합판 제조용 원목 : 최소 2.0m 및 그 배수인 길이 ② 4‘×8’(1,200×2,400mm) 합판 제조용 원목 : 최소 2.6m 및 그 배수인 길이

2. 품등

구분	기준
옹이	100mm 이하
윤할 및 할렬(갈라짐)	15% 이하
굽음	20% 이하
썩음 등	20% 이하
기타 결점	합판제조에 지장이 없을 정도로 경미할 것

제7장 결점측정 방법

제13조(원목결점의 측정방법) 제12조의 원목품등에 있는 결점은 다음 표의 방법으로 측정한다. 이때 결점이 여척 또는 이상 팽대 부분에 걸쳐 있을 때에는 당해 여척 또는 이상 팽대 부분을 제외하고 그 결점을 측정한다. 측정은 10mm단위로 측정하고 10mm 미만은 버린다. 백분율의 경우 소수점 이하는 버린다.

결 점		측 정 방 법
옹이	측정	1. 재면에 있는 옹이를 대상으로 실측 긴지름을 측정한다. 2. 산 옹이의 지름은 그 실측 긴 지름으로 한다.
	산옹이	산옹이의 지름은 그 실측 긴지름으로 한다.
	죽은옹이 썩은옹이	죽은옹이・썩은옹이의 지름은 그 실측 긴지름의 2배로 한다.
	숨은옹이	1. 재면이 돌출 또는 함몰 등의 이상을 나타내어 그 내부에 옹이가 숨어 있는 것으로 판단되는 경우 그 크기는 그 원목의 산옹이, 죽은옹이 또는 썩은옹이 중 가장 큰 옹이의 실측 긴지름을 1.5배한 크기로 한다. 다만, 1.5배한 지름이 숨은옹이로 인한 돌출 및 함몰부분의 긴지름 보다 작은 경우는 그 돌출 및 함몰부분의 교차점간 거리를 숨은 옹이의 지름으로 한다. 2. 산옹이, 죽은옹이 또는 썩은옹이가 없고 숨은옹이만 있는 경우의 숨은옹이 크기는 100mm로 한다. 다만, 숨은옹이로 인한 돌출 및 함몰부분의 긴지름이 100mm보다 큰 경우는 그 돌출 및 함몰부분의 실측 긴지름을 숨은 옹이의 지름으로 한다.
할렬	측정	횡단면에서 재면으로 이어진 할렬(뿌리에서 수관 방향으로 갈라짐)을 대상으로 재면에서의 할렬길이를 측정한다.
	동일횡단면	1. 동일 횡단면에 2개 이상인 경우는 가장 긴 것을 그 횡단면의 할렬길이로 한다. 2. 횡단면 지름의 1/2을 초과한 깊은 할렬은 그 할렬의 실측 길이를 1.5배한 길이로 한다.
	양횡단면	각각의 횡단면에서 가장 긴 할렬만을 합계한 수치로 한다.
	백분율	할렬의 길이에 대한 그 원목의 길이 비율로 한다.
윤할	측정	1. 횡단면에 있는 윤할(목재의 횡단면이 연륜에 따라 둥글게 갈라짐)을 대상으로 윤할의 곡선길이를 측정한다. 2, 횡단면 중심에서 9/10보다 외측에 있는 윤할은 제외한다.
	동일횡단면	윤할이 2개 이상인 경우 각각의 윤할 곡선길이를 합한 길이로 한다. 다만, 각 윤할의 양쪽끝과 수심을 직선으로 연결하여 윤할이 겹치는 경우는 전체의 윤할곡선 길이에서 중복된 윤할 곡선길이를 제외한 길이로 한다.
	양횡단면	양 횡단면 중 윤할 곡선길이가 더 큰 것을 그 원목의 윤할 곡선길이로 한다.
	백분율	윤할곡선 길이에 대한 그 횡단면 둘레(원주)의 길이 비율로 한다.
굽음	측정	굽음변의 최대 굽음 높이를 측정한다.
	두 번 이상 굽은 것	각 굽음 높이를 합하여 1.5배한 것을 그 원목의 굽음 높이로 한다.
	백분율	굽음 높이에 대한 원목의 지름 비율로 한다.
썩음 등	측정	1. 썩음 등에는 썩음, 속빔, 벌레먹음을 포함한다. 2. 평균지름은 최소지름과 직각지름의 평균으로 한다. 3. 속빔이 이상팽대부분에 걸쳐있을 때에는 그 부분을 제외 한다.
	동일횡단면	결점이 2개 이상인 경우 각 결점의 평균지름을 평균한 것을 그 횡단면의 평균지름으로 한다.
	양횡단면	각 횡단면의 평균지름을 합계한 것을 그 원목의 평균지름으로 한다.
	백분율	썩음 등의 평균지름과 그 횡단면의 지름 비율로 한다.
기 타 결 점		원목 이용가치에 따른다.

제14조(재검토기한) 산림청장은 이 고시에 대하여 「훈령・예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 2024년 1월 1일을 기준으로 매 3년이 되는 시점(매 3년째의 12월 31일까지를 말한다)마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

[부속서 1]

제재목(製材木)

1. 적용범위 이 기준은 국내에서 생산되거나 수입되어 국내에서 유통되는 모든 제재목에 적용한다. 다만, 캔트는 제외한다.

2. 인용표준 다음에 나타내는 표준은 이 기준에 인용됨으로써 이 기준의 규정 일부를 구성한다. 이러한 인용표준은 최신판을 적용한다.

KS F 1551 목재 관련 용어 - 목재의 성질 및 결점
KS F 2199 목재의 함수율 측정 방법
KS F 2208 목재의 휨 시험방법
KS F 3020 침엽수 구조용재
KS T 1201 포장용 나무틀상자의 설계

3. 정의 이 기준에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

3.1 목재 입목·죽을 벌채한 산물(원목 및 수입한 산물을 포함한다)이다.

3.2 제재목 원주재를 포함하여 길이를 따라 단면의 형상과 크기가 균일한 목재이다. 다만, 따냄 등 물리적 가공으로 인해 길이를 따라 재면의 일부에서 단면의 형상과 크기가 균일하지 않은 경우라도 그 정도가 현저하지 않은 목재는 제재목으로 본다.

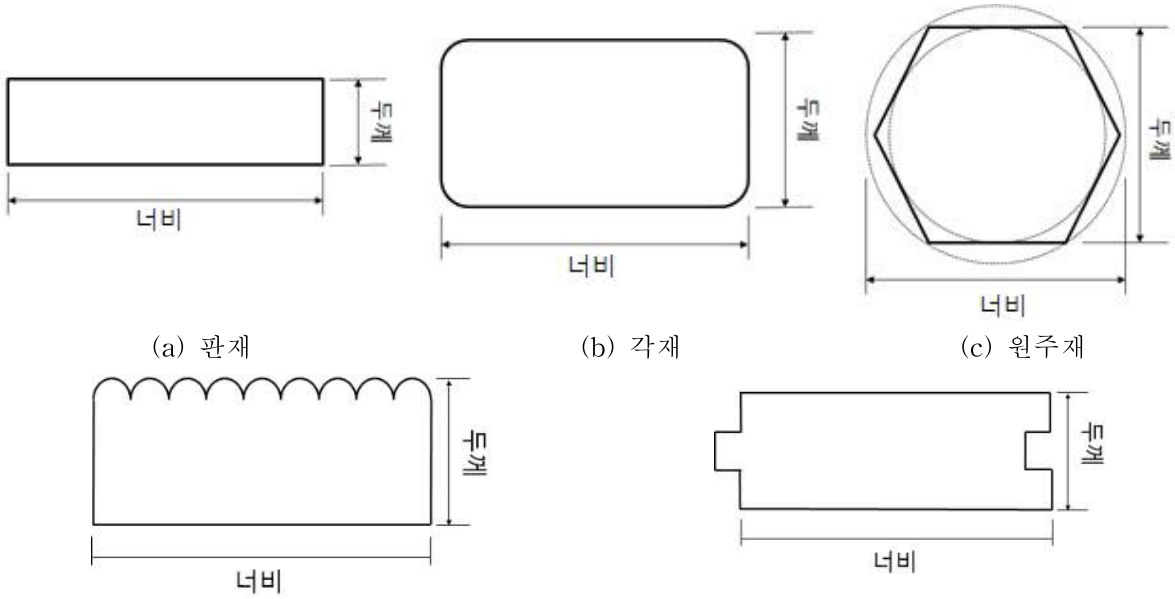
3.3 캔트(cant) 사면 제재한 목재 중에서 둥근모가 50%를 초과하는 것이다.

3.4 넓은재면 판재와 각재에 있어서 면적이 큰 두 종단면을 말한다. 다만 네 종단면의 면적이 동일(정각재)한 경우에는 마주보는 두 종단면을 임의로 선택하여 넓은재면으로 본다.

3.5 좁은재면 판재와 각재에 있어서 면적이 작은 두 종단면을 말한다. 다만 네 종단면의 면적이 동일한 경우에는 3.4의 넓은재면을 제외한 두 종단면을 좁은재면으로 본다.

3.6 두께 두 넓은재면 사이의 최소거리를 말하며, 넓은재면이 요철가공된 경우에는 요철의 두께를 포함한다. 다만 원주재에 있어서는 내접원의 최대지름을 두께로 보며, 이때 배할 등 국부적인 부분은 무시하고 내접원을 결정한다.

3.7 너비 넓은재면 상에서 두 좁은재면 사이의 최소거리를 말한다. 다만 원주재에 있어서는 외접원의 최소지름을 너비로 본다.



(a) 판재 (b) 각재 (c) 원주재

(d) 넓은재면 요철가공 판재 (e) 좁은재면 요철가공 각재

<그림1> 제재목의 두께와 너비 측정방법

3.8 길이 두 끝면 사이의 최소거리이다.

3.9 육안등급 육안으로 제재목의 표면을 관찰하여 결점의 크기 및 분산 정도에 따라서 구분한 등급이다.

3.10 기계등급 등급구분기계에 의하여 휨탄성계수를 측정함으로써 구분한 등급이다.

3.11 정의되어 있지 않은 기타 용어는 KS F 1551 에 따른다

.

4. 종류

4.1 형태의 구분 제재목은 횡단면의 형태에 따라 다음과 같이 구분한다.

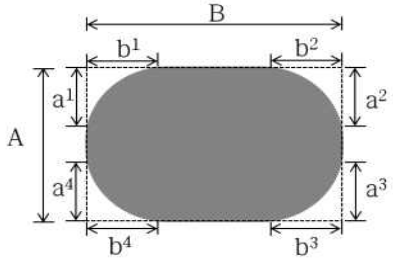
4.1.1 판재 최소 횡단면에서 빠진변을 보완한 네모꼴의 4변의 합계에 대한 빠진변의 합계가 100분의 20 미만인 것으로, 두께가 75mm 미만이고, 너비가 두께의 4배 이상인 것이다.

4.1.2 각재 최소 횡단면에서 빠진변을 보완한 네모꼴의 4변의 합계에 대한 빠진변의 합계가 100분의 20 미만인 것으로, 다음 각 호 중 하나에 해당하는 것이다.

4.1.2.1 두께가 75mm 미만이고, 너비가 두께의 4배 미만인 것이다.

4.1.2.2 두께와 너비가 75mm 이상인 것이다

4.1.3 원주재 최소 횡단면에서 빠진변을 보완한 네모꼴의 4변의 합계에 대한 빠진변의 합계가 100분의 20 이상인 것으로, 단면 형태가 원형, 육각형, 팔각형인 것 등을 포함한다.



$\frac{20}{100} > \frac{\sum_{i=1}^{n} a_i + \sum_{i=1}^{n} b_i}{2A+2B}$ $\frac{20}{100} \leq \frac{\sum_{i=1}^{n} a_i + \sum_{i=1}^{n} b_i}{2A+2B}$

(a) 각재 또는 판재 (b) 원주재

<그림2> 횡단면의 형태에 따른 제재목의 구분

4.2 용도의 구분 제재목은 용도에 따라 다음과 같이 구분한다.

4.2.1 수장용재 내장재나 가구재 등 외관이 중요한 용도에 사용되는 제재목이다.

4.2.2 구조용재 건축물과 공작물의 구조내력상 주요한 부분에 사용되어 설계값이 필요한 제재목으로, 다음과 같이 세분한다.

4.2.2.1 규격구조재 두께는 38mm 이상, 114mm 미만이며, 너비는 38mm 이상인 구조용재로서, 주로 경골목구조에 사용되는 것이다.

4.2.2.2 보구조재 두께는 114mm 이상이며, 너비가 두께보다 52mm 이상 큰 구조용재로서, 주로 높은 휨성능을 요구하는 부위에 사용되는 것이다.

4.2.2.3 기둥구조재 두께와 너비가 모두 114mm 이상이며, 너비가 두께보다 52mm 이상 크지 않은 구조용재로서, 주로 축하중이 작용하는 부위에 사용되는 것이다.

4.2.3 일반용재 설계값이 필요하지 않은 일반적인 용도에 사용되는 제재목과 설계값이 필요한 포장용 목재 및 데크용 목재 판재이다.

5. 규격과 품질기준

5.1. 수장용재

5.1.1 표준치수와 인정치수

5.1.1.1 두께는 6mm 이상 60mm 미만에서 3mm 단위로 증가하고, 60mm 이상에서 15mm 단위로 증가하는 것을 표준치수로 한다.

5.1.1.2 너비는 15mm 이상 60mm 미만에서 3mm 단위로 증가하고, 60mm 이상에서 15mm 단위로 증가하는 것을 표준치수로 한다.

5.1.1.3 길이는 0.9m 이상에서 0.3m 단위로 증가하는 것을 표준치수로 한다.

5.1.1.4 표준치수 외에 사용상 적당하다고 인정되는 별도의 치수(이하 인정치수라 한다)가 필요한 경우에는 인수・인도 당사자 간의 협의에 따라 인정치수를 사용할 수 있다.

5.1.2 등급

5.1.2.1 수장용 판재의 등급별 품질기준은 <표1>에 따른다.

5.1.2.2 수장용 각재와 원주재의 등급별 품질기준은 <표2>에 따른다.

<표1> 수장용 판재의 등급별 품질기준

결점사항 \ 등급		1 등급	2 등급	3 등급
수심[1]		없는 것	없는 것	제한 없음
수지구[1]		폭 3mm이하, 길이 100mm이하로 3개 이하인 것	폭 6mm이하, 길이 200mm이하로 6개 이하인 것	제한 없음
무결점재면[2]	넓은재면 면적 0.7㎡ 미만	개수가 1개이고, 넓은 재면 면적의 9/10 이상인 것	개수가 1개이고, 넓은재면 면적의 2/3 이상인 것	개수가 3개이하이고, 넓은 재면 면적의 1/2 이상인 것
	넓은재면 면적 0.7㎡ 이상, 1.0㎡ 미만		개수가 2개이고, 넓은재면 면적의 2/3 이상인 것	개수가 4개이하이고, 넓은 재면 면적의 1/2 이상인 것
	넓은재면 면적 1.0㎡ 이상, 1.5㎡ 미만		개수가 3개이고, 넓은재면 면적의 2/3 이상인 것	개수가 5개이하이고, 넓은 재면 면적의 1/2 이상인 것
	넓은재면 면적 1.5㎡ 이상		개수가 4개이고, 넓은재면 면적의 2/3 이상인 것	개수가 6개이하이고, 넓은 재면 면적의 1/2 이상인 것
옹이	넓은재면 면적 0.5㎡ 미만	없는 것	긴지름이 30mm 이하로 1개 이하인 것	긴지름이 100mm 이하인 것
	넓은재면 면적 0.5㎡ 이상, 0.7㎡ 미만	긴지름이 30mm 이하로 1개 이하인 것	긴지름이 60mm 이하로 1개 이하인 것	
	넓은재면 면적 0.7㎡ 이상, 1.5㎡ 미만	긴지름이 30mm 이하로 2개 이하인 것	긴지름이 80mm 이하인 것	
	넓은재면 면적 1.5㎡ 이상	긴지름이 30mm 이하로 3개 이하인 것		
둥근모	두께	20% 이하인 것	50% 이하인 것	50% 이하인 것
	너비	5% 이하인 것	10% 이하인 것	20% 이하인 것
	길이	10% 이하인 것	10% 이하인 것	20% 이하인 것
할렬		5% 이하인 것	10% 이하인 것	20% 이하인 것
윤할		5% 이하인 것	10% 이하인 것	20% 이하인 것
굽음	길이 1.8m 미만	10mm 이하인 것	15mm 이하인 것	20mm 이하인 것
	길이 1.8m 이상, 2.4m 미만	15mm 이하인 것	20mm 이하인 것	25mm 이하인 것
	길이 2.4m 이상, 3.0m 미만	20mm 이하인 것	25mm 이하인 것	30mm 이하인 것
	길이 3.0m 이상	25mm 이하인 것	30mm 이하인 것	35mm 이하인 것
기타결점		경미한 것	경미한 것	현저하지 않은 것

[1] 침엽수에 한하여 적용

[2] 활엽수에 한하여 적용

<비고> 목재의 지속가능한 이용에 의한 법률 시행령 제19조의4 (목재제품의 규격·품질 기준의 고시 및 검사 대상 등)에 의거 “국외 목재제품 규격·품질 검사기관”으로 지정된 기관에 의해 등급 구분된 수장용 판재는 부록 C와 같이 동등한 등급으로 인정할 수 있다.

<표2> 수장용 각재와 원주재의 등급별 품질기준

결점사항 \ 등급			1 등급	2 등급	3 등급
무결점부분[1] 및 옹이	두께 51mm 미만		옹이가 없는 것	긴지름이 30mm 이하로 1개 이하인 것	1. 4재면 무결점 부분이 길이의 2/3 이상이고, 긴지름 60mm 이하인 것 2. 길이 600mm마다 3재면 무결점이고, 긴지름 30mm 이하의 옹이가 1개 이하인 것.
	두께 51mm 이상, 길이 2.4m 미만				
	길이 2.4m 이상	두께 51mm 이상, 75mm 미만	긴지름이 30mm 이하로 1개 이하인 것	긴지름이 30mm 이하로 2개 이하인 것	
		두께 75mm 이상, 120mm 미만	긴지름이 30mm 이하로 2개 이하인 것	긴지름이 30mm 이하로 4개 이하인 것	
		두께 120mm 이상	긴지름이 30mm 이하로 3개 이하인 것	긴지름이 30mm 이하로 6개 이하인 것	
둥근모			5% 이하인 것	10% 이하인 것	20% 이하인 것
할렬			5% 이하인 것	10% 이하인 것	20% 이하인 것
윤할			5% 이하인 것	10% 이하인 것	20% 이하인 것
굽음	길이 1.8m 미만		10mm 이하인 것	15mm 이하인 것	20mm 이하인 것
	길이 1.8m 이상, 2.4m 미만		15mm 이하인 것	20mm 이하인 것	25mm 이하인 것
	길이 2.4m 이상, 3.0m 미만		20mm 이하인 것	25mm 이하인 것	30mm 이하인 것
	길이 3.0m 이상		25mm 이하인 것	30mm 이하인 것	35mm 이하인 것
기타결점			경미한 것	경미한 것	현저하지 않은 것

[1] 활엽수에 한하여 적용

5.1.3 함수율 수장용재의 건조상태에 따른 함수율 기준은 <표3>에 따른다.

<표3> 수장용재의 함수율 기준

구분		기호	함수율 기준
건조재	건조 12	KD12[1], D12	12% 이하
	건조 15	KD15[1], D15	15% 이하

[1] 열기건조(kiln dry)에 의하여 건조된 제재목은 KD로 표시할 수 있다.

5.2 구조용재

5.2.1 표준치수와 인정치수

5.2.1.1 규격구조재와 보구조재, 기둥구조재의 표준치수는 KS F 3020에 따른다.

5.2.1.2 표준치수 외에 설계상 적당하다고 인정되는 경우에는 인수·인도 당사자 간의 협의에 따라 인정치수를 사용할 수 있다.

5.2.2 육안등급

5.2.2.1 규격구조재의 육안등급별 품질기준은 <표4>에 따른다.

5.2.2.2 보구조재의 육안등급별 품질기준은 <표5>에 따른다.

5.2.2.3 기둥구조재의 육안등급별 품질기준은 <표6>에 따른다.

<표4> 규격구조재의 육안등급별 품질기준

결점사항 \ 등급			1등급	2등급	3등급
옹이 지름비	좁은재면		25% 이하인 것	35% 이하인 것	45% 이하인 것
	넓은 재면	가장자리	25% 이하인 것	35% 이하인 것	45% 이하인 것
		중앙부	30% 이하인 것	45% 이하인 것	60% 이하인 것
모인옹이 지름비			위 기준의 2배 이하인 것		
둥근모(길이 제외)			25% 이하인 것	33% 이하인 것	50% 이하인 것
할렬			너비 이하인 것	너비의 1.5배 이하인 것	너비의 2배 이하인 것
윤할			두께의 1/2 이하인 것	두께의 1/2 이하인 것	현저하지 않을 것
굽음			0.3% 이하인 것	0.4% 이하인 것	0.5% 이하인 것
평균연륜폭			6mm 이하인 것	8mm 이하인 것	제한 없음
섬유주행경사			1:10 이하인 것	1:8 이하인 것	1:4 이하인 것
기타결점			경미한 것	경미한 것	현저하지 않은 것

<표5> 보구조재의 육안등급별 품질기준

결점사항 \ 등급			1등급	2등급	3등급
옹이 지름비	좁은재면		20% 이하인 것	30% 이하인 것	40% 이하인 것
	넓은 재면	가장자리	20% 이하인 것	30% 이하인 것	40% 이하인 것
		중앙부	25% 이하인 것	35% 이하인 것	45% 이하인 것
모인옹이 지름비			위 기준의 2배 이하인 것		
둥근모(길이 제외)			10% 이하인 것	20% 이하인 것	30% 이하인 것
할렬			너비의 1/2 이하인 것	너비 이하인 것	너비의 2배 이하인 것
윤할			두께의 1/6 이하인 것	두께의 1/6 이하인 것	두께의 1/2 이하인 것
굽음			0.3% 이하인 것	0.4% 이하인 것	0.5% 이하인 것
평균연륜폭			6mm 이하인 것	8mm 이하인 것	제한 없음
섬유주행경사			1:12 이하인 것	1:8 이하인 것	1:6 이하인 것
기타결점			경미한 것	경미한 것	현저하지 않은 것

<표6> 기둥구조재의 육안등급별 품질기준

결점사항 \ 등급	1등급	2등급	3등급
옹이 지름비	25% 이하인 것	35% 이하인 것	45% 이하인 것
모인옹이 지름비	위 기준의 2배 이하인 것		
둥근모(길이 제외)	10% 이하인 것	20% 이하인 것	30% 이하인 것
할렬	너비 이하인 것	너비의 1.5배 이하인 것	너비의 2배 이하인 것
윤할	두께의 1/6 이하인 것	두께의 1/6 이하인 것	두께의 1/2 이하인 것
굽음	0.3% 이하인 것	0.4% 이하인 것	0.5% 이하인 것
평균연륜폭	6mm 이하인 것	8mm 이하인 것	제한 없음
섬유주행경사	1:12 이하인 것	1:8 이하인 것	1:6 이하인 것
기타결점	경미한 것	경미한 것	현저하지 않은 것

5.2.3 육안등급구조재.

5.2.3.1 육안등급구조재는 수종에 따라 <표10>와 같이 수종군으로 구분한다.

5.2.3.2 5.2.3.1에 포함되는 수종 이외에는 당해 수종의 허용응력이 5.2.3.3에 따른 기준허용응력에 상응한다는 사실이 입증된 경우에 구조용재로 사용할 수 있다.

<표7> 육안등급구조재의 수종군 구분

수종군	수 종[1)]
낙엽송류	낙엽송, 북미 낙엽송, 북양 낙엽송
소나무류	소나무, 편백나무, 리기다소나무, 북미 전나무
잣나무류	잣나무, 가문비나무, 북미 가문비나무, 북양 가문비나무, 북양 적송, 라디에타소나무
삼나무류	삼나무, 전나무, 북미 삼나무

[1)] 명기되지 않은 수종은 KS F 3020의 「부속서 A 구조용재의 허용응력」을 적용할 수 있다.

5.2.3.3 기준허용응력

5.2.3.3.1 5.2.3.1 및 5.2.3.2에 따른 수종의 기준허용응력은 KS F 3020의 「부속서 A 구조용재의 허용응력」에 따른다. 다만, 「목재의 지속가능한 이용에 의한 법률 시행령」 제19조의4(목재제품의 규격·품질 기준의 고시 및 검사 대상 등)에 의거 "국외 목재제품 규격·품질 검사기관"으로 지정된 기관에 의해 위 기준을 만족하도록 등급 구분된 규격구조재는 <표 4>의 육안등급구분 기준에 관계없이 해당 등급을 인정할 수 있다.

5.2.4 기계등급

5.2.4.1 기계등급은 규격구조재에 한하여 적용한다.

5.2.4.2 기계등급구조재의 등급별 품질기준은 <표 8>에 따른다.

5.2.4.3 기계등급구조재의 휨 성능시험은 KS F 3020에 따른다. 다만, 위 기준 이외의 방법으로 측정할 때는 해당 방법의 적합성이 사전에 검증되어야 한다.

5.2.4.4 기계등급구조재의 기준허용응력은 KS F 3020의 「부속서 A 구조용재의 허용응력」을 따른다.

<표 8> 기계등급구조재의 품질기준

구분 \ 등급	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14
휨 탄성계수 (GPa)	6이상 7미만	7이상 8미만	8이상 9미만	9이상 10미만	10이상 11미만	11이상 12미만	12이상 13미만	13이상 14미만	14이상
둥근모 (길이 제외)	30 % 이하인 것								
할렬	너비의 2배 이하인 것								
윤할	두께의 1/2 이하인 것								
굽음	0.5 % 이하인 것								
기타결점	현저하지 않은 것								

5.2.5 함수율 구조용재의 건조상태에 따른 함수율 기준은 <표 9>에 따른다.

<표 9> 구조용재의 함수율 기준

구분		기호	함수율 기준
건조재	건조 12	KD12, D12	12 % 이하
	건조 15	KD15, D15	15 % 이하
	건조 19	KD19, D19	19 % 이하
생 재[1)]		G	-

[1)] 규격구조재에는 생재기준을 적용하지 아니 한다.

5.3 일반용재

5.3.1 표준치수와 인정치수

5.3.1.1 두께는 6 mm 이상 60 mm 미만에서 3 mm 단위로 증가하고, 60 mm 이상에서 15 mm 단위로 증가하는 것을 표준치수로 한다.

5.3.1.2 너비는 15 mm 이상 60 mm 미만에서 3 mm 단위로 증가하고, 60 mm 이상에서 15 mm 단위로 증가하는 것을 표준치수로 한다.

5.3.1.3 길이는 0.9 m 이상에서 0.3 m 단위로 증가하는 것을 표준치수로 한다.

5.3.1.4 표준치수 외에 인수·인도 당사자 간의 협의에 따라 인정치수를 사용할 수 있다.

5.3.2 품질기준 일반용재의 품질기준은 <표 10>와 같다. 다만, 포장용 목재의 규격과 품질은 한국산업규격 KS T 1201에서 정하는 기준에 의하고 데크용 목재 판재의 규격과 품질기준은 <부록 B>를 따른다.

<표10> 일반용재의 품질기준

결점사항	품질기준
옹이	긴지름이 150mm 이하인 것
둥근모(길이 제외)	50% 이하인 것
할렬	50% 이하인 것
윤할	50% 이하인 것
굽음	1% 이하인 것
기타결점	현저하지 않은 것

5.3.3 함수율 일반용재의 건조상태에 따른 함수율 기준은 <표14>에 따른다.

<표11> 일반용재의 함수율 기준

구분		기호	함수율 기준
건조재	건조 12	KD12, D12	12% 이하
	건조 15	KD15, D15	15% 이하
	건조 19	KD19, D19	19% 이하
생 재		G	-

6. 품질 검사

6.1 치수 검사

6.1.1 치수 검사를 위한 시료는 <표15>에 따른 본수의 시료를 무작위로 추출한다. 1로트당 부재의 수가 5,000본을 넘는 경우에는 로트를 분할한다.

<표12> 제재목의 치수 검사를 위한 시료 본수

로트의 크기		시료 본수(본)
1,000본 이하		10
1,001본 이상	2,000본 이하	20
2,001본 이상	3,000본 이하	30
3,001본 이상	4,000본 이하	40
4,001본 이상	5,000본 이하	50

6.1.2 제재목의 두께와 너비는 실제치수를 기준으로 1mm 단위로 측정한다.

6.1.3 제재목의 길이는 0.1 m 단위로 측정하고, 0.1 m 미만의 끝수는 버린다. 다만, 여척은 길이 측정에서 제외한다.

6.1.4 치수의 허용차는 <표16>과 같다.

<표13> 제재목 치수의 허용차

구분	두께와 너비		길이 허용차
	목표 치수	허용차	
건조재	30mm 미만	± 0.5mm	+제한 없음, - 0
	30mm 이상, 90mm 미만	± 1.0mm	
	90mm 이상	± 1.5mm	
생재	90mm 미만	+ 2.0mm, - 0mm	
	90mm 이상	+ 3.0mm, - 0mm	

6.1.5 제재목 치수 검사결과는 다음과 같이 판정한다.

6.1.5.1 채취한 시료 중 기준에 적합한 것이 90% 이상일 때는 합격한 것으로 하고, 70% 미만일 때는 불합격한 것으로 한다.

6.1.5.2 채취한 시료 중 기준에 적합한 것이 70% 이상에서 90% 미만일 때는 재시험을 한다. 이때 재시험에 필요한 시료는 1차 검사의 2배로 다시 채취하며, 90% 이상일 때는 합격으로 하고, 90% 미만일 때는 불합격으로 한다.

6.2 등급 검사

6.2.1 등급 검사는 생산 또는 수입된 제재목 전체에 대하여 실시하고, 그 결과에 따라 각 제재목의 등급을 결정한다. 다만, 일반용재의 경우, 시료의 본수는 6.1.1 항과 동일한 본수의 시료를 무작위로 추출하여 품질검사를 실시한다.

6.2.2 제재목의 결점 측정은 <표 14>의 방법에 따른다. 다만, 길이의 여척이 있는 경우에 여척 부위의 결점은 측정에서 제외할 수 있다.

6.2.3 6.2.1에 따라 등급 구분된 제재목의 등급을 확인하기 위하여 검사를 실시하는 경우에 시료의 본수는 6.1.1 항과 동일한 본수로 한다.

6.2.4 채취한 시료 중 기준에 적합한 것이 90% 이상일 때는 합격한 것으로 하고, 70% 미만을 때는 불합격한 것으로 한다.

6.2.5 채취한 시료 중 기준에 적합한 것이 70% 이상에서 90% 미만일 때는 재시험을 한다. 이때 재시험에 필요한 시료는 1차 검사의 2배로 다시 채취하며, 90% 이상일 때는 합격으로 하고, 90% 미만일 때는 불합격으로 한다.

<표14> 제재목 결점의 측정방법

결점사항		측 정 방 법
수심		1. 침엽수에 한하여 적용한다. 2. 판재에 있어서는 결점이 적은 넓은 재면을 대상으로 측정하고, 각재에 있어서는 결점이 많은 재면을 대상으로 측정한다.
수지구		1. 침엽수에 한하여 적용하며, 수지자국을 포함한다. 2. 판재에 있어서는 결점이 적은 넓은 재면을 대상으로 측정하고, 각재에 있어서는 결점이 많은 재면을 대상으로 측정한다.
무결점재면		1. 활엽수에 한하여 적용하며, 옹이(긴지름 3 mm 미만의 산옹이 제외), 썩음, 재면에 있어서의 탈락, 흠집, 구멍, 광물질 침적자국, 껍질박이, 굽음, 뒤굽음, 비틀림, 끝면 할렬, 윤할, 벌레구멍 등의 결점이 없는 부분이다. 2. 판재에 있어서는 결점이 적은 넓은재면을 대상으로, 결점이 없는 면적을 너비 80 mm 부터 10 mm 간격, 길이 300 mm 부터 100 mm간격으로 측정한다. 간격으로 측정한다. 3. 각재에 있어서는 결점이 없는 재면의 길이로서, 길이가 600 mm 이상인 것이다. “3재면 무결점 부분”이라함은 3재면에 결점이 없는 것이다.
옹이	측정	1. 재면에 있는 썩음, 재면의 탈락, 흠집, 구멍, 광물질 침적자국, 껍질박이 등 이용상 지장이 있는 옹이에 준하는 결점을 포함한다. 2. 긴지름이 10mm 이하인 것은 측정에서 제외한다.
	긴지름	1. 수장용재에 한하여 적용하며, 옹이를 싸고 있는 부분을 제외한 최대지름으로 측정한다. 2. 긴지름이 짧은지름의 3배 이상인 옹이의 긴지름은 그 실측 긴지름의 1/2로 본다. 3. 빠진옹이, 썩은옹이 또는 빠지기 쉬운 옹이의 긴지름은 실측 긴지름의 2배(다른 재면에 관통한 것은 3배)로 본다. 다만, 빠질 염려가 없는 죽은옹이는 산옹이로 본다. 4. 썩음, 재면에 있어서의 탈락, 흠집, 구멍, 광물질 침적자국, 껍질박이의 긴지름은 실측 긴지름의 2배(다른 재면에 관통한 것은 3배)로 본다. 5. 광물질 침적자국 또는 껍질박이의 폭이 3mm 이하의 줄모양인 것은 실측 긴지름의 1/3 (다른 재면에 관통한 것은 2/3)로 본다. 6. 긴지름이 한도의 1/2이하인 것의 수는 2개 (한도의 1/4 이하인 것에 있어서는 4개 또는 그 끝수)를 1개로 본다.
	지름비	1. 구조용재에 한하여 적용하며, 지름비는 재의 너비에 대한 옹이지름의 백분율로 한다. 2. 옹이지름은 옹이가 있는 재면의 길이방향에 평행하도록 옹이의 양 끝에 그은 접선사이의 거리(옹이가 1개 또는 2개 모서리에 의하여 절단되어 있을 경우는 그 모서리와 옹이 접선 사이의 거리)로 한다. 3. 연속하여 인접 2 또는 3개 재면에 걸쳐있는 옹이는 옹이의 횡단면이 나타나는 재면에서 지름을 측정한다. 4. 짧은 지름의 2.5배 이상인 옹이지름은 실측한 지름의 1/2로 본다. 5. 넓은재면에서 옹이의 중심이 모서리로부터 너비의 1/4 거리 안에 있는 경우에는 가장자리 옹이로 본다. 6. 넓은재면에서 옹이의 중심이 모서리로부터 너비의 1/4 거리 밖에 있는 경우에는 중앙부 옹이로 본다.

<표14> 제재목 결점의 측정방법 - 계속

결점사항		측 정 방 법
옹이	모인옹이 지름비	1. 모여 있는 옹이의 지름비는, 재의 너비에 대한 재의 길이 중 150mm 이내에 집중되어 있는 각 옹이 지름의 합계치의 백분율로 본다. 다만 재면의 길이방향에 평행하게 중첩되어 있는 옹이들은 하나의 옹이로 보고 옹이지름을 측정한다. 2. 넓은재면에 집중되어 있는 옹이 중 하나 이상이 가장자리 옹이에 해당하는 경우에는 가장자리 모인옹이로 본다. 3. 넓은재면에 집중되어 있는 옹이 모두가 중앙부 옹이에 해당하는 경우에는 중앙부 모인옹이로 본다.
둥근모	측정	1. 재면에 있는 탈락 또는 흠집으로서 나무의 길이방향 모서리선상에 있는 것은 둥근모로 취급한다. 2. 각재와 원주재에 있어서는 재의 양끝에서 길이 0.2m 부분을 제외하고 측정한다. 3. 두께와 너비는 나타나는 최대 두께와 너비로 측정한다.
	길이	1. 둥근모가 한쪽 모서리에 두 개 이상 있을 때는 그 합계를 둥근모의 길이로 한다. 2. 둥근모가 양쪽 모서리에 있을 때는 각각의 길이를 측정하여 가장 긴 것을 둥근모의 길이로 한다.
	백분율	재의 두께, 너비 또는 길이에 대한 둥근모가 관계하는 부분의 백분율로 한다.
할렬	측정	1. 재면에서 할렬의 길이를 측정한다. 원주재 등으로 재면이 분명하지 않은 경우에는 표면을 종선으로 4등분한 면을 재면으로 본다. 2. 끝면에 연결되지 않고 재면에만 있으며, 타재면으로 관통하지 않은 할렬은 측정한 길이의 1/3로 본다. 3. 구조용재의 한 재면에 여러 개의 할렬이 있는 경우 가장 긴 할렬의 길이를 그 재면의 할렬길이로 본다. 4. 수장용재의 한 재면에 여러 개의 할렬이 있는 경우 전체를 합한 길이를 그 재면의 할렬길이로 본다. 다만 할렬이 너비 또는 두께 방향으로 겹쳐있는 경우에는 하나의 할렬로 보고 길이를 측정한다.
	백분율	재의 길이에 대한 할렬길이의 백분율로 한다.
윤할	측정	끝면에 있는 윤할의 곡선길이를 측정한다.
	길이	1. 한 끝면에 윤할이 2개 이상 있을 때에는 가장 긴 곡선의 길이로 한다. 2. 양 끝면에 윤할이 있을 때에는 양쪽 윤할 길이의 합계를 그 재의 윤할 길이로 한다.
	백분율	횡단면의 빠진변을 보완한 네모꼴의 4변의 합계에 대한 윤할 길이의 비율로 한다.
굽음	측정	재의 길이를 따라 안쪽으로 굽은 면의 최대 굽음 높이로 측정한다.
	백분율	재의 길이에 대한 최대 굽음 높이의 백분율로 한다.
평균연륜폭		평균연륜폭은 끝면에서 측정하며, 연륜에 수직한 방향의 동일 직선상에서 연륜폭이 완전한 것 전체의 평균으로 한다.
섬유주행경사		길이방향에 대한 섬유주행경사 높이의 비로 한다.
기타결점		1. '경미한 것'은 목재 고유의 광택과 색상에 변화가 있으나, 사용상 지장이 없고 보기 싫지 않은 것을 의미한다. 2. '현저하지 않은 것'은 목재 고유의 광택과 색상에 변화가 있으나, 사용상 지장이 없는 것을 의미한다.

6.3 함수율 검사

6.3.1 함수율 검사를 위한 시료는 1로트당 5본의 시료를 무작위로 추출한다. 1로트당 부재의 수가 5,000본를 넘는 경우에는 로트를 분할한다.

6.3.2 함수율 측정은 각 시료로부터 양 끝면에서 300 mm 이상 떨어진 부위에서 해당 부분의 단면 크기를 그대로 사용하며, KS F 2199에 따른다. 다만, 전건중량법 이외의 방법으로 측정할 때는 해당 방법의 적합성이 '자체검사공장'을 지정하는 기관으로부터 사전에 검증되어야 한다.

6.3.3 채취한 시험편 중 기준에 적합한 것이 90 % 이상일 때는 합격한 것으로 하고, 70 % 미만을 때는 불합격한 것으로 한다.

6.3.4 채취한 시험편 중 기준에 적합한 것이 70 % 이상에서 90 % 미만일 때는 재시험을 한다. 이때 재시험에 필요한 시료는 1차 검사의 2배로 다시 채취하며, 90 % 이상일 때는 합격으로 하고, 90 % 미만일 때는 불합격으로 한다.

6.4 수종 검사

6.4.1 수종 검사를 위한 시료는 1로트당 3본의 시료를 무작위로 추출한다.

6.4.2 각 시료로부터 두께 및 너비에 관계없이 길이를 100 mm 이상으로 하여 수종 검사용 시험편을 1개씩 채취한다.

6.4.3 수종의 검사방법은 산림청장이 고시한 목재 규격·품질 검사기관의 시험방법에 의한다.

6.4.4 채취한 시험편 모두가 적합한 경우에만 합격으로 한다.

7. 표시

7.1 표시사항 구조용재, 일반용재, 수장용재는 다음 각 호의 사항을 제품 1본마다 표시하는 것을 원칙으로 한다. 다만, 동일수종, 동일등급, 동일치수로 구분된 경우와 인수·인도 당사자 간의 협의에 따라 동일수종이 같은 용도로 공급되는 경우 최소 유통단위 묶음으로 표시할 수 있다. 목재의 지속가능한 이용에 의한 법률 시행령 제19조 (목재제품의 규격·품질 기준의 고시 및 검사 대상 등)에 의거 "국외 목재제품 규격·품질 검사기관"으로 지정된 기관에 의해 KS F 3020의「부속서 A 구조용재의 허용응력」기준을 만족하도록 등급구분된 규격구조재를 수입 유통하는 경우 묶음의 포장이 훼손되지 않고 최종사용자에게 직접 전달되는 것을 조건으로 추가 표시하지 않을 수 있다.

7.1.1 품명 제재목의 형태와 용도 구분에 따라 다음 중 하나로 표시한다. 다만, 횡단면의 형태가 원형이 아닌 원주재 중에서 육각재, 팔각재 등과 같이 일반적인 용어로 해당 제품의 형태를 표시할 수 있는 경우에는 그 용어를 사용할 수 있다.

7.1.1.1 수장용재 수장용 판재, 수장용 각재, 수장용 원주재

7.1.1.2 구조용재 규격구조재, 보구조재, 기둥구조재

7.1.1.3 일반용재 일반용 판재, 일반용 각재, 일반용 원주재, 포장용 목재, 데크용 목재 판재

7.1.2 등급 수장용재와 구조용재의 경우 다음 중 하나의 제품 등급을 표시한다.

7.1.2.1 수장용재 또는 육안등급구조재 1등급, 2등급, 3등급

7.1.2.2 기계등급구조재 E6, E7, E8, E9, E10, E11, E12, E13, E14

7.1.3 수종 일반명으로 표시한다. 다만, <표 7>에 제시된 수종 이외의 침엽수 구조용재로써 허용응력이 유사한 수종에 대해서는 KS F 3020의 「부속서 A 구조용재의 허용응력」A.2 장기허용응력에 기재된 대표수종으로 표시할 수 있다. (예: 북부SPF, 남부SPF)

7.1.4 생산국 제재목을 생산한 국가명 또는 국가약호를 표기한다. (예: 한국, 중국, 인도네시아 등)

7.1.5 치수 치수를 두께(㎜) × 너비(㎜) × 길이(m)의 형식으로 표시한다. (예: 30 ㎜ × 150 ㎜ × 2.4 m)

7.1.6 함수율 함수율 기준에 따른 다음 중 하나의 기호를 표시한다.

KD12, D12, KD15, D15, KD19, D19, G

7.1.7 생산(수입)자 국내 생산품의 경우에 생산업체의 상호를 기입한다. (예: ○○제재소) 수입재의 경우에는 수입업체의 상호을 기입한다. (예: (주)××상사)

7.1.8. 생산연월 생산자 또는 수입자명 옆에 제품의 생산연도 및 생산월까지 표기할 수 있다.

7.2 표시 방법 제재목 품질표시 방법은 다음 각 호와 같다.

7.2.1 소비자가 쉽게 알아볼 수 있는 위치에 개별 표시하며, 스탬프, 스티커, 압인 등으로 품질표시의 식별이 가능하도록 한글로 표시한다. 다만, 거래상 필요한 경우 영문으로 표시할 수 있다.

7.2.1.1 제재목의 품명 및 등급 영문표기는 <표 18>과 같이 한다.

<표 15> 제재목의 품명 및 등급 영문표기

품명 (영문표기 : 약칭)		등급 (영문표기)
수장용재 (Nonstructural)	판재 (Board : NB)	1등급 (No.1) 2등급 (No.2) 3등급 (No.3)
	각재 (Lumber : NL)	
	원주재 (Round timber : NRT)	
구조용재 (Structural)	규격구조재 (Dimension Lumber : SLD)	
	보구조재 (Timber for beam : STB)	
	기둥구조재 (Timber for post : STP)	
일반용재 (General)	판재 (Board : GB)	
	각재 (Lumber : GL)	
	원주재 (Round timber : GRT)	
	포장용목재 (Packing : GP)	
	데크용 목재판재 (Decking : GD)	

※영문 품질 표기 시( )내의 약호를 사용할 수 있다.

7.2.2 바깥 또는 안쪽의 테두리선은 생략할 수 있다.

<제재목 표시 예시>

품명 - 등급 - 수종 - 생산국
치수 - 함수율 - 생산(수입)자

(예 1)

수장용 판재 - 2등급 - 오동나무 - 한국
30 mm × 150 ㎜ × 2.4 m - KD12 - ○○제재소

(예 2)

규격구조재 - E11 - 소나무- 중국
38 ㎜ × 89 ㎜ × 3.6 m - KD15 - (주) ××상사

(예 3)

NB - No.2 - Red pine - Country of Production
180 ㎜ × 300 ㎜ × 4.0 m - KD15 - Producer / Importer

(예 4)

일반용 각재 - 낙엽송 - 한국
40 ㎜ × 80 ㎜ × 1.8 m - G - ○○제재소

부록 A 재적계산방법

제재목의 재적은 다음 각 호와 같이 계산한다.

1. 판재 또는 각재 1본의 재적은 다음 식에 의하여 계산한다.

$$V = T \times W \times L \times \frac{1}{1{,}000{,}000}$$

V : 재적(㎥)

T : 두께(mm)

W : 너비(mm)

L : 길이(m)

2. 원주재 1본의 재적은 다음 식에 의하여 계산한다. 다만, 원주재의 단면적을 산출한 경우에는 그 단면적을 적용하여 재적을 계산할 수 있다.

$$V = \left(\frac{T + W}{4}\right)^2 \times \pi L \times \frac{1}{1{,}000{,}000}$$

V : 재적(㎥)

T : 내접원의 지름으로 측정되는 두께(mm)

W : 외접원의 지름으로 측정되는 너비(mm)

L : 길이(m)

3. 제재목의 재적은 소수 4자리에서 반올림하여 소수 3자리까지 구한다.

부록 B 데크용 목재 판재

데크용 목재 판재의 표준치수와 인정치수는 다음 각 호와 같다.

1. 두께는 활엽수의 경우 21 mm 이상 75 mm 미만, 침엽수의 경우 24 mm이상 75 mm 미만으로 3 mm 단위로 증가하는 것을 표준치수로 한다.
2. 너비는 90 mm 이상, 300 mm 이하에서 10 mm 단위로 증가하는 것을 표준치수로 한다.
3. 규격구조재의 표준치수는 KS F 3020에 따른다.
4. 표준치수 이외의 경우에는 인수·인도 당사자 간의 협의에 따라 인정치수를 사용할 수 있다.

데크용 목재 판재의 품질은 다음 각 호와 같다.

1. 데크용 목재 판재의 함수율은 19 % 이하로 하며, 측정방법은 6.3에 따른다.
2. 데크용 목재 판재의 무결점 소시편의 휨 강도는 35MPa 이상으로 하며, 측정방법은 접착을 이용한 데크용 목재판재의 경우에는「목재제품의 규격과 품질기준 - 부속서 6(합판)」에 따르며, 일반 데크용 목재판재의 경우에는 KS F 2208에 따른다.
3. 접착을 이용한 데크용 목재판재의 경우 접착강도는 「목재제품의 규격과 품질기준 - 부속서 6(합판)」의 완전내수인장전단접착력 시험법의 의거하여 0.7 MPa 이상으로 하고, 침지박리는 침지 박리 시험법에 따라 3 mm 미만으로 한다.
4. 데크용 목재 판재의 함수율, 휨 강도, 접착강도, 침지박리의 검사를 위한 시료채취 수와 검사결과의 판정은 6.1에서 6.4를 따른다.
5. 데크용 목재 판재의 방부·방충처리는 「목재제품의 규격과 품질기준 - 부속서 2(방부목재)」에서 정하는 사용환경 범주별 처리기준에 의한다.

부록 C “국외 목재제품 규격·품질 검사기관”에 의한 수장용재 인정등급

목재의 지속가능한 이용에 의한 법률 시행령 제19조 (목재제품의 규격·품질 기준의 고시 및 검사 대상 등)에 의거 “국외 목재제품 규격·품질검사기관”으로 지정된 기관에 의해 등급 구분된 수장용재는 <표 1> 수장용 판재의 등급별 품질기준에 관계없이 아래의 <예시>와 같이 해당 수장용재의 등급을 인정할 수 있다.

<예시>

수장용재 등급	NLGA	WWPA
1등급	C Select (para. 112)	C Select (10.12)
2등급	2 common (para. 113)	2 Common (30.12)
3등급	3 common (para 113)	3 Common (30.13)

※ “국외 목재제품 규격·품질 검사기관”으로 지정된 기관에 의해 구분된 수장용재의 인정가능 등급은 추가될 수 있다.

[부속서 2]

방부목재(防腐木材)

1. 적용범위 이 기준은 국내에서 생산되거나 수입되어 국내에서 유통되는 모든 방부목재에 적용한다.

2. 인용표준 다음 표준은 이 기준에 인용됨으로써 이 기준의 규정 일부를 구성한다. 이러한 인용표준은 최신판을 적용한다.

KS F 1551 목재 관련 용어 – 목재의 성질 및 결점
KS F 1556 목재 관련 용어 - 목재의 방부 및 방충처리
KS F 2155 방부목재의 보존제 침윤도 및 보유량 측정방법
KS M 1701 목재보존제
ISO 21887 Durability of wood and wood-based products – Use classes

3. 용어와 정의 이 기준에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

3.1 목재보존제 목재보존제의 정의는 KS M 1701에 따른다.

3.2 방부목재 생물열화인자에 의한 목재열화를 방지하기 위해 목재보존제를 처리한 목재이다.

3.3 보존성능 보존성능의 정의는 KS F 1701에 따른다.

3.4 인사이징(자상처리) 인사이징(자상처리)의 정의는 KS F 1556에 따른다.

3.5 침윤도 목재보존제의 목재 내 침윤 정도를 나타내는 것으로 시험편의 단면적에 대한 정색면적의 비율(%)이다.

3.6 침윤깊이 목재보존제의 목재 내 침윤깊이를 나타내는 것으로 시험편표면에서 내부로 약액이 침윤한 깊이(mm)이다.

3.7 약제보유량 방부목재의 단위 재적 당 함유된 목재보존제의 유효성분량(kg/㎥)이다.

3.8 양생 목재보존제 처리 후 유효성분을 정착시키는 공정이다.

3.9 기타 용어는 KS F 1551 및 KS F 1566에 따른다.

4. 규격과 품질기준

4.1 처리용 목재의 치수 및 품질 목재보존제 처리에 사용될 목재의 치수 및 품질은 「목재제품의 규격과 품질기준」 부속서 1(제재목)」에 따른다.

4.2 기계적 전가공

4.2.1 목재의 박피 목재보존제 처리에 사용될 목재는 약액의 침윤이 용이하게 수피를 완전히 제거한 후 사용해야 한다.

4.2.2 천공, 절단, 절삭 및 인사이징

4.2.2.1 천공, 절단, 절삭 및 인사이징 등의 가공이 필요한 경우, 목재보존제 처리 전 기계적 전가공을 시행해야 한다.

4.2.2.2. 침윤도와 보유량을 높이기 위해 인사이징을 실시하는 경우에는 인사이징 전 목재에 대한 강도 감소율이 10 %미만이어야 한다.

4.3 목재보존제 KS M 1701에 규정된 목재보존제를 사용한다.

4.4 사용환경범주별 약제보유량, 침윤도 및 침윤깊이 적합 기준 방부목재의 사용환경범주별 약제보유량 적합 기준은 <표 1>과 같으며, 침윤도 및 침윤깊이 적합 기준은 <표 2>와 같다.

<표 1> 보유량 적합 기준

목재보존제		사용환경범주 별 최소 보유량 적합 기준 (구성 주성분으로서 보유량 기준, kg/㎥)				
화합물 명칭	기 호	H3*1		H4		H5
		H3A	H3B	H4A	H4B	
구리·알킬암모늄화합물 (Alkaline Copper Quat)	ACQ-1	4.0	4.0	6.4	6.4	-
	ACQ-2	2.6	2.6	5.2	5.2	-
나프텐산구리*2 (Copper Naphthenate) (Cu 기준)	NCU-O	0.8	0.8	-	-	-
	NCU-W	1.0	1.0	-	-	-
나프텐산아연*3 (Zinc Naphthenate) (Zn 기준)	NZN-O	1.6	1.6	-	-	-
	NZN-W	2.0	2.0	-	-	-
구리·아졸화합물 (Copper Azole)	CUAZ-1	2.6	2.6	5.2	5.2	-
	CUAZ-2	1.0	1.0	2.0	5.0	-
	CUAZ-3	0.96	0.96	2.4	5.0	-
구리·사이크로헥실다이아제니움디옥시-음이온 화합물 (Bis(N-cyclohexyl-diazenium-dioxy)-copper)	CuHDO-1	3.0	3.0	4.0	-	-
	CuHDO-2	1.24	1.24	2.48	-	-
	CuHDO-3	0.92	0.92	1.85	2.53	-
테부코나졸, 프로피코나졸, 3-요오드-2-프로페닐부틸카바메이트 (Tebuconazole, Propiconazole, 3-iodo-2-propynyl butyl carbamate)	TPI	0.23	0.23	-	-	-
마이크로나이즈드 구리·알킬암모늄화합물 (Micronized Copper Quat)	MCQ	2.6	2.6	5.2	-	-
크레오소트유(Creosote oil)	A	-	-	80	80	170

*1 : <부록A>의 사용환경범주 H1과 H2용 방부목재의 보유량 적합 기준은 사용환경 범주 H3용 방부목재의 적합기준을 따른다.

*2, *3 : NCU-O 및 NZN-O 는 유용성, NCU-W 및 NZN-W는 유화성 약제

'-' : NCU-O 및 NZN-O 는 유용성보존제, NCU-W 및 NZN-W는 유화성보존제

<표 2> 침윤도 적합기준

사용 환경 범주		구 분		적합 기준	
		재 종	측정 부위	측정부위의 침윤도(%)	재면으로부터 침윤(mm)
H3	H3A H3B	변재	변재부분의 전층	80 이상	-
		심재	재면에서 10mm 까지	80 이상	8 이상
H4	H4A H4B	변재	변재부분의 전층	80 이상	-
		심재 (두께 90mm이하 제재)	재면에서 10mm 까지	80 이상	8 이상
		심재 (두께 90mm이상 제재)	재면에서 15mm 까지	80 이상	12 이상
H5		변재	변재부분의 전층	80 이상	-
		심재 (두께 90mm이하 제재)	재면에서 15mm 까지	80 이상	12 이상
		심재 (두께 90mm이상 제재)	재면에서 20mm 까지	80 이상	16 이상

* <부록A>의 사용환경 범주 H1과 H2용 방부목재의 보유량 적합 기준은 사용환경 범주 H3용 방부목재의 적합기준을 따른다.

4.5 양생 수용성 또는 유화성 목재보존제로 처리된 목재는 보존제의 유효성분이 정착되도록 충분히 양생한 후 출하되어야 한다.

4.6 방부목재의 함수율(건량) 최종 방부목재의 함수율은 「목재제품의 규격과 품질기준 - 부속서 1(제재목)」의 함수율 기준을 따른다.

5. 시험 보유량, 침윤도 및 침윤깊이 측정시험은 KS F 2155 에 따르며, 치수 및 함수율 시험은 「목재제품의 규격과 품질기준 - 부속서 1(제재목)」에 따른다.

6. 검사

6.1 보유량, 침윤도 및 침윤깊이 검사 보유량, 침윤도 및 침투깊이 검사는 다음 각 호에 따른다.

6.1.1 약제보유량, 침윤도 및 침투깊이 검사를 위한 시료는 <표 3>에 따른 본수의 시료를 무작위로 추출한다.

6.1.2 1 로트에서 채취한 시험체중 기준에 적합한 것의 수가 그 총수량의 90 % 이상일 때 해당 시험체가 채취된 로트는 합격한 것으로 하고, 70 % 미만인 것은 불합격으로 한다. 다만, 70 % 이상 90 % 미만일 때는 그 로트에 대하여 다시 시험에 필요한 시험체를 채취하여 재시험을 하고, 그 결과가 적합한 것의 수량이 90 %이상일 때는 합격한 것으로 하고, 90 % 미만일 때는 불합격으로 한다.

<표 3> 약제보유량, 침윤도 및 침투깊이 검사를 위한 시료 본수

로트의 크기		시료 본수(본)	
100본 이하		3	재시험할 경우 동 시료 본수 2배의 시료를 추출한다.
101본 이상	500본 이하	5	
501본 이상	1,000본 이하	10	
1,001본 이상	2,000본 이하	15	
2,001본 이상	3,000본 이하	20	
3,001본 이상		25	

6.2 치수 및 함수율 검사 「목재제품의 규격과 품질기준 - 부속서 1(제재목)」에 따른다.

7. 품질 표시

7.1 표시사항 다음 각 호의 사항을 제품 1 본마다 표시하는 것을 원칙으로 한다. 다만, 동일 규격 제품이 묶음의 포장이 훼손되지 않고 유통되는 경우 최소 유통단위의 묶음으로 표시할 수 있다.

7.1.1 목재보존제 목재보존제의 상품명, 화합물 명칭, 기호를 표시한다. 다만, 상품명, 화합물 명칭 표시를 생략할 수 있다.

7.1.2 방부처리등급 사용환경범주는 H3, H3A, H3B, H4A, H4B, 또는 H5 로 표시한다.

7.1.3 치수 치수를 두께(mm) × 너비(mm) × 길이(m)의 형식으로 표시한다(예: 30 ㎜ × 150 ㎜ × 2.4m). 다만, 낱개 제품에는 치수 표시를 생략할 수 있다.

7.1.4 함수율 양생 후 최종 제품의 함수율을 표시한다(예: KD12, D12, KD15, D15, KD19, D19, G).

7.1.5 수종 「목재제품의 규격과 품질기준 - 부속서 1(제재목)」에 따른다.

7.1.6 원산지 제품의 생산지를 표시한다(예: 한국, 중국, 인도네시아 등).

7.1.7 생산(수입)자 국내 생산품의 경우에 생산업체의 상호를 기입한다(예: ○○목재). 수입제품의 경우에는 수입업체의 상호와 생산국을 기입한다(예: (주)××상사(미국)).

7.1.8 생산연월 방부목재 생산연월을 표시한다

7.2 표시방법 방부목재 품질표시 방법은 다음 각 호와 같다.

7.2.1 소비자가 쉽게 알아볼 수 있는 위치에 <표 4>에서 <표 7>과 같이 표시하며, 스탬프, 스티커, 압인 등으로 품질표시의 식별이 가능하도록 한다.

7.2.2 7.1 항에서 정한 표시사항을 순서에 관계없이 모두 표시한다.

<묶음용 표시 예시>

목재 보존제	상품명, 화합물 명칭, 기호
방부목재	사용환경범주
	함수율
	치수[두께(mm) × 폭(mm) × 재장(m)]
목재	수종
	원산지
생산(수입)자, 생산년월	

○ 한글표시

목재보존제	XX보존제, 구리・알킬암모늄화합물, ACQ-1
사용환경범주	H4A
함수율	KD19
치수[두께(mm) × 폭(mm) × 길이(m)]	50 × 100 × 1.8
수 종	소나무
생산국	한국
생산(수입)자	○○목재
생산연월	2019년 00월

○ 영문표시

Wood Preservative	XX Preservative, Alkaline Copper Quat, ACQ-2
Hazard Class	H4A
Final moisture content	KD19
Dimension [thickness(mm) × width(mm) × length(m)]	12mm x 60mm x 1.8m
Wood species	Korean Red Pine
Country of origin	Korea
Importer (Producer)	○○ Corp. (USA)
Date of manufacture (month/year)	00 / 2023

<낱개용 표시 예시>

목재보존제 - 방부처리등급 - 함수율 - 수종 - 생산(수입)자 - 생산년월

○ 한글표시

ACQ-2 - H3A - KD19 - (주)××상사(캐나다) - 2019년 00월

○ 영문표시

ACQ-2 - H3A - KD19 - Larch - ○○ Corp. (Canada) - 00/2023

부록 A 사용환경범주 분류

사용환경범주	사용환경			가해생물인자
H1	**실내 건조 환경** • 강우로부터 완전히 보호되어 습기에 노출되지 않는 실내 건조 환경			천공해충 건재흰개미
H2	**실내 습윤 환경 또는 제한적 실외 환경** • 강우로부터 완전히 보호되는 실내 환경 또는 지붕에 의해 강우로부터 보호되는 실외 환경으로 지속적이지는 않지만, 간헐적으로 결로나 빗물 침투 등에 의해 습기에 노출되는 환경			천공해충 변색균 부후균 흰개미
H3	**실외 비접지 환경** 토양과 접하지 않지만 강우에 지속적으로 노출되는 환경	H3A	**목재 내부로 강우 침투가 어려운 실외 비접지 환경** • 목재 표면이 도장되어 강우 침투가 어렵거나 목재가 수직 부재로 사용되어 강우가 신속하게 흘러내려 강우 침투가 어려운 환경	천공해충 변색균 부후균 흰개미
		H3B	**목재 내부로 강우 침투가 쉬운 실외 비접지 환경** • 목재 표면이 도장되지 않아 강우 침투가 쉬운 환경	천공해충 변색균 부후균 흰개미
H4	**실외 접지 또는 담수(민물) 접촉 환경** 토양과 직접 접하면서 강우에 지속해서 노출되거나 담수와 접하는 환경	H4A	**열화 위험이 낮은 실외 접지 환경** • 미경작 또는 처녀지 토양 접지 환경 • H4B보다 상대적으로 열화, 특히 부후 위험이 낮은 환경	천공해충 변색균 연부후균 부후균 흰개미
		H4B	**열화 위험이 높은 실외 접지 또는 담수 접촉 환경** • 유기토양개량제를 처리하거나 시비, 관수 등으로 H4A보다 열화, 특히 부후 위험이 높은 환경 • 담수(민물)에 영구적으로 잠기는 환경	천공해충 변색균 연부후균 부후균 흰개미
H5	**해수(바닷물) 접촉 환경** • 해수(바닷물)에 영구적 또는 정기적으로 잠기는 환경 • 해수면 아랫부분에서는 해양천공충 피해가 발생하나 해수면 윗부분에서는 천공 해충과 다양한 목재 가해균류 피해 발생			천공해충 변색균 연부후균 부후균 해양천공충

주) ISO 21887 분류기준에 근거함

[부속서 3]

난연목재(難燃木材)

1. 적용범위 이 기준은 국내에서 생산되거나 수입되어 국내에서 유통되는 모든 난연목재에 대하여 적용한다.

2. 인용표준 다음에 나타내는 표준은 이 기준에 인용됨으로써 이 기준의 규정 일부를 구성한다. 이러한 인용표준은 최신판을 적용한다.

KS F 1551 목재 관련 용어-목재의 성질 및 결점
KS F 2271 건축물 마감재료의 가스유해성 시험 방법
KS F 3124 난연목재
KS F ISO 5660-1 연소성능 시험 - 열방출, 연기발생, 질량감소율-제1부:열방출률(콘칼로리미터법)
KS F ISO 13943 화재 관련 용어
KS M 1701 목재 방부제

3. 정의

3.1 난연제 착화를 늦추거나 연소를 지연시키기 위해 목재에 처리하는 약제를 말한다.

3.2 난연목재 화재저항성을 부여하기 위해 난연제를 처리한 목재를 말한다.

3.3 철부식성 난연제로 처리된 목재로 인하여 철이 부식되는 정도를 말한다.

3.4 흡습성 난연제로 처리된 목재가 습기을 흡수하는 성질을 말한다.

3.5 총방출열량 5분간 50kW/m^2의 복사열을 시험체에 노출시켰을 때 시험체가 탄화 또는 착화되어 발생하는 총열량을 말한다.

3.6 기타 용어는 KS F 3124 및 KS F ISO 5660-1에 따른다.

4. 종류 난연목재의 종류는 실외용(Outdoor Use)과 실내용(Indoor Use)으로 구분한다.

5. 규격과 품질기준

5.1 치수 및 허용차 난연목재의 치수 및 허용차는 부속서 1(제재목)에 따른다.

5.2. 품질기준

5.2.1 겉모양 난연목재의 표면 품질은 <표 1>에 따르며, 이면의 품질은 사용상 지장이 없어야 한다.

<표 1> 표면의 품질기준

구분	품질기준
옹이	1. 긴지름 30 mm를 초과하는 죽은 옹이가 없어야 한다. 2. 옹이구멍이 없어야 하나, 옹이구멍을 정교하게 수선작업한 면에 대해서는 긴지름 30 mm 이하의 옹이구멍은 허용한다.

변형(비틀림, 굽음)	이용상 지장이 없어야 한다.
껍질박이 또는 수지주머니	극히 경미하여야 한다.
썩음 및 취약 심재	없어야 한다.
변색	경미하여야 한다.
벌레구멍	긴지름 5 mm 이하의 벌레구멍이 1 m당 1개 이하이어야 한다.
나선결(사선결)	경미하여야 한다.
거친결	이용상 지장이 없어야 한다.
그 밖의 결점	극히 경미하여야 한다.

5.2.2 성능기준 성능기준은 KS F 3124에 따른다.

6. 검사 난연목재에 적용하는 시험 및 검사는 KS F 3124에 따른다

6.1 판정 1로트에서 채취한 시험체중 기준에 적합한 것의 수가 그 총수량의 90% 이상일 때 해당 시험체가 채취된 로트는 합격한 것으로 하고, 70% 미만인 것은 불합격으로 한다. 다만, 70% 이상 90% 미만일 때는 그 로트에 대하여 다시 시험에 필요한 시험체를 채취하여 재시험을 하고, 그 결과가 적합한 것의 수량이 90%이상일 때는 합격한 것으로 하고, 90% 미만일 때는 불합격으로 한다.

<표2> 함수율 및 난연 시험용 시료의 채취 매수

로트의 크기	시료 채취 매수	
1,000매 이하	10	재시험할 경우 동 시료 매수 2배의 시료를 채취한다.
1,001매 이상 2,000매 이하	20	
2,001매 이상 3,000매 이하	30	
3,001매 이상	40	

7. 표시 제품 1본마다 난연목재, 수종, 실내용(실외용), 생산(수입)자, 생산국, 치수를 한글로 표시하여야 한다. 다만, 거래상 필요한 경우 영문으로 표시할 수 있다.

<난연목재 표시 예시>

품명 - 수종 - 종류 - 생산(수입)자 - 생산국 - 치수[두께(mm) × 너비(mm) × 길이(m)]

o 한글표시

난연목재 - 잣나무 - 실내용 - 00목재 - 한국 - 12 mm x 60 mm x 1.8 m

o 영문표시

Fire Retardant-Treated Wood - Korean Pine - Indoor Use -
00 Timber Co. Ltd. - Korea - 12 mm x 60 mm x 1.8 m

[부속서 5]

집성재(集成材)

1. 적용범위 이 기준은 국내에서 생산되거나 수입되어 국내 유통되는 집성재로서 구조용집성재, 수장용집성재, 집성판에 적용한다.

2. 인용표준 다음에 나타내는 표준은 이 기준에 인용됨으로써 이 기준의 규정 일부를 구성한다. 이러한 인용표준은 최신판을 적용한다.

KS F 3118-1 수장용 집성재 - 제1부: 길이 방향 접합 미포함
KS F 3118-2 수장용 집성재 - 제2부: 길이 방향 접합 포함
KS F 3021 구조용 집성재
KS F 3022-1 목재집성판 - 제1부: 길이 방향 접합 미포함
KS F 3022-2 목재집성판 - 제2부: 길이 방향 접합 포함

3. 정의 이 기준에서 사용하는 주된 용어의 뜻은 다음과 같다.

3.1 층재 집성재의 구성층을 이루는 제재목으로서 너비방향 또는 길이방향으로 접합한 것을 포함한다.

3.2 집성재 층재를 섬유방향으로 평행하게 집성 접착하여 생산한 제품이다.

3.3 최외층재 다른 등급 구성 집성재의 양쪽 최외측 표면으로부터 양쪽을 연결하는 변의 길이의 1/16 이내의 부위에 사용되는 층재로서, 휨하중 하에서 압축응력이 작용하는 면에 사용되는 압축쪽 최외층재와 인장 응력이 작용하는 면에 사용되는 인장쪽 최외층재로 구분된다.

3.4 외층재 다른 등급 구성 집성재의 양쪽 최외측 표면으로부터 양쪽을 연결하는 변의 길이의 1/16 이상 1/8 이내의 부위에 사용되는 층재이다.

3.5 중층재 다른 등급 구성 집성재의 양쪽 최외측 표면으로부터 양쪽을 연결하는 변의 길이의 1/8 이상 1/4 이내의 부위에 사용되는 층재이다.

3.6 내층재 다른 등급 구성 집성재의 양쪽 최외측 표면으로부터 양쪽을 연결하는 변의 길이의 1/4 이상 떨어진 부위에 사용되는 층재이다.

3.7 기계등급층재 층재의 휨 탄성계수를 측정하기 위한 등급구분 기계에 의해 등급이 구분되고, 육안검사에 의하여 재면의 결점 상태가 기계등급층재의 품질 기준에 적합한 것으로 평가된 층재이다

3.8 사용환경 1 온도 20 ℃, 상대습도 65 % (연간 이를 초과하는 습도는 수주일 이내로 제한됨)의 환경에 노출되는 목재의 평형 함수율에 상응하는 사용환경이다.

3.9 사용환경 2 온도 20 ℃, 상대습도 85 % (연간 이를 초과하는 습도는 수주일 이내로 제한됨)의 환경에 노출되는 목재의 평형 함수율에 상응하는 사용환경이다.

3.10 사용환경 3 계속적으로 직접 외기에 노출되어 사용환경 2보다 높은 평형 함수율 상태를 초래하는 사용환경이다.

3.11 2차 접착 1차 가공된 집성재를 높이 또는 너비 방향으로 다시 접착하는 것이다.

4. 종류 집성재의 종류는 사용용도, 층재 구성, 층재 배치, 횡단면의 크기 및 접착면의 방향에 따라 다음과 같이 구분한다.

4.1 사용용도에 따라 구조용집성재, 수장용집성재, 집성판으로 구분한다.

4.1.1 구조용집성재 구조물의 하중을 지지하는 내력부재로 사용하는 집성재이다.

4.1.2 수장용집성재 구조용이 아닌 일반용도로 사용되는 집성재이다. 다만, 집성판은 제외한다.

4.1.3 집성판 두께가 균일한 층재를 너비방향 또는 길이 및 너비 방향으로 접착한 단층의 판상 집성재이다.

4.2 형상에 따라 만곡집성재와 통직집성재로 구분한다.

4.2.1 만곡집성재 집성재 길이의 1 %보다 큰 곡률을 지닌 집성재이다.

4.2.2 통직집성재 집성재가 길이방향으로 통직한 것으로 만곡집성재를 제외한 집성재이다.

4.3 구조용집성재는 층재 구성에 따라 같은등급구성 집성재, 다른등급구성 집성재로 구분하며, 층재 배치에 따라 대칭배치 구조용집성재 및 비대칭배치 구조용집성재로 구분한다.

4.4 구조용집성재는 층재구성 및 배치에 따라 다음과 같이 구분한다.

4.4.1 같은등급구성 집성재 구조용집성재를 구성하는 층재의 등급이 모두 동일한 집성재이다.

4.4.2 다른등급구성 집성재 구조용집성재를 구성하는 층재의 등급이 동일하지 않은 집성재이다.

4.4.2.1 대칭 다른등급구성 집성재 다른등급구성 집성재에서 중립축을 중심으로 대칭이 되도록 층재의 등급을 배치한 것이다.

4.4.2.2 비대칭 다른등급구성 집성재 다른등급구성 집성재에서 중립축을 중심으로 대칭이 되지 아니하게 층재의 등급을 배치한 것이다.

4.5 횡단면의 크기에 따라 대단면집성재, 중단면집성재 및 소단면집성재로 구분한다.

4.5.1 대단면집성재 횡단면의 짧은 변이 150 mm 이상, 단면적이 30,000 mm2 이상인 구조용집성재이다.

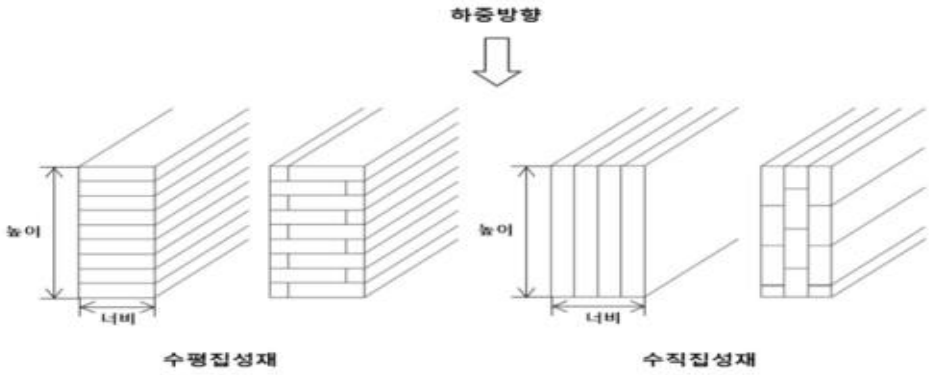
4.5.2 중단면집성재 횡단면의 짧은 변이 75 mm 이상, 긴 변이 150 mm 이상인 구조용집성재 중에서 대단면집성재를 제외한 것이다.

4.5.3 소단면집성재 대단면집성재와 중단면집성재에 포함되지 않는 치수의 구조용집성재이다.

4.6 구조용집성재는 접착면의 방향에 따라 다음과 같이 구분한다.

4.6.1 수평집성재 <그림 1>과 같이 연속된 넓은 접착층이 하중방향에 대하여 수직인 구조용집성재이다.

4.6.2 수직집성재 <그림 1>과 같이 연속된 넓은 접착층이 하중방향에 대하여 평행한 구조용집성재이다.



<그림 1> 접착면의 방향에 따른 구조용집성재의 구분

5. 규격과 품질기준

5.1 구조용집성재 구조용집성재의 품질기준과 치수 및 허용차는 KS F 3021에 따른다.

5.2 수장용집성재 수장용집성재의 품질기준과 치수 및 허용차는 KS F 3118-1 및 KS F 3118-2에 따른다.

5.3 집성판 집성판의 품질기준과 치수 및 허용차는 KS F 3022에 따른다.

6. 검사

6.1 구조용집성재 구조용집성재의 시험 및 검사는 KS F 3021에 따른다.

6.2 수장용집성재 수장용집성재의 시험 및 검사는 KS F 3118-1 및 KS F 3118-2에 따른다.

6.3 집성판 집성판의 시험 및 검사는 KS F 3022-1 KS F 3022-2에 따른다.

7. 품질

7.1 표시사항 집성재는 제품 1본마다 다음의 사항이 잘 보이도록 한글로 표시하여야 한다. 다만, 동일한 생산자가 동일한 제조조건으로 생산한 동일 규격의 제품이거나, 또는 인수·인도 당사자 간의 협의에 따라 동일수종의 같은 용도로 공급되는 경우에는 최소 유통단위 묶음으로 표시할 수 있다. 묶음 표시의 경우에는 각 규격에 따른 수량 등을 구분하여 표시하여야 한다.

7.1.1 구조용집성재

7.1.1.1 품명 대칭 다른등급구성 구조용집성재, 비대칭 다른등급구성 구조용집성재 또는 같은등급구성 구조용집성재 등으로 표시한다.

7.1.1.2 강도등급 해당 강도 등급을 표시한다.

7.1.1.3 사용환경 사용환경 1, 사용환경 2 또는 사용환경 3으로 표시한다.

7.1.1.4 폼알데하이드 방출량 등급 SE0, E0 또는 E1으로 표시한다.

7.1.1.5 수종 사용량이 많은 순서대로 사용된 모든 수종을 일반명으로 표시한다.

7.1.1.6 원산지 원료(원목)의 생산지를 표시할 수 있다.

7.1.1.7 치수 높이, 너비 및 길이의 순서로 mm 단위로 기록한다. 다만, 횡단면이 일정하지 않거나 형삭가공을 한 것과 같이 높이와 너비의 표기가 불가능하거나 만곡집성재와 같이 길이의 표시가 불가능한 경우에는 그 치수를 생략할 수 있으며 이 경우에는 치수표시의 해당 위치에 “생략”이라고 기록한다.

7.1.1.8 사용방향 사용 방향을 표시할 필요가 있을 때는 잘 보이는 위치에 사용 방향을 표시한다.

7.1.1.9 생산(수입)자 국내 생산품의 경우에 생산업체의 상호를 기입하며, 수입품의 경우에는 수입업체의 상호와 생산국을 기입한다.

7.1.1.10 생산연월 생산자 또는 수입자명 옆에 제품의 생산연도 및 생산월까지 표시 할 수 있다.

7.1.2 수장용집성재 및 집성판

7.1.2.1 품명 수장용집성재 또는 집성판으로 표시하며, 특정한 용도가 있는 경우 괄호 속에 표시할 수 있다.

7.1.2.2 품질등급 길이방향 접합 없음 1등급, 2등급 또는 길이방향 접합 1등급, 2등급, 3등급으로 표시한다.

7.1.2.3 사용환경 사용환경 1, 사용환경 2 또는 사용환경 3으로 표기한다.

7.1.2.4 폼알데하이드 방출량 등급 SE0, E0 또는 E1으로 표기한다. 다만, 비 포르말린계 접착제를 사용한 수장용집성재 및 집성판의 경우 “생략”이라고 기록한다.

7.1.2.5 수종 사용량이 많은 순서대로 사용된 모든 수종을 일반명으로 표시한다.

7.1.2.6 원산지 원료(원목)의 생산지를 표시할 수 있다.

7.1.2.7 치수 높이(두께), 너비 및 길이의 순서로 mm 단위로 기록한다.

7.1.2.8 생산(수입)자 국내 생산품의 경우에 생산업체의 상호를 기입하며, 수입품의 경우에는 수입업체의 상호와 생산국을 기입한다.

7.1.2.9 생산연월 생산자 또는 수입자명 옆에 제품의 생산연도 및 생산월까지 표시할 수 있다.

7.2 표시방법 집성재 품질표시방법은 다음 각 항과 같다.

7.2.1 7.1 표시사항의 규정에 따라 소비자가 쉽게 알아볼 수 있는 위치에 하며, 스탬프, 스티커, 압인 등으로 품질표시의 식별이 가능하도록 한다. 다만, 거래상 필요한 경우 영문으로 표시할 수 있다.

7.2.2. 집성재의 품명 및 등급 영문표시는 <표 1>와 같이 한다.

<표 1> 집성재의 품명 및 등급 영문표시

<table>
<tr><th colspan="2">품 명
(영문표시 : 약칭)</th><th>사용환경
(영문표시)</th><th>등급
(영문표시)</th></tr>
<tr><td rowspan="3">구조용집성재
(Structural-glued laminated timber)</td><td>대칭다른등급구성
(Symmetrical Mixed grade lay-ups : SSM)</td><td rowspan="7">사용환경1
(Sevice class 1)
사용환경2
(Sevice class 2)
사용환경3
(Sevice class 3)</td><td rowspan="3">* 강도등급
: (00S-00B)</td></tr>
<tr><td>비대칭다른등급구성
(Non-symmetrical Mixed grade lay-ups : SNM)</td></tr>
<tr><td>같은등급구성
(Homogeneous grade : SH)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">수장용집성재
(Nonstructural-glued laminated timber)</td><td>길이방향 접합
(End joint : NGE)</td><td rowspan="4">1등급 (No.1)
2등급 (No.2)
3등급 (No.3)</td></tr>
<tr><td>길이방향 접합 없음
(Solid : NGS)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">집성판
(Edge-guled lumber)</td><td>길이방향 접합
(End joint : EGE)</td></tr>
<tr><td>길이방향 접합 없음
(Solid : EGS)</td></tr>
</table>

※영문 품질 표시 시( )내의 약호를 사용할 수 있다.

7.2.3 표시형식에는 제한이 없으나 7.1 항 표시사항의 각 내용은 반드시 포함되어야 한다.

<구조용집성재 표시 예시>

품명	대칭 다른등급구성 구조용집성재
강도등급	10S-30B
사용환경	사용환경 3
폼알데하이드 방출량 등급	SE_0
수종	낙엽송, 리기다소나무
원산지	한국
치수 (높이 × 너비 × 길이)	400 × 180 × 15,000 mm
사용방향	이 표시가 보이는 면이 윗면
생산(수입)자 또는 약호 (생산국), (생산연월)	(주)○○○○ (한국), (○○○○.○○.)

o 한글표시

대칭 다른등급 구조용집성재 - 10S-34B - P
사용환경 2 - E_0 - 잣나무 - 500 × 200 × 18,000 mm

㈜ ○○○○, (○○○○.○○.) (※이 표시가 보이는 면이 윗면)

o 영문표시

SSM - 10S-34B - P
Service class 2 - E_0 - Korean pine - 500 × 200 × 18,000 mm

Producer (YYYY. MM) (※The surface with this label is the top)

<수장용집성재 및 집성판 표시 예시>

품명	수장용 집성재
길이방향 접합	없음
등급	1등급
사용환경	사용환경 1
폼알데하이드 방출량 등급	SE_0
수종	소나무
원산지	한국
치수 (높이 × 너비 × 길이)	18 × 1,200 × 2,400 mm
생산(수입)자 또는 약호 (생산국), (생산연월)	(주)○○○○ (한국), (○○○○.○○.)

o 한글표시

집성판 - 2등급(길이방향 접합 없음) - 사용환경 2 - E_0 - 낙엽송 - 24 × 800 × 1,200 mm
㈜ ○○○○, (○○○○.○○.)

o 영문표시

NGE - No.2 - Sevice Class 1 - E_0 - 10S-34B - Korean pine - 24 × 800 × 1,200 mm
Producer (YYYY. MM)

[부속서 11]

목재펠릿(wood pellet)

1. 적용범위 이 기준은 국내에서 생산되거나 수입되어 국내에서 유통되는 모든 목재펠릿에 적용한다.

2. 인용표준 다음에 나타내는 표준은 이 기준에 인용됨으로써 이 기준의 규정 일부를 구성한다. 이러한 인용표준은 최신판을 적용한다.

KS M ISO 14780 고형 바이오연료 - 시료 준비
KS M ISO 16948 고형 바이오연료 - 탄소, 수소 및 질소 함량 측정
KS M ISO 16968 고형 바이오연료 - 미량 원소 측정
KS M ISO 16994 고형 바이오연료 - 황 및 염소의 함량 측정
KS M ISO 17828 고형 바이오연료 - 겉보기밀도 측정
KS M ISO 17829 고형 바이오연료 - 펠릿의 길이와 지름 측정
KS M ISO 17831-1 고형 바이오연료 - 펠릿과 브리켓의 내구성 측정 - 제 1 부:펠릿
KS M ISO 18122 고형 바이오연료 - 회분 측정
KS M ISO 18125 고형 바이오연료 - 발열량 측정
KS M ISO 18134-1 고형 바이오연료 - 함수율 측정 - 전건법 - 제 1 부:함수율 - 기준 시험법
KS M ISO 18135 고형 바이오연료 - 시료 채취
KS M ISO 18846 고형 바이오연료 - 펠릿 시료의 미세분 측정
KS M ISO 21404 고형 바이오연료 - 회분 용융의 거동 측정

3. 정의 이 기준에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

3.1 목재펠릿 원통 형상으로 보통 5 mm ~ 40 mm의 길이와 최대 25 mm의 지름 및 파손된 종단을 갖는 목재 바이오매스로 제작된 고체 바이오연료이다.

3.2 겉보기밀도 운송 등에 유용한 지수로 일정 용기의 부피에 적재할 수 있는 목재펠릿 무게를 나타낸 값이다.

3.3 함수율 목재펠릿 수령 시 목재펠릿에 함유되어 있는 수분의 습량 기준 백분율이다.

3.4 회분 특정한 조건 하에서 목재펠릿 연소 후 잔류하는 무기물 양의 건량기준 백분율이다.

3.5 미세분 목재펠릿의 제조 후 출하 시 상품에 포함된 입자크기 3.15 mm 미만인 부스러기 무게의 습량 기준 백분율이다.

3.6 내구성 목재펠릿의 강도를 나타내는 지수로 국제기준에서 제안하는 텀블링시험 후에 발생한 부스러기를 뺀 나머지 무게의 습량 기준 백분율이다.

3.7 순발열량 일정 부피에서 측정된 목재펠릿의 총발열량에서 연소가스 중의 수증기가 갖는 응축잠열 및 현열을 제외하고 산정된 일정압력 기준 발열량이다.

3.8 첨가제 목재펠릿의 품질을 향상시키고 배출가스를 줄이거나 효율적인 생산을 위하여 목재펠릿 제조 시 의도적으로 첨가한 물질이다.

3.9 회분 용융 거동 측정을 위한 회분시료의 윗부분이 용융되어 무딘 형태로 변형하기 시작하는 온도(Deformation Temperature, DT)이다.

3.10 주거용・소규모 상업용 목재펠릿 보일러 다음 사항 중 보일러의 용량에 관계없이 1개 이상이 해당되는 보일러다.

- 자동 연소조절 장치와 연소가스 세정 장비가 없는 경우
- 에너지 관리를 위한 설비 전문가가 없는 경우
- 대기환경보전법 시행령 [별표 11의2]에 해당하는 지역에 설치된 경우

3.11 산업용 목재펠릿 보일러 물품 제조, 가공, 수리를 위한 열을 공급할 목적으로 설치한 보일러다.

4. 종류 목재펠릿은 사용환경과 규모에 따라 주거용 또는 소규모 상업용 목재펠릿과 산업용 목재펠릿으로 분류한다.

4.1 주거용・소규모 상업용 목재펠릿 주거용, 소규모 상업용, 공용 건물에 설치된 목재펠릿 보일러에 적용하기 위한 목재펠릿이다.

4.2 산업용 목재펠릿 산업용 에너지공급을 위한 보일러에 적용하기 위한 목재펠릿이다.

5. 규격과 품질기준

5.1 사용원료 침엽수와 활엽수, 대나무 등이나 이를 분쇄한 것으로서, 산지개발 과정에서 나온 산물, 제재부산물 등 오염되지 않은 순수한 목재 부산물을 포함한다. 다음에 제시된 가공된 목재들은 목재펠릿 제조에 이용할 수 없다.

5.1.1 방부처리 목재

5.1.2 접착, 도색, 침지 등 인위적으로 화학물질에 의해 처리된 목재

5.1.3 건축물로부터 해체된 목재

5.2 원료혼합 제한 인위적으로 화학물질에 의해 처리된 목재가 오염되지 않은 목재 원료와 혼합된 경우 혼합량에 관계없이 목재펠릿 원료로 사용할 수 없다. 혼합이 우려되는 경우에도 관련 법령에 따라 목재펠릿 원료로의 사용을 제한할 수 있다.(예, 폐가구류, 폐목재포장재 등)

5.3 규격・품질기준 주거용・소규모 상업용 목재펠릿과 산업용 목재펠릿의 규격 및 품질기준은 용도에 따라 <표 1>과 <표 2>로 각각 구분하여 적용한다.

<표 1> 주거용・소규모 상업용 목재펠릿의 규격・품질기준

등급 / 물성	단위	A1	A2	B
지름(D), 및 길이(L)	mm	D06, 6 ± 1 3.15 ≤ L ≤ 40 D08, 8 ± 1 3.15 ≤ L ≤ 40	D06, 6 ± 1 3.15 ≤ L ≤ 40 D08, 8 ± 1 3.15 ≤ L ≤ 40	D06, 6 ± 1 3.15 ≤ L ≤ 40 D08, 8 ± 1 3.15 ≤ L ≤ 40
겉보기밀도	수령 시 kg/m³	≥ 600	≥ 600	≥ 600
함수율	수령 시 w-%, 습량	≤ 10	≤ 10	≤ 10
회분	w-%, 건량	≤ 0.7	≤ 1.2	≤ 2.0
순발열량	수령 시 MJ/kg	≥ 16.5	≥ 16.5	≥ 16.5
질소(N)	w-%, 건량	≤ 0.3	≤ 0.5	≤ 1.0
황(S)	w-%, 건량	≤ 0.04	≤ 0.04	≤ 0.05
염소(Cl)	w-%, 건량	≤ 0.02	≤ 0.02	≤ 0.03
비소(As)	mg/kg, 건량	≤ 1	≤ 1	≤ 1
카드뮴(Cd)	mg/kg, 건량	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.5
크로뮴(Cr)	mg/kg, 건량	≤ 10	≤ 10	≤ 10
구리(Cu)	mg/kg, 건량	≤ 10	≤ 10	≤ 10
납(Pb)	mg/kg, 건량	≤ 10	≤ 10	≤ 10
수은(Hg)	mg/kg, 건량	≤ 0.1	≤ 0.1	≤ 0.1
니켈(Ni)	mg/kg, 건량	≤ 10	≤ 10	≤ 10
아연(Zn)	mg/kg, 건량	≤ 100	≤ 100	≤ 100
내구성	수령 시 w-%	D06, ≥ 98.0 D08, ≥ 97.5	≥ 97.5	≥ 96.5
미세분	수령 시 w-%	≤ 1.0	≤ 1.0	≤ 1.0
첨가제[1)]	수령 시 w-%	≤ 2	≤ 2	≤ 2
회분 용융 거동 (권장사항)	DT, ℃	명시	명시	명시

1) 첨가제는 종류 및 첨가량을 생산자가 명시한다.

<표 2> 산업용 목재펠릿의 규격・품질기준

등급 / 물성	단위	I1	I2	I3
지름(D), 및 길이(L)	mm	D06, 6 ± 1 3.15 ≤ L ≤ 40 D08, 8 ± 1 3.15 ≤ L ≤ 40	D06, 6 ± 1 3.15 ≤ L ≤ 40 D08, 8 ± 1 3.15 ≤ L ≤ 40 D10, 10 ± 1 3.15 ≤ L ≤ 40	D06, 6 ± 1 3.15 ≤ L ≤ 40 D08, 8 ± 1 3.15 ≤ L ≤ 40 D10, 10 ± 1 3.15 ≤ L ≤ 40 D12, 12 ± 1 3.15 ≤ L ≤ 40
겉보기밀도	수령 시 kg/m³	≥ 600	≥ 550	≥ 500
함수율	수령 시 w-%, 습량	≤ 10	≤ 10	≤ 10
회분	w-%, 건량	≤ 1.5	≤ 3.0	≤ 5.0
순발열량	수령 시 MJ/kg	≥ 16.5	≥ 16.5	≥ 16.5
질소(N)	w-%, 건량	≤ 0.5	≤ 0.7	≤ 0.7
황(S)	w-%, 건량	≤ 0.05	≤ 0.05	≤ 0.05
염소(Cl)	w-%, 건량	≤ 0.03	≤ 0.05	≤ 0.1
비소(As)	mg/kg, 건량	≤ 1	≤ 1	≤ 1
카드뮴(Cd)	mg/kg, 건량	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.5
크로뮴(Cr)	mg/kg, 건량	≤ 10	≤ 10	≤ 10
구리(Cu)	mg/kg, 건량	≤ 10	≤ 10	≤ 10
납(Pb)	mg/kg, 건량	≤ 10	≤ 10	≤ 10
수은(Hg)	mg/kg, 건량	≤ 0.1	≤ 0.1	≤ 0.1
니켈(Ni)	mg/kg, 건량	≤ 10	≤ 10	≤ 10
아연(Zn)	mg/kg, 건량	≤ 100	≤ 100	≤ 100
내구성	수령 시 w-%	≥ 97.5	≥ 96.5	≥ 95.0
미세분	수령 시 w-%	≤ 4.0	≤ 5.0	≤ 6.0
첨가제[1)]	수령 시 w-%	< 3	< 3	< 3
회분 용융 거동 (권장사항)	DT, ℃	명시	명시	명시

[1)] 첨가제는 종류 및 첨가량을 생산자가 명시한다.

<표 3> 목재펠릿 시험방법

시험항목	시험방법	비고
시료채취	KS M ISO 18135	
분석용 시료 준비	KS M ISO 14780	
지름, 길이	KS M ISO 17829	
겉보기밀도	KS M ISO 17828	
함수율	KS M ISO 18134-1	습량기준
회분	KS M ISO 18122	
순발열량	KS M ISO 18125	정압조건
질소	KS M ISO 16948	
황, 염소	KS M ISO 16994	
비소, 카드뮴, 크로뮴, 구리, 납, 아연, 수은, 니켈	KS M ISO 16968	
내구성	KS M ISO 17831-1	
미세분	KS M ISO 18846	
회분 용융 거동	KS M ISO 21404	산화조건

7. 표시

7.1 표시 사항 목재펠릿은 상품명, 용도, 등급, 생산국, 품질표시항목, 무게, 생산자, 생산연월을 표시한다.

7.2 표시 방법

7.2.1 표의 크기는 조정할 수 있으나 세로 20 cm 이상, 가로와 세로는 2:3의 비율을 유지하여야 한다.

7.2.2 포장상자 표면에 직접 인쇄하거나 용지에 인쇄하여 부착하며, 마대와 같은 것으로 포장할 때에는 꼬리표에 인쇄하여 부착할 수 있다.

7.2.3 부착 또는 인쇄할 수 없는 경우, 품질표시 2부를 작성하여 1부는 공급자가 보관하며, 1부는 공급받는 자에게 제공한다.

<목재펠릿 표시 예시>

목재펠릿 규격·품질		
상품명		회사의 고유 상품명을 표시
종 류		주거용·소규모 상업용 목재펠릿 또는 산업용 목재펠릿을 표시
등 급		용도에 맞추어 목재펠릿의 등급 표시(예: A1)
생산국		생산 국가 표시
품질 표시 항목	지름	지름 등급에 해당하는 기호를 표시(예: D06)
	겉보기밀도	“000 kg/㎥ 이상”으로 표시
	함수율	“00 % 이하”로 표시
	회 분	“0.0 % 이하”로 표시
	순발열량	“00.0 MJ/kg”로 표시
	질소, 황, 염소	“N 0.0 %, S 0.00 %, Cl 0.00 % 이하”로 표시
	무기물	“As 0 ㎎/kg, Cd 0.0 ㎎/kg, Cr 00 ㎎/kg, Cu 00 ㎎/kg, Pb 00 ㎎/kg, Hg 0.0 ㎎/kg, Ni 00 ㎎/kg, Zn 000 ㎎/kg 이하”로 표시
	첨가제	첨가제 종류와 양을 “OOO 0.0 % 이하”로 생산자가 표시
권장 항목	회분 용융 거동	“0,000 ℃”로 표시
무 게		포장무게를 kg 또는 톤 단위로 표시
생산자 (수입자)	주 소 (전화번호)	생산자 또는 수입자의 주소 및 전화번호를 표시
	회사명	회사명을 표시
생 산 연 월		목재펠릿을 생산한 연, 월을 표시(별도 표시 가능)

o 영문표시

Specifications and Quality Table of Wood Pellet		
Product Name		Shall indicate unique product names of each company
Type		Shall indicate wood pellets for residential·small-scale commercial or industrial use
Grade		Shall indicate proper grade of wood pellets (e.g. A1)
Production Country		Shall indicate the country of production
Normative	Dimension	Shall indicate proper grade of diameter (e.g. D06)
	Bulk Density	Shall indicate “more than 000 kg/㎥”
	Moisture	Shall indicate “less than 00 %”
	Ash	Shall indicate “less than 0.0 %”
	Net Calorific Value	Shall indicate “more than 00.0 MJ/kg”
	Nitrogen, Sulfur, Chlorine	Shall indicate “less than N 0.0 %, S 0.00 %, and Cl 0.00 %”
	Inorganic Substances	Shall indicate “less than As 0㎎/kg, Cd 0.0㎎/kg, Cr 00㎎/kg, Cu 00㎎/kg, Pb 00㎎/kg, Hg 0.0㎎/kg, Ni 00㎎/kg, and Zn 000㎎/kg”
	Other Additives	Shall indicate “OOO 0.0 %” by producer
Informative	Ash melting behaviour	Shall indicate “0,000 ℃”
Weight		Shall indicate weight in kg or ton
Producer (Importer)	Address (Phone Number)	Shall indicate the address of a producer or an importer and a phone number in the parenthesis
	Company Name	Shall indicate the name of the company
Production Date		Shall indicate the year and month that wood pellets are manufactured(This can be marked separately.)

[부속서 12]

목재칩(wood chip)

1. 적용범위 이 기준은 국내에서 생산되거나 수입되어 국내에서 유통되는 모든 연료용 목재칩에 적용한다.

2. 인용표준 다음에 나타내는 표준은 이 기준에 인용됨으로써 이 기준의 규정 일부를 구성한다. 이러한 인용표준은 최신판을 적용한다.

KS M ISO 14780 고형 바이오연료 - 시료 준비
KS M ISO 16948 고형 바이오연료 - 탄소, 수소 및 질소 함량 측정
KS M ISO 16968 고형 바이오연료 - 미량 원소 측정
KS M ISO 16994 고형 바이오연료 - 황 및 염소의 함량 측정
KS M ISO 17827-1 고형 바이오연료 - 비압축 연료의 입도분포 측정 - 1 부: 공극 크기가 3.15 mm 이상인 체를 사용한 진동 선별법
KS M ISO 17828 고형 바이오연료 - 겉보기밀도 측정
KS M ISO 18122 고형 바이오연료 - 회분 측정
KS M ISO 18125 고형 바이오연료 - 발열량 측정
KS M ISO 18134-1 고형 바이오연료 - 함수율 측정 - 전건법 - 제 1 부:함수율 - 기준 시험법
KS M ISO 18135 고형 바이오연료 - 시료 채취
KS M ISO 21404 고형 바이오연료 - 회분 용융의 거동 측정

3 정의 이 기준에서 사용하는 용어의 정의는 아래와 같다.

3.1 목재칩 목재를 작은 크기의 조각으로 분쇄하여 연소 및 가스화 등 에너지 생산을 위해 사용되는 고형 바이오 연료이다.

3.2 크기 생산된 목재 분쇄물의 입자 크기를 의미하며, 너비, 길이 및 두께로 구성된다.

3.3 겉보기밀도 운송 및 저장 등에 유용한 지수로 일정 용기 부피에 적재할 수 있는 목재칩의 무게를 나타낸 값이다.

3.4 함수율 목재칩 수령 시 목재칩에 함유되어 있는 수분의 습량기준 백분율이다.

3.5 회분 특정한 조건하에서 목재칩의 연소 후에 남는 잔류 무기물 양의 건량기준 백분율이다.

3.6 미세분 목재칩의 제조 후 출하 시 상품에 포함된 입자크기 3.15mm 미만인 부스러기 무게의 습량기준 백분율이다.

3.7 과대치 목재칩의 크기에 따라 규정된 체를 통과하지 못한 입자 무게의 습량기준 백분율이다.

3.8 순발열량 일정부피에서 측정된 목재칩의 총발열량에서 연소가스 중의 수증기가 갖는 응축잠열 및 현열을 제외하고 산정된 일정압력 기준 발열량이다.

3.9 회분 용융 거동 측정을 위한 회분시료의 윗부분이 용융되어 무딘 형태로 변형하기 시작하는 온도(Deformation Temperature, DT)이다.

4. 종류 목재칩은 제조된 생산물의 형상에 따라 목재연료칩(Wood Chip Fuel)과 호그(Hog Fuel)로 구분한다.

4.1 목재연료칩 디스크와 드럼식 칩퍼 등과 같은 장비를 이용하여 비교적 일정한 형상으로 생산한 목재칩이며, 수피를 포함하거나 포함하지 않을 수 있다.

4.2 호그 롤러, 해머 등과 같이 분쇄면이 무딘 장비를 이용하여 생산한 부정형의 목재칩이며, 목재연료칩에 비하여 너비, 길이 및 두께가 일정하지 않다.

5. 규격과 품질기준

5.1 사용원료 침엽수, 활엽수, 대나무 톱밥 등이나 이를 분쇄한 것으로서 산지개발 과정에서 나온 산물, 제재부산물 등 오염되지 않은 순수한 목재 부산물을 포함한다. 다음에 제시된 가공된 목재들은 목재연료칩 및 호그 제조에 이용할 수 없다.

5.1.1 방부처리 목재

5.1.2 접착, 도색, 침지 등 인위적으로 화학물질에 의해 처리된 목재

5.1.3 건축물로부터 해체된 목재

5.2 원료혼합 제한 인위적으로 화학물질에 의해 처리된 목재가 오염되지 않은 목재 원료와 혼합된 경우 혼합량에 관계없이 원료로 사용할 수 없으며, 혼합이 우려되는 경우에도 관련 법령에 따라 목재칩 제조 원료로의 사용을_제한할 수 있다. (예, 폐가구류, 폐목재포장재 등).

5.2.1 방부처리 목재

5.2.2 접착, 도색, 침지 등 인위적으로 화학물질에 의해 처리된 목재

5.2.3 건축물로부터 해체된 목재

5.2.4 상기 원료들이 1종 이상 혼합된 원료

5.3 품질기준 목재연료칩과 호그의 분류와 규격·품질기준은 다음의 <표 1>과 <표 2>에 따라 분류한다.

목재칩 크기 (최소 60 w-%)		과대치(w-%) (입자길이, mm)	미세분(w-%) (<3.15 mm)	목재칩 최대 길이
P16s	3.15 mm ≤P< 16 mm	≤ 6 %(≥31.5 mm)	≤ 15 %	≤ 45 mm
P31s	3.15 mm ≤P< 31.5 mm	≤ 6 %(≥45 mm)	≤ 10 %	≤ 120 mm
P45s	3.15 mm ≤P< 45 mm	≤ 10 %(≥63 mm)	≤ 10 %	≤ 200 mm
P16	3.15 mm ≤P< 16 mm	≤ 6 %(≥31.5 mm)	아래 F 분류에서 명시	값 명시
P31	3.15 mm ≤P< 31.5 mm	≤ 6 %(≥45 mm)		
P45	3.15 mm ≤P< 45 mm	≤ 10 %(≥63 mm)		
P63	3.15 mm ≤P< 63 mm	≤ 10 %(≥100 mm)		
P100	3.15 mm ≤P< 100 mm	≤ 10 %(≥150 mm)		
P200	3.15 mm ≤P< 200 mm	≤ 10 %(≥250 mm)		
미세분 비율, F(<3.15 mm, w-%)				
F02	≤ 2 %			
F05	≤ 5 %			
F10	≤ 10 %			
F15	≤ 15 %			
F20	≤ 20 %			
F25	≤ 25 %			
F30	≤ 30 %			
F30+	> 30 %(최댓값 명시)			

* 주거용 및 소규모 상업용 보일러([부속서11]목재펠릿 참조)에서 사용되는 목재칩에는 Ps 분류를 사용한다.

<표 2> 목재칩 규격·품질기준

등급 / 물성		단위	목재연료칩		호그
			1급	2급	
크기		mm	<표1>에서 선택		
겉보기 밀도		수령 시 kg/㎥	≥ 200	≥ 150	≥ 150
함수율		수령 시 w-%, 습량	≤ 25	≤ 35	≤ 35
회분		w-%, 건량	≤ 1.5	≤ 3.0	≤ 5.0
질소(N)		w-%, 건량	≤ 1.0		≤ 1.5
황(S)		w-%, 건량	≤ 0.1		≤ 0.15
염소(Cl)		w-%, 건량	≤ 0.05		≤ 0.1
비소(As)		㎎/kg, 건량	≤ 1		≤ 2
카드뮴(Cd)		㎎/kg, 건량	≤ 1.0		≤ 2.0
크로뮴(Cr)		㎎/kg, 건량	≤ 10		≤ 20
납(Pb)		㎎/kg, 건량	≤ 10		≤ 20
수은(Hg)		㎎/kg, 건량	≤ 0.1		≤ 0.1
권장표시사항	순발열량	수령 시 MJ/kg	측정결과 표기		
	회분 용융 거동	DT, ℃	측정결과 표기		

<참고표 1> 겉보기 밀도 범위

습량 기준 함수율	질량%	8～18	18～25	25～35	35～45
낮은 겉보기 밀도 수종	kg/m³ 겉보기 부피	160～180	180～200	200～225	225～270
	특성 분류	≥150	≥150	≥200	≥200
높은 겉보기 밀도 수종	kg/m³ 겉보기 부피	225～250	250～280	280～320	320～380
	특성 분류	≥200	≥250	≥250	≥300

6. 검사

6.1 목재칩의 시험은 다음 표에 따른다.

<표 3> 목재칩 시험 방법

시험 항목	시험 방법	비고
시료채취	KS M ISO 18135	
분석용 시료 준비	KS M ISO 14780	
크기	KS M ISO 17827-1	<표 1>에 따라 선정
겉보기밀도	KS M ISO 17828	
함수율	KS M ISO 18134-1	습량기준
회분	KS M ISO 18122	
순발열량	KS M ISO 18125	정압조건
질소	KS M ISO 16948	
황, 염소	KS M ISO 16994	
비소, 카드뮴, 크로뮴, 납, 수은	KS M ISO 16968	
회분 용융 거동	KS M ISO 21404	산화조건

7. 표시

7.1 표시 사항 목재칩은 상품명, 용도, 등급, 생산국, 품질표시항목, 무게, 생산자, 생산연월을 표시한다.

7.2 표시 방법

7.2.1 표의 크기는 조정할 수 있으나 세로 20 cm 이상, 가로와 세로는 2:3의 비율을 유지하여야 한다.

7.2.2 포장상자 표면에 직접 인쇄하거나 용지에 인쇄하여 부착하며, 마대와 같은 것으로 포장할 때에는 꼬리표에 인쇄하여 부착할 수 있다.

7.2.3 부착 또는 인쇄할 수 없는 경우, 품질표시 2부를 작성하여 1부는 공급자가 보관하며, 1부는 공급 받는 자에게 제공한다.

<목재칩 표시 예시>

목재칩 규격·품질		
상품명		각 회사의 고유 상품명을 표시
종 류		목재연료칩 또는 호그를 표시
등 급		종류에 맞추어 목재칩의 등급 표시(예: 1급)
생산국		생산 국가 표시
품질 표시 항목	크 기	크기 등급에 해당하는 기호를 표시(예: P31s)
	겉보기밀도	“000 kg/㎥ 이상”으로 표시
	함수율	“00 % 이하”로 표시
	회 분	“0.0 % 이하”로 표시
	질소, 황, 염소	“N 0.0 %, S 0.00 %, Cl 0.00 % 이하”로 표시
	무기물	“As 0 ㎎/㎏, Cd 0.0 ㎎/㎏, Cr 00 ㎎/㎏, Pb 00 ㎎/㎏, Hg 0.0 ㎎/㎏ 이하”로 표시
권장 항목	순발열량	“00.0 MJ/㎏”로 표시
	회분 용융 거동	“0,000 ℃”로 표시
무게		포장무게를 kg 또는 톤 단위로 표시
생산자 (수입자)	주 소 (전화번호)	생산자 또는 수입자의 주소 및 전화번호를 표시
	회사명	회사명을 표시
생 산 연 월		목재칩을 생산한 연, 월을 표시

o 영문표시

Specifications and Quality Table of Wood Chip		
Product Name		
Type		Shall indicate wood chip fuel or hog
Grade		Shall indicate proper grade of wood chips (e.g. 1)
Production Country		Shall indicate the country of production
Normative	Size	Shall indicate proper grade of size (e.g. P31s)
	Bulk Density	Shall indicate “more than 000 kg/m³”
	Moisture	Shall indicate “less than 00 %”
	Ash	Shall indicate “less than 0.0 %”
	Nitrogen, Sulfur, Chlorine	Shall indicate “less than N 0.0 %, S 0.00 %, and Cl 0.00 %”
	Inorganic Substances	Shall indicate “less than As 0 mg/kg, Cd 0.0 mg/kg, Cr 00 mg/kg, Pb 00 mg/kg, and Hg 0.0 mg/kg”
Informative	Net Calorific Value	Shall indicate “00.0 MJ/kg”
	Ash melting behavior	Shall indicate “0,000 ℃”
Weight		Shall indicate weight in kg or ton
Producer (Importer)	Address (Phone Number)	Shall indicate the address of a producer or an importer and a phone number in the parenthesis
	Company Name	Shall indicate the name of the company
Production Date		Shall indicate the year and month that wood chips are manufactured

참고자료

1. 원목 규격 고시
2. 목재의 지속가능한 이용에 관한 법률
3. 목재의 지속가능한 이용에 관한 법률 시행령
4. 목재의 지속가능한 이용에 관한 법률 시행규칙
5. 목재제품의 규격과 품질기준
6. NCS 학습모듈
   - 제재단판가공
   - 목재건조 열처리가공
   - 목재절삭 성형가공
   - 목재보존화학처리가공
   - 목재 표면가공