

木材의 乾燥技術과 水分管理

서울대학교 農科大學 林産加工學科 教授, 農學博士

鄭 希 錫

에너지와 목재 자원의 부족에 따른 목재건조의 당면 과제는 건조효율을 제고하는 데 있다. 즉 天然乾燥의 활용과 건조시간의 단축에 따른 에너지 절감과 건조결함의 예방 등으로 건조비용을 어떻게 줄이느냐에 있다.

종래의 건조방법은 수증, 판재두께, 건조속도, 건조결함의 발생 등 건조인자에 따라 天然乾燥, 熱氣乾燥 그리고 양자의 병용법중에서 어떤 방법을 택해 건조를 실시해 왔다.

목재건조에 소모되는 에너지량은 목재가공 전공정에 소모되는 에너지의 약 70%에 이르고 있기 때문에 건조에 소모되는 에너지를 줄인다는 것은 목재품 가공비를 절감시키는 근본 단자로 볼 수 있다.

특히 70년대에 이르러 에너지 위기를 맞아 건조에서 熱效率(heat efficiency) 제고에 관한 새로운 건조법을 모색케 되었다. 즉 이러한 乾燥法에는 제습건조법(dehumidification drying)과 수증기 재압축건조법(vapor refrigeration drying) 등이 관심있는 연구개발단계에 있다. 제습건조법은 1964년에 제안된 이래 1970년 Westair dynamics Limited에서 개량한 저온제습건조법에 의하면 온습공기를 refrigeration circuit에서 응축된 물은 배수하고 공기는 heating coil로 통과시켜 재순환 이용함으로써 에너지를 절약하는 건조법이다. 가문비나무 stud을 최종습수율 16%까지 건조시 慣行熱氣乾燥(conventional kiln drying)에 비하면 46~86%의 에너지 절약이 가능하나 저온으로 인하여 건조시간이 다소 길며 건조능력의 완화와 불가한 결점을 지니고 있다. 제습건조실은 용량이 45~70㎾ 정도로 커야 하며 자본과 건조비가 적게 든다.

수증기 재압축건조는 compressor에서 공기를 압축하면 100℃의 condensing temp.을 갖기 때문에 건구온도보다 높아져서 건조실로 열전달을 유도하면서

건조하는 방법이나 목재의 추출물과 방부처리재의 경우 방부제 등이 콤프레사에 기능 저하를 야기시키는 문제점 등이 있다. 이 건조법은 慣行熱氣乾燥法의 熱效率 0.64에 비해 1.60으로 대단히 큰 잇점을 지니고 있다. 관행 열기건조법의 열효율은 일정한 것이 아니고 수중에 따라 상이한데 참나무류 또는 투과성이 좋지 못한 수종의 경우는 0.3~0.5범위에 속한다. 고온건조(high temperature drying)경우 건조시간은 慣行熱氣乾燥의 경우보다 4~10배 정도 단축되나 熱效率은 비슷한 것으로 알려져 있다. 고온건조의 건조기구는 목재내부에 수증기압이 발생하면 세포막공을 통해 수증기가 pressure flow로 이동한다. 고온건조는 침엽수재가 주 대상이 되나 활엽수재에 있어서 자작나무, 너도밤나무, yellow poplar 등은 건조가 잘 되나 벗나무, 느릅나무, 피칸(pecan), 소프트 메이플(soft maple), 리나무, 학베리(hackberry) 등은 고려 저력 적용할 수 있으며 월넛트(walnut), 참나무류 또는 수낭(wet pocket)을 가진 수종 즉 아스펜(aspen), 스위트 검(sweet gum) 등은 와핑(warping)과 내부할렬이 다량 발생하므로 사전에 25% 이하까지 천연건조 또는 20%이하까지 관행 열기 건조를 실시한 다음 고온건조를 실시하는 것이 건조손상을 예방하는데 도움이 된다. 고온건조에서는 열전달이나 열확산속도는 목재밀도에 비례하고 또한 이동 水分量은 목재밀도에 비례하나 건조속도는 밀도와 무관한 것으로 알려져 있고 열전달, 표면증발, 수분확산, 자유수유동(free water flow) 사이에는 동적평형(dynamic balance)을 이루면서 건조가 진행된다.

근래에 이르러 에너지 절약을 위한 한 방편으로 天然乾燥法과 促進天然乾燥法에 대한 관심도 높아지고 있는데 天然乾燥는 기상조건에 지배됨으로 건조일수를 단축하기 위해서는 좋은 건조제절에 적재하는 것이 유리하고 건조일수를 추정하는 방법을 아는 것은 매

우 중요하다. 건조속도의 영향인자 즉 온도, 습도, 풍속은 매달 다르므로 연중 가장 천연건조에 적당한 달을 기준으로 하여 이달의 유효천연건조일수(EADD)를 30일로 간주하여 다른 달들의 유효천연건조일수를 계산하여 산출한다. Ritz(1972)가 제시한 유효천연건조일수 산출방법을 살펴보면 여름달(6월, 7월, 8월)의 경우 매월 평균 상대습도와 평균풍속을 구하고 또한 연평균상대습도와 연평균풍속을 구하고, 여름달의 매월은 30일의 유효천연건조일수를 가진다고 가정하는 다음 어느 여름달의 월평균상대습도가 연평균상대습도보다 5% 이상 높고 월평균풍속이 연평균풍속보다 1.79m/sec(4 mph) 이상 적은 경우는 2일을 공제하여 그 달의 유효천연건조일수를 산출한다.

그러나 여름달(6월, 7월, 8월)에 속하지 아니한 달의 경우는 상대습도와 풍속 뿐만 아니라 온도의 영향도 받는다. 여름달 이외의 달의 유효천연건조일수의 산출방법은 첫째, 어떤 달의 월간평균온도가 여름달(6월, 7월, 8월)의 매월 평균온도의 평균치보다 10°F(5.56°C) 적을때마다 5일씩 공제하고, 둘째, 어떤 달의 평균 상대습도가 연간 평균상대습도보다 5% 이상 높을 때에는 2일을 공제하며, 셋째, 어떤 달의 평균풍속이 연간 평균풍속보다 1.79 m/sec(4 mph) 이하일 경우는 2일을 공제한다. 그리고 만일 위 조건의 상대습도와 풍속이 동시에 충족시킬 때에는 4일을 공제하여 유효천연건조일수를 산출하게 된다. 다만 연중에 속한 모든 달의 날짜는 30일을 기준으로 한다.

우리나라의 중부지방(수원기준)의 1975 ~ 1979년 5개년간의 온도, 상대습도, 풍속을 근거로 하여 산출한 1월에서 12월까지 구한 5개년간의 평균 유효천연건조일수를 보면 1월은 9일, 2월은 11일, 3월은 15일, 4월은 20일, 5월은 26일, 6월, 7월, 8월은 각각 30일, 9월은 29일, 10월은 24일, 11월은 16일, 12월은 9일에 불과하다. 계절별로 살펴보면 여름철이 유효천연건조일수가 가장 많고 다음은 가을철(9월, 10월, 11월), 봄철(3월, 4월, 5월), 겨울철(12월, 1월, 2월) 순위였다. 중부지방에서 유효천연건조일수에 미치는 영향인자는 모든 달에 있어서 온도가 절대적인 영향을 미치고 있었고 상대습도는 9월~12월에 약간 영향하고 있었으나 풍속의 영향은 거의 나타나지 않았다.

이와 같이 산출한 유효천연건조일수로 볼 때 신펠을 들어 2.5cm 판재를 함수율 20%까지 건조하는데

여름달에서 60일이 필요하였다면 2개월 동안에 건조가 가능하나 11월 초에 건조를 시작하였다면 3월 말에 가서야 건조가 끝나게 되어 무려 5개월이란 건조일수가 소요됨을 알 수 있다. 월별 유효천연건조일수를 나타낸 자료를 EADD calendar 라고 부르는 데 이와 같은 카렌다를 작성 이용한다면 적제시기별에 따라 건조소요일수를 고려하여 건조 종료시일을 추정할 수 있다.

促進天然乾燥(accelerated air drying)에 있어서도 태양열 이용 또는 여러 가지 타입의 드라이어(dryer)가 개발 이용되고 있다. 여기서 "드라이어"란 일반적으로 천연건조를 촉진시키기 위하여 사용하는 공기이동 및 유도장치를 말한다. 태양열을 이용하는 촉진천연건조에는 반태양열 드라이어(semi solar dryer)와 태양열 드라이어(solar dryer)가 있는데 반태양열 드라이어는 투명 플라스틱 필름을 사용하여 두 층으로 쌓고 목재연료용 보일러의 증기열과 태양 에너지를 병용하여 주야간의 온도를 조절하면서 외기온도보다 약 7~11°C 높게 유지하면서 24인치(5/8HP) 송풍기를 사용하여 변색방지를 위한 신속한 前乾燥를 하거나 함수율 10%까지 건조할 수 있으며 일반 천연건조시간을 거의 절반까지 단축할 수 있다.

태양열 드라이어는 인도, 우간다, 푸에르토리코와 같은 열대지방에서는 성공적으로 촉진천연건조를 실시하고 있으나 일조량이 적은 온대지방에서는 태양열의 집열 또는 축열에 있어서 상당한 기술을 필요로 한다.

촉진천연건조는 천연건조보다 일반적으로 건조시간이 단축되고 변색예방 등의 장점을 지니고 있으나 드라이어가 설계 및 조작이 잘못되었을 경우 함수율이 불균일할 수 있고 건조비용이 많이 드는 단점도 있다.

건조중에는 각종 건조결함이 유발될 수 있으나 그 중 할렬의 피해는 매우 크다. 할렬은 목재내 인접층 사이의 건조도 차이로 인하여 생긴 乾燥应力이 목재조직의 횡단장강도보다 크면 섬유방향으로 터지는 것을 말하며 할렬의 타입은 횡단면할렬, 표면할렬, 내부할렬 등 3종류가 있다. 전자 둘은 건조초기에 일어나며 후자는 건조후기에 발생하는 것이 상례이다. 횡단면할렬은 급속한 횡단면건조(end drying)가 주 원인이 되고 있으므로 목재의 횡단면 상에 방수용 칠(moisture retardant paint) 또는 흡습성 도료(hygroscopic coatings)를 도포하여 어느 정도 예방할 수 있다. 엔드·코팅용 재료에는 할 코팅스(hot coatings)와 콜

드 코팅스(cold coatings)가 있는데 전자는 여러 가지 종류가 있으며 상온에서는 고체이기 때문에 사용시 용점이상 가열해야 하며 후자보다 효과가 크다. 콜드 코팅스에는 루핑세멘트(roofing cement), 왁스에멀존(wax emulsion), 왁스, 보통페인트, 와니스(vernish)등이 있다. 이밖에 전분과 요소의 혼합 수용액, sodium alginate, salt paste, polyethylene

glycol 등이 있다.

근래에 이르러 다양한 건조기술이 개발되고 있으나 가장 특이한 것은 computer programmed kiln을 들 수 있다. 이는 자동건조실 조절 시스템(automatic kiln control system)을 갖고 있어 건조시간과 건조결함을 감소시켜 건조효율을 높이고 있다.