

적외선 화상처리 장치를 이용한 건조초기 목재 표면 온도 측정

Measuring Temperature on Wood Surface at the Beginning of
Drying Using IR Image Measuring System

이관영 · 강호양 · 이민경

적외선 화상처리 장치를 이용한 건조초기 목재 표면 온도 측정¹

이관영² · 강호양³ · 이민경⁴

Measuring Temperature on Wood Surface at the Beginning of Drying Using IR Image Measuring System^{*1}

Kwan Young, Lee^{*2} · ho Yang, Kang^{*3} · Min Kyung, Lee^{*4}

ABSTRACT

Temperature of board surface was monitored during drying using an IR image measurement system. Boards were water-saturated and dried at the levels of four temperatures and three air velocities. At higher DB the surface temperature increased more steeply and level off period was significantly short. At the DB temperatures of 70, 80, 90°C the period where the surface temperature was equivalent to WB temperature was constant regardless of air velocity while at 60°C it decreased as air velocity increased. It was confirmed that a surface transfer coefficient increased with DB temperature. Variation of temperature profile on a wood surface increased with DB temperature and air velocity.

Key words : IR image, surface temperature profile, surface transfer coefficient, air velocity

*1. 논문접수 : 2006. 6. 8.

*2. 충남대학교 목재공학전공 박사과정 수료

*3. 충남대학교 농업생명과학 대학 임산공학 전공 교수, Department of Forest, Chungnam National University Daejeon 305-746, Korea

*4. 충남대학교 목재공학전공 박사과정 수료

1. 서 론

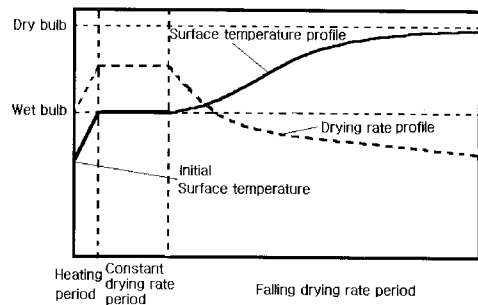
1-1 연구목적

건조 중 목재 온도는 시간에 따라서 연속적으로 변한다. 목재가 주위조건에 따라서 건조될 때 먼저 목재표면의 온도가 상승하고 그 후 점차적으로 목재 내부의 온도가 상승한다. 이러한 현상은 정상상태의 열전달과정과 유사하다(Taylor and Landoch, 1990). 목재 건조시의 열전달은 함수율에 의한 변이 때문에 선형적이라기보다는 함수율의 지배를 받아 비선형적이다(Milota and Stephen, 1990). 즉, 생재상태의 목재는 단일의 물질이 아닌 목질과 수분 그리고 여러 가지 추출물들이 혼합되어 산재하는 복합재료와 같다. 그래서 열전달과정에서 필수적으로 고려해야 하는 밀도와 열확산계수 등의 변이가 심하기 때문에 정상상태의 열전달과는 다른 현상을 보이며, 열전달과정도 복잡한 기작을 지닌다(Steinhagen, 1989; Pang et al., 1997)). 이러한 복잡한 기작을 규명하려는 많은 실험과 노력이 있었지만, 그 복잡한 기작을 밝히고 상호연관성을 규명하는 데는 많은 어려움이 존재하는 것이 사실이다(Bond et al., 1997).

목재를 <Fig. 1>과 같이 건조단계별로 구분해 보면 주위에서 열을 받을 때 목재온도가 습구온도에 도달 할 때까지 기간인 가열기간, 목재 표면에 자유수가 존재하는 한 목재 표면 온도는 습구온도를 유지하며, 열기에서 목재에 전달되는 열은 모두 수분증발에 소모되므로 목재 표면 온도는 일정한 온도에 머무르는 항울 건조기간, 목재 내부로부터 수분이동이 표면증발을 따르지 못하게 되어 목재표면에 마른 곳이 생기고 목재에 전달된 열량은 점차 감소하고 건조속도도 차차 저하되며 목재에 전달된 열은 수분증발과 목재온도 상승에 소모되어 목재표면의 온도가 건구온도에 접근하게 되는 감

울건조기간으로 나누어 볼 수 있다(정 등, 2005). 목재 건조초기에 이와 같이 열전달 현상은 상당히 다양하게 변하며, 응력을 발생시켜 건조결함의 원인이 되기도 한다(Beard et al., 1985; Olek and Guzenda, 1995).

그래서, 본 연구에서는 비접촉식 적외선 화상처리 장치를 통한 건조초기 목재표면의 온도 변화와 열전달과정을 살펴보고 더 나아가 건조초기 항울건조기간의 표면투과계수와 건조초기 건구온도와 풍속이 목재표면 온도변화에 어떻게 영향 하는지 그 경향을 살펴보았다.



<Fig. 1> Plots of surface temperature and drying rate profiles during wood drying

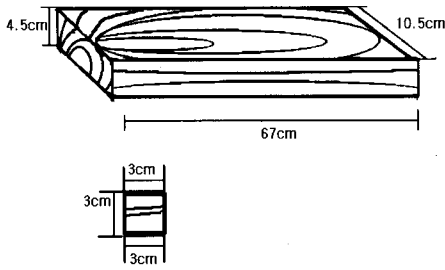
2. 재료 및 방법

2-1 공시재료

본 연구에서는 radiata pine (Pinus radiata) 원목을 인근 제재소에서 구입·제재하였다. 제재된 판재(폭 10.5 x 두께 4.5 x 길이 67.0 cm)에서 변재만을 4개 골라 대형 실린더에 넣고 진공을 걸어 포수 시켰다(Fig. 2). 각 포수된 판재에서 5개 함수율 시편(3 x 3 x 3 cm) 취해 무게를 재고 침지법으로 부피를 측정한다. 후 오븐에서 전건시켜 전건무게를 구하였다.

2-2 측정장치

온도변화 측정을 위해 비접촉식, 비파괴 시



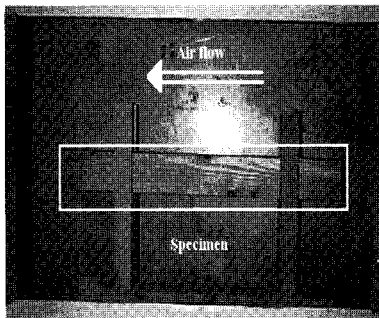
〈Fig. 2〉 Schematic diagrams of a sample board and a moisture content specimen

험장치인 적외선 화상 처리 장치 Inframetrics 740을 사용하였다. 이 장치는 8~12 μm 적외선 파장을 감지하여 저온과 고온의 광역 측정이 가능하고 0.1 $^{\circ}\text{C}$ 의 정도를 가지고 있다. 건조 중 목재 표면 온도 분포가 시간에 따라 다르게 변화하는 것을 측정할 수 있는 범위설정 기능이 있고 측정하고자 하는 시간에 화면을 정지시켜 디스켓에 기록할 수 있다.

본 연구에 사용된 열기건조기는 건구온도와 습구온도를 조절 할 수 있으며, 풍속도 자유롭게 조절 할 수 있도록 설계되어 있다.

2-3 시편의 설치와 건조스케줄

열기 건조기내에 시편을 〈Fig.3〉과 같이 설치하였으며, 사용된 온도와 풍속은 〈Fig. 4〉와 같다.



〈Fig. 3〉 A photo of a sample board installed in the dry kiln

Dry bulb	Air velocity	Specimen
60 $^{\circ}\text{C}$	3.5 m/sec	B
	5 m/sec	
	6.1 m/sec	
70 $^{\circ}\text{C}$	3.5 m/sec	D
	5 m/sec	
	6.1 m/sec	
80 $^{\circ}\text{C}$	3.5 m/sec	A
	5 m/sec	
	6.1 m/sec	
90 $^{\circ}\text{C}$	3.5 m/sec	C
	5 m/sec	
	6.1 m/sec	

〈Fig. 4〉 Experimental plan

2-4 자료분석

적외선 화상처리 장치의 전용프로그램을 사용하여 목재표면 온도변화를 찍은 적외선 사진에서 목재표면의 최고·최저·평균온도, 일정온도에 도달한 시간, 일정온도의 유지 시간 등의 디지털 자료를 얻었다.

3. 결과 및 고찰

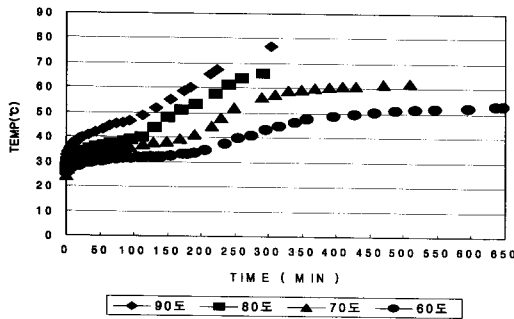
3-1 포수 함수율과 기본밀도

포수판재의 평균함수율은 180~220%로 섬유포화점보다 충분히 높았으며 표면이 충분히 젖어 있었다. 이 값은 판재에서 떼어낸 함수율 시편에서 얻은 것으로 비교적 정확한 예측함수율이라고 할 수 있다. 이 값을 기준으로 구한 시험 판재의 건조 후 함수율은 77~100%정도로 아직도 높은 값을 나타내었다. 전건무게-생재부피를 기준으로 하는 평균 기본밀도는 0.37 g/cm^3 였다.

3-2 건구온도와 풍속에 따른 표면온도 변화

〈Fig. 5〉에 보이는 바와 같이 목재 표면온도는 건구온도와 시간에 따라 상승하는 것을 알 수 있다. 건구온도가 높을수록 가열기간 표

면 온도가 급하게 상승했다. 또, 일정한 온도를 유지하는 기간이 상당히 짧아진다. 건구온도가 낮을 경우 이 구간을 지나면서 목재표면의 온도가 천천히 상승하는 반면에 건구온도가 높을 경우 급격히 상승했다. 목재표면의 온도 변화는 풍속이 같을 경우 건구온도가 높을수록 가열기간, 항울건조기간의 온도상승 정도가 급했다.



〈Fig. 5〉 Variation of wood surface temperatures at four ambient temperatures and air velocity of 5m/sec

3-3 습구온도에 도달 · 유지 시간

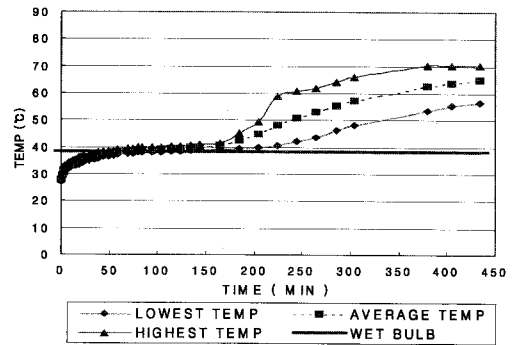
항울건조기간에 목재표면의 온도는 습구온도를 유지한다. 〈Fig. 6〉에서 최저온도가 습구온도를 유지하고 있는 동안에도 평균온도와 최고온도는 습구온도보다 상승하여 건구온도를 향해 증가하고 있는 형태를 보여주고 있다.

그림으로 표시하진 않았지만 풍속이 같을 경우 건구온도가 높을수록 습구온도에 도달하는 시간이 짧아지는 경향을 나타냈다. 한편 습구온도 유지기간은 건구온도 60℃를 제외하고 70, 80, 90℃가 풍속에 상관없이 거의 동일했다 〈Fig. 7〉. 60℃에서는 풍속이 증가할수록 분명히 감소함을 보였다.

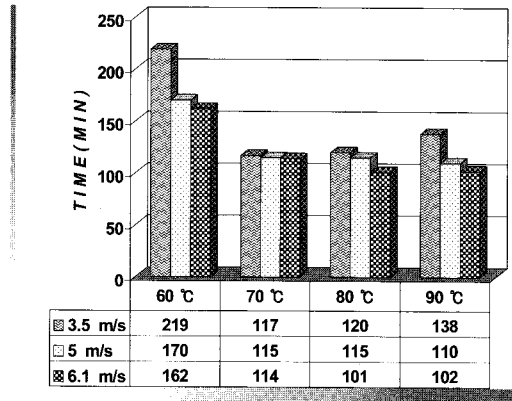
3-4 무게변화와 표면투과계수

항울건조기간 동안의 무게변화에 근거한 표면투과계수를 측정된 결과 풍속이 빠를수록 건

구온도가 높을수록 표면투과계수가 증가하는 경향을 보였다 〈Fig. 8〉.



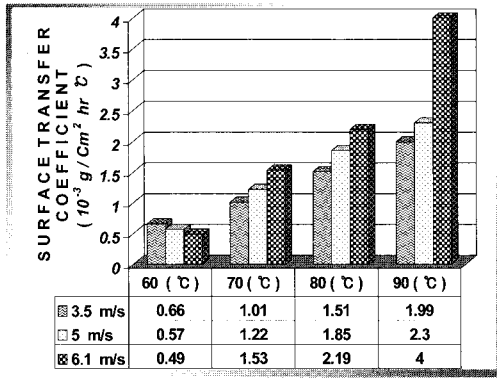
〈Fig. 6〉 Variation of wood surface temperatures at 80℃DB and air velocity of 3.1m/s



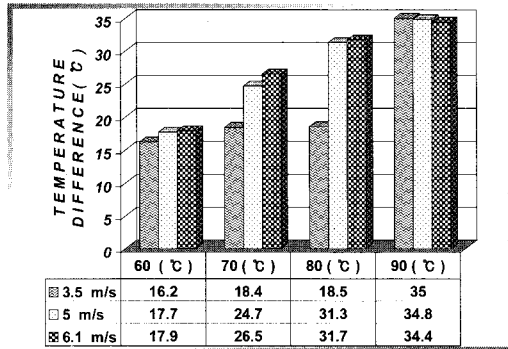
〈Fig. 7〉 Comparison of constant drying rate per between four ambient temperatures three air velocities

3-5 목재표면의 온도차

적외선 화상처리 장치로 측정된 목재표면의 최고와 최저 온도차는 건구온도가 높을수록 온도차의 정도가 컸다 〈Fig. 9〉. 높은 온도(90℃)에서는 온도차가 큰데 반해 풍속에 의한 차이는 나타나지 않았지만 이보다 낮은 온도에서는 풍속이 빠를수록 온도차가 컸다. 한편 최대 온도차는 풍속이 클수록 건구온도가 높을수록 빨리 나타났다 〈Fig. 10〉.



〈Fig. 8〉 Surface transfer coefficients at four ambient temperatures and three air velocities

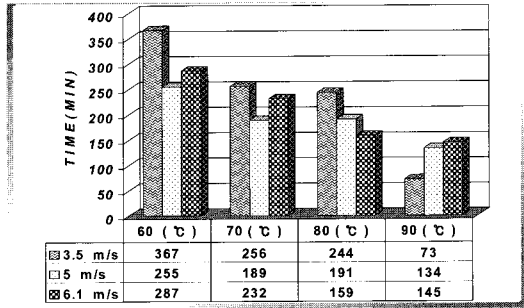


〈Fig. 9〉 Comparison of surface temperatures between the boards dried at four ambient temperatures and three air velocities

4. 결 론

비접촉식 적외선 화상처리 장치를 이용하여 여러 가지 온도와 풍속 조건에서 건조초기 목재표면의 온도변화를 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 건구온도가 높을수록 가열기간에 온도가 급하게 상승했으며, 일정한 온도를 유지하는 기간이 상당히 짧았으며, 목재표면 온도가 습구온도에 도달하는 시간이 짧아지는 경향을 나타냈다.



〈Fig. 10〉 Comparison of drying times when the largest variation of temperature profiles on wood surfaces appeared

3. 습구온도 유지기간은 건구온도 60°C를 제외하고 70, 80, 90°C는 풍속에 상관없이 거의 동일했다. 60°C에서는 풍속이 증가할수록 분명히 감소함을 보였다.
4. 풍속이 빠를수록 건구온도가 높을수록 표면 투과계수가 증가하였다.
5. 표면의 온도차는 풍속이 클수록 건구온도가 높을수록 컸다.

5. 참고문헌

1. 정희석 외6명. 2005. 최신목재건조학. 서울대학교 출판부
2. Taylor, Fred W. and David Landoch. 1990. TDAL profiles of southern pine lumber during drying. FPJ 40(10):47
3. Milota, Michael R. and L. Q. Stephen. 1990. The influence of kiln temperature on the performance of handheld moisture meters. FPJ 40(11/12):35
4. Steinhagen, H. Peter. 1989. Graphic method to estimate heat-conditioning periods of frozen and nonfrozen peeler blocks. FPJ 39(11/12):21
5. Bond, B. H., J. Loferski and J. Tissaoui.

1997. Development of tension and compression creep models for wood using the time-temperature superposition. FPJ 47(1):97-103
6. Pang, S., S. G. Riley and A. N. Hasle. 1997. Simulation of Pinus radiata Veneer Drying: Moisture Content and Temperature Profiles. FPJ 47(7/8):51-58
7. Olek, W. and R. Guzenda. 1995. Prediction of temperature changes in glued laminated beams. Holz als Roh und Werkstoff 53(4):249
8. Beard, J. N. et al. 1985. Temperature distribution in lumber during impingement drying. Wood Science and Technology 19:277