

제3차년도
최종보고서

지리산지역 목공예제조업체의
국제경쟁력 제고를 위한 특성화기술 개발

Development of the Specification Technology
for International Competitive Power of the Wooden
Crafts Manufacturing Companies around Chri-Mountain Area

연구기관
전북대학교

농림부

674 028
L2932
V.3

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “지리산지역 목공예제조업체의 국제경쟁력제고를 위한 특성화기술 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

1997년 12월 일

주관연구기관명	:	전북대학교
총괄연구책임자	:	이 남 호
연 구 원	:	임 승 택 김 종 만 윤 재 창
보 조 원	:	이 동 진 최 광 복 김 강 섭 장 세 환 이 준 호
협동연구기관명	:	이리농공전문대학
협동연구책임자	:	박 희 준
보 조 원	:	남 기 동 박 경 수 황 경 원 서 종 현

요 약 문

I. 제 목

지리산지역 목공예제조업체의 국제경쟁력 제고를 위한 특성화기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

지리산 지역, 특히 남원시, 군 지역에서는 예로부터 지리산을 배경으로 한 풍부한 목재자원과 더불어 사용되는 목재의 독특한 향과 함께 재질이 단단하고 모양이 정교하고 섬세하여 조선조 오백년동안 사용된 제기의 대부분이 남원목기일 정도로 목공예품 제조업이 명성을 얻어왔다. 그러나 최근 들어 원목가격의 급등과 공급불안정, 한정된 범위의 목기사용 및 플라스틱 제품의 범람 등으로 사양길에 접어들었으나 목기제작의 본산인 이곳에서는 생활수단 이상의 장인정신이 계승되어 꾸준하게 전통의 명맥을 이어오고 있다.

1993년 9월말 현재 남원시, 군 지역 조합에 가입되어 있는 목공예품 제조업체의 수는 남원시에 51개 업체, 남원군 지역에 29개 업체로 도합 80개 업체가 조합에 가입되어 있으나 실제적으로 가입되지 않은 업체를 모두 포함하면 약 200여개 업체가 현재 목공예품을 생산하고 있는 것으로 조사되어 있다. 이들 업체에 종사하고 있는 종업원의 수는 약 2,000 여명으로 남원지역 제 1의 산업으로 자리를 차지하고 있다.

그러나 이들 지역에서 목공예품 제조에 사용해 왔던 수종은 노각나무, 괴목이라 불리는 회화나무, 오리나무류, 그리고 물푸레나무와 같은 수종을 주로 이용하여 왔으나, 이들 수종 중 노각나무와 괴목은 찾아보기 힘들며, 현재 1급재로 분류되고 있는 오리나무류와 2급재로 분류되고 있는 물푸레나무도 거의 고갈상태 이르러 대량의 목공예용재를 중국이나 캐나다로부터 수입해오고 있는 실정에 있다. 그러나 이들 도입 수종의 재질이 고르지 못하고, 가격이 약 2,000원/사이로 고가이면서도 선금을 쥐야하는 실정일 뿐더러 지속적인 공급여부도 매우 불안정한 상태에 있다. 이와 같이 목공예용재의 부족은 그 동안의 무분별한 벌채와 리기다소나무, 잣나무, 낙엽송 등과 같은 침엽수재 위주의 조림사업에 그 주원인이 있다고 생각된다.

한편, 일반적인 목기제조공정은 원목절단, 귀도리, 초별깎기, 건조, 재

별각기, 도장, 음건의 과정을 거쳐 제조되고 있으며, 이와 같은 여러제조 공정 중에서 절삭, 건조, 그리고 도장 공정 중에서 많은 결함이 발생하고 있다. 특히 건조과정에서는 각 수종의 특성에 맞는 건조방식이 아닌 실내에서 건조를 하게 됨으로써 건조에 장시간이 소요되며 이는 곧 자금의 회전이 원활하게 돌아가지 못하는 주원인이 되고 있다. 뿐만아니라 건조과정 중 심재할렬과 V형 크랙 등과 같은 결함이 많이 발생하여 재료의 손실이 막대할 뿐만 아니라 생산비가 증가하게 되는 원인이 되고 있다. 또한 이들 목공예제조업체들은 목재공예품의 대부분을 제기생산에만 의존하고 있어 현재와 같은 상황에서는 새로운 수요의 창출과 주민의 소득증대를 기대하기 어려운 실정에 있다.

이와 같이 원료용재의 안정적인 공급문제, 대체수종 개발문제, 가공공정상에서 발생하는 건조가공문제 등 제반기술문제, 신제품, 신모델의 개발문제 등 당면한 문제들이 산재해 있으나 이들 대부분의 업체들이 전통적인 가내수공업의 틀에서 크게 벗어나지 못하고 있으며, 매우 영세한 형편에서 이와 같은 문제를 자체적으로 해결하기 위한 연구, 기술개발을 하기에는 매우 역부족한 상태에 있는 것이 사실이다.

따라서 본 기술개발 연구사업에서는 첫째, 지리산 지역의 값싸고 (250원/사이), 막대한 양의 침엽수 간벌 소경목을 이용한 목공예용 대체 수종의 개발로 목공예용재의 안정적인 공급의 가능성을 검토함과 동시에, 둘째 이들 간벌 침엽수재를 이용하여 고도의 내수성 및 내구성을 가진 신소재 목재를 개발하고, 이들 신소재를 이용한 목재욕조 및 목재타일과 같은 신상품을 개발함으로써 새로운 소득원 확보에 기여를 하고자 하였다. 셋째, 현재 관행적으로 널리 이용되고 있는 수종이나 미이용 침엽수종 원판들의 건조가공기술을 개발함으로써 생산성 향상 및 생산비 절감에 기여를 하고자 하였으며, 또한 네째로는 기존의 목공예품과는 다른 새로운 디자인과 새로운 품목을 개발함으로써 이 지역 목공예품의 차별화 및 특성화에 기여를 하고자 하였다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

위의 연구목적을 달성하기 위하여 아래와 같은 내용 및 연구들을 수행하였다.

1) 목공예용 침엽수재 원판의 진공건조기술 개발

- 주요 국산 침엽수 원판의 두께별 진공건조 특성 구명
- 주요 국산 침엽수재 원판의 건조 결함 예방을 위한 적정 전처리 효과 조사
- 주요 국산 침엽수재 원판의 진공건조후 수지용출 억제 효과 조사
- 주요 국산 침엽수재 원판의 박피 및 미박피처리에 의한 건조 결함 예방효과 구명
- 주요 국산 침엽수재 원판의 적정 진공건조 조건 확립

2) 침엽수재의 목공예용재화 기술 개발

- 침엽수재의 목공예용재화 가능성 구명을 위한 기초 재질 및 가공 특성 조사
- 침엽수재의 열안정화처리에 의한 재질개량 효과 구명
- 침엽수재의 PEG처리에 의한 재질개량 효과 구명
- 침엽수재의 합성수지처리에 의한 재질개량 효과 구명
- 주요 침엽수재의 고밀화기술 개발을 위한 적정조건 구명

3) 관형 목공예용 활엽수재 원판의 진공건조 기술 개발

- 기계적 압체력에 의한 V형 크랙 예방효과 구명
- 변재부분 엔드테이핑 처리에 의한 V형 크랙 예방효과 구명
- 전단면 엔드테이핑 처리에 의한 심재 할렬 예방효과 구명
- 잔적방법이 건조결함 발생에 미치는 영향 예측
- V형 크랙 예방을 위한 압체식 고주파진공건조의 가능성 구명

4) 간벌소경재를 활용한 목재복합육조 제조기술 개발

- 집성방법 및 사용접착제별 집성재의 재질조사
- 불소수지처리에 의한 재질개량효과 구명
- 목재복합육조 제작 및 품질특성 분석

5) 목공예품의 특성화 디자인 개발

- 개발품목 선정을 위한 기초자료 수집
- 선정된 품목의 설계 및 제작기법 개발
- 시작품 제작(집성공예품, 육실공예품, 건조손상재 활용 공예품)

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1) 목공예용 대체수종개발 연구(침엽수재 원판의 진공건조기술 개발)

가) 가열판압제식진공건조

무처리나 ETSH처리 및 EWS처리 원판들의 생재에서 이용함수율까지 진공건조하는데 소요된 시간은 종래의 실내음건 방식보다는 크게 단축되었지만 HPP/V건조의 경우 열판에 의해 원판의 상하 횡단면이 차단되므로써 횡단면을 통한 수분증발이 제약을 받아 건조시간이 상당히 지연되는 편이었다. 따라서 횡단면을 통한 수분증발에 절대적으로 의존하는 원판을 HPP/V건조기를 활용하여 건조하기 위해서는 열판과 원판사이에 적절한 배기망을 끼워서 잔적하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

또한 EWS처리 원판들의 경우 이용함수율 수준까지의 건조가 불가능하였고, 고함수율 상태가 장기간 지속되므로 말미암아 변재변색 또한 심하게 나타나 EWS처리는 심재율이 지나치게 낮은 수종이나 HPP/V건조에는 그 적용에 신중을 기해야할 것으로 판단된다.

침엽수재 원판들을 V형크랙에 의한 손상 없이 건조하기 위해서는 박피가 되지 않도록 저목하거나, 선삭가공품의 가공공정을 원판건조 후에 귀도리하는 순서로 전환하는 것이 바람직 할 것으로 생각된다. 또한 내부에 잔적된 원판에 기계적 압제력을 가할 수 있는 진공건조기를 활용할 경우 건조중에 기계적 압제력을 해제하는 것은 V형크랙 예방에 바람직하지 않은 것으로 판단된다.

나) 압제식고주파진공건조

수종이나 두께 및 처리에 관계없이 생재에서 이용함수율 수준까지 건조하는데 소요된 시간은 HPP/V건조시간과 비교하여 크게 단축되었다. 이는 고주파가열에 의해 목재 내부의 온도를 표층온도보다 높게 유지하는 것이 가능한 것에도 그 원인이 있지만, 원판과 열판사이의 배기망과 차습판을 삽입하므로써 원판의 횡단면을 통한 수분증발이 보다 용이하게 이루어졌기 때문인 것으로 생각된다.

각종 전처리나 건조조건 조절 등을 통한 건조수율의 향상은 원목의 양호한 저목상태, 적절한 잔적 및 건조실의 결로예방을 위한 벽체의 보온 등의 전제하에서 기대될 수 있을 것으로 판단된다.

건조초기에 변재할렬이 심하게 발생한 원판은 V형크랙에 의한 손

상도 심하게 나타나, RFP/V건조하에서도 변재할렬과 V형크랙간에 매우 밀접한 관련이 있는 점에 주목해야 한다.

2) 목공예용 대체수종개발 연구(침엽수재의 목공예용재화기술 개발)

대표적인 국산 침엽수재인 낙엽송, 리기다소나무, 소나무 3수종을 목공예용재 대체수종으로 개발하고자 수행한 결과, 이들 수종은 모두 연륜이 뚜렷하고, 심변재의 구분이 명확했으며, 춘추재의 이행이 급하고, 리기다소나무와 소나무에서 수지용출이 심하게 나타났다. 또한 활엽수 목공예용재에 비하여 비중이 낮고, 수축율이 큰 것으로 측정되어 치수안정성이 열등한 것으로 측정되었으며, 절삭시 털솟음이 많이 발생하고 거친 절삭면을 나타내어 선삭작업이 불량한 것으로 측정되었다. 그러나 이들 침엽수 3수종의 접착성 및 우레탄수지, 불소수지 도장성에 있어서는 수종에 따른 차이를 나타내지 않았으며, 접착성 및 도장성은 우수한 것으로 측정되었다.

리기다소나무와 소나무는 제재 및 건조과정을 거치면서 청변이 심하게 발생하였으며, 이는 제재직 후 바로 보존제를 분무해 줌으로써 청변을 예방할 수 있는 것으로 나타났다. 이들 수종을 공예용재로 적용하기 위해서는 열압축처리 및 수지함침열압축 처리를 하여 비중을 높이고 춘추재 및 심변재 간의 차이를 줄임으로써, 털솟음 및 절삭성을 향상시킬 수 있었으며, 소재에 비하여 치수안정성 및 강도적 성능을 월등히 향상시킬 수 있는 것으로 나타났다. 열압축 처리는 방사방향으로 열압축하는 것이 가장 바람직한 것으로 나타났으며, 두께 15mm 판재의 경우에 열압온도 160℃, 압력 50kgf/cm², 열압시간 60분이 최적의 열압축 조건이었다. 이상과 같이 낙엽송, 리기다소나무, 소나무에 일정한 온도와 압력으로 열압축처리를 함으로써 비중을 높여주고 강도적 성능을 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라 조직을 균일화시킬 수 있어 공예용재로 이용이 가능할 것으로 기대된다.

해외로부터 원목의 수입이 불가능한 시점에서 국산재의 활용을 위한 연구는 매우 중요한 과제라 판단되며, 특히 본 과제의 수행결과 침엽수 간벌재의 공예용재로의 공급이 가능하고, 현재 대부분을 수입하여 가구제작 및 건축 내장재로 사용되고 있는 집성판을 대체할 수 있을 것으로 기대되며 그 전망 역시 매우 밝다고 사료된다. 그러나 현재 이들 침엽수 소경재를 공예용재와 집성판을 제조하기 위해서는 각 종 처리시설 및 제조시설(건조시설, 수지함침시설, 열압축처리시설, 집성접착시설 등)이 필요하나

대부분의 업체에 이와같은 시설이 갖추어지지 않은 상황에서 고부가가치 상품을 제조하고 수입대체 효과를 얻기는 매우 어렵다고 판단되므로, 관련 업체나 제조하고자 하는 업체에 보다 구체적인 자금지원이나 시설지원 방안이 강구 되어야할 것으로 사료됨.

3) 관행 목공예용 활엽수재 원판 및 특수운동구용재의 진공건조기술 개발

가) 목공예용 원판의 압체식진공건조의 가능성 검토

EWS처리 원판의 RF/V건조중 평균건조속도는 전 건조기간에 걸쳐 거의 균일하고, 안정적이었던 반면에 무처리와 ETSH처리 원판의 경우는 상당히 기복이 심하였고, 또 건조시간이 경과함에 따라 건조속도가 급속하게 저하되었다.

원판을 RF/V건조할 경우 심재할렬은 매우 효과적으로 예방되어졌고, V형크랙도 동일 원판의 횡단면내에서 심·변재간 또는 상하횡단면간 건조속도의 균형을 유지하도록 조치한다면 상당한 예방효과를 거둘수 있을 것으로 생각되지만 역시 RF/V건조만으로는 V형크랙의 예방에 불안전하다. 반대로 RF/V-to-press건조는 심재할렬 예방에는 무의미하였지만 V형크랙 예방에는 완전무결한 것으로 나타났다. 그러므로 원판을 심재할렬이나 V형크랙에 의한 손상이 없이 건조하는 데에는 기계적 압체력을 가하면서 RF/V건조하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

나) 관행 목공예용 활엽수재 원판의 압체식고주파진공건조기술 개발

생재에서 이용함수율까지 건조되는데 호도나무 원판의 경우 349시간이, 물푸레나무 원판의 경우 200시간이 각각 소요되었는데 현재 지리산 지역 목공예제조업체들이 절대적으로 의존하고 있는 실내음건에 소요되는 시간 2~3개월과 비교해 볼 때 건조시간의 단축은 괄목할만하였다.

변재할렬은 호도나무의 두께 50mm원판에서만 경미하게 발생하였을뿐 나머지 원판에서는 전혀 발생하지 않았다. 심재할렬도 물푸레나무 원판에서는 전혀 발생하지 않았고, 호도나무 원판에서도 경미하게 발생한 편이었다. 이는 고주파진공에 의한 내부수분의 유동속도 증진에 기인한 것으로 판단되며, 특히 적절한 잔적과 건조중 완벽한 결로방지 등이 이루어진다면 고주파진공에 의해서 얻어지는 효과들의 반감을 최소화할 수 있을 것으로 생각된다.

V형크랙은 두께 50mm 호도나무 원판에서 경미하게 발생하였을뿐, 두께

75mm호도나무 원판과 물푸레나무 원판에서는 극히 경미하거나 전혀 발생하지 않았다. 이는 경미한 변재할렬 및 고주파진공에 의한 수축을 감소효과와 더불어 압체력에 의한 횡단방향 수축의 추가적인 억제효과 등에 기인한 것으로 해석된다.

다) 특수운동구용제의 진공건조기술 개발

RFP/V건조에 소요된 시간은 148시간으로서 열기건조시간의 약 3/10에 불과하였는데, 이는 열기건조의 경우 비교적 완만한 조건의 고강도 건조스케줄을 적용한 반면에 RFP/V건조의 경우 재내외간의 절대압력차와 표층과 내층간의 역온도경사 등에 힘입어 내부수분의 유동이 급속하게 이루어졌기 때문인 것으로 생각된다.

건조초기 12시간동안의 RFP/V건조의 건조속도는 열기건조의 경우보다 무려 15배나 빠르게 나타났다. 이것은 이 시기에 재내외간에 절대압력이 가장 크게 형성되고, 물의 끓는점이 낮아 건조재 또는 건조재내의 수분을 가열시키는데 소요되는 시간이 상대적으로 작기때문인 것으로 해석된다.

재면할렬은 RFP/V건조재의 경우 매우 경미하였으나, 열기건조재는 다소 심한 편이었다.

충격흡수에너지는 RFP/V건조재가 $1.44\text{kgf} \cdot \text{m}/\text{cm}^2$ 로서 열기건조재의 $1.26\text{kgf} \cdot \text{m}/\text{cm}^2$ 보다 약간 높았다. RFP/V건조의 경우 열열화에 따른 강도손실이 적고, 또한 완만한 수분경사 때문에 미세할렬의 발생이 적은 것에 기인한 것으로 여겨진다.

열기건조중 소요된 총 전력량은 RFP/V건조의 경우보다 무려 7배가량이나 많았고, 단위시간당 소요전력량도 약 2배정도 많이 소모되었다.

4) 간벌소경재를 활용한 목재복합육조 제조기술 개발

침엽수 간벌 소경재를 이용한 고부가가치 신상품을 개발의 일환으로 목재육조 및 목제타일 등 고내수성 육실용품 제조기술을 개발하고자 수행하였다.

목재육조의 제조공정은, 1) 제재 및 건조, 2) 라미나제조, 3) 집성판제조, 4) 부재가공, 5) 보존처리, 6) 육조조립, 7) 내수처리, 8) 수지처리의 과정을 거쳐 제조하였다.

육조제조용 접착제로는 내수성이 우수하고, 작업성이 좋은 상온경화형 이소시아네이트계 접착제를 사용함으로써 내수접착력, 내온수

접착력, 반복끊임접착력에서 평균 20kgf/cm²의 접착력을 유지시킬 수 있었다.

또한 지금까지 목제품에 적용된 바 없는 불소수지를 목제품의 표면에 처리함으로써 한국공업규격 목조의 성능시험방법에서 제시한 시험에서 변형 및 이상유무를 발견할 수 없었으며, 목재의 흡수 및 흡습성을 개선시킴으로써 젖음, 부후, 곰팡이, 미끄러짐, 수축과 팽윤에 의한 결함을 차단할 수 있는 것으로 나타났다. 우레탄 수지와 불소수지의 비교에 있어서는 내열수성, 내끊임성, 촉진내후성에서는 불소수지 처리가 보다 우수한 성능을 나타내었으며, 내마모성과 내세척성에서는 우레탄 수지가 보다 우수한 것으로 나타났다. 이상과 같은 결과로도 하도 및 중도에 우레탄 수지 처리를, 그리고 상도에 불소수지 처리를 하는 것이 목조의 성능 제조비용면에서 바람직하다 생각된다.

한편, 목조 1조를 제조하는데 드는 비용은 감각상각비 및 인건비 등 고정비를 제외하고 약 172,732원 정도로 계산되었으며, 이는 일본에서 편백나무로 제조한 목제품조의 약 10분의 1에 해당하는 비용이다.

이상과 같이 현재 저급, 저가인 침엽수 간벌 소경재를 이용하여 목제품조 및 욕실용품(목제타일, 세면대, 욕실용 마루판, 등)을 제조함으로써 목재의 천연적인 장점을 살리고, 치수가공이 용이하고 대량생산체제로 규격화가 가능한 우수한 성능의 목제품조의 제조가 가능케 됨으로써 새로운 고부가가치 산업으로 성장할 수 있을 것으로 기대된다.

목조 및 욕실관련용품을 제작하여 전시회 및 기술강습회, 그리고 언론 및 TV를 통하여 새로운 고부가가치 상품으로 보도된 바 있으며, 현재 특허출원 중에 있다. 또한 침체된 국내 목재산업에서 국산 간벌소경재를 활용한 고부가가치 산업으로 고가의 목조 및 타일 등의 수입대체 및 수출도 가능하여 새로운 활력을 불어 넣어 줄 수 있을 것으로 기대된다.

목제품조제조 및 목제타일 제조기술은 현재 국내 모기업체와 기술계약을 맺고 상품생산을 위한 시설 및 기술지원을 하고 있으며, 98년 2월 중에 개최되는 국내 최대 건축자재 박람회인 경향하우징페어에 전시할 예정이다. 그러나 최초로 개발된 제조기술인 만큼 대량생산을 위한 공장설립 및 생산설비를 갖추는데 많은 예산이 요구되고 있다. 이들 개발된 기술을 이용하고자 하는 업체에 정부차원의 실질적인 지원으로 개발된 기술이 활성화되어 침체되어 있는 국가경제에 도움이 될 수 있도록 발전되기를 기

대한다.

5) 목공예품의 특성화 디자인 개발

목공예품의 특성화 디자인 개발을 연구하여 다음과 같은 결과가 도출되었다. 첫째, 남원이나 지리산 지역을 대표하는 목공예품의 개발에는 지역적 상징성이 뚜렷한 소재의 개발이 대단히 중요하다. 둘째, 타지역과 차별화된 신제품과 새로운 모델, 그리고 품종의 다양화가 계속해서 연구 개발되어야 경쟁력이 생긴다. 셋째, 목재의 건조방법을 개선시키면 침엽수 간벌재를 공예용 재료로 활용할 수 있고, 관행 활엽수의 경우에도 수율을 높일 수 있다.

연구 개발된 시작품은 의장등록하고 남원 및 지리산 지역의 목공예 제조업체에서 계약하여 지속적으로 양산하였으면 좋겠다. 또 남원시 관광 기념품으로의 생산이 되었으면 한다.

S U M M A R Y

I . PROJECT TITLE

Development of the Specification Technology for International Competitive Power of the Wooden Crafts Manufacturing Companies around Chri-Mountain Area

II . RESEARCH NECESSITIES AND OBJECTIVES

The manufacturing industries of wooden crafts in Namwon city and districts around Chri-Mountain area have been such a good reputation as wooden bowls which have been used during 500 years of the Yi dynasty period were wooden bowls of Namwon because of abundant wood resources, special aroma, good qualities and delicate finish.

Recently, in spite of sharp rising of wood prices, unstable supplies, a lot of plastic crafts and the limited uses of wooden bowls, there are tradition succeeded to not only craftsmanship meant but also living-method.

In Namwon city and districts the unit number of wooden craft manufacturers registered at association is eighty places that are consist of fifty one places at Namwon city and twenty nine places at districts area. There were about two hundreds manufacturers in 1993 if non-members were included. The wooden craft industry is the most important industry in Namwon city and about 2,000 workers are engaged in it.

In this area the species utilized as materials for wooden crafting are zelkova and ash. But they are rarely observed in Korea and alder and ash which ranked at the 1st class and the 2nd class ,respectively are exhausted. So the most of logs for wooden crafting

are imported from China, Canada, and so on. But they also become low in quality and very expensive and we can not import them if we don't prepay. Then their supply is unstable.

The needs of logs for wooden crafting is profoundly caused by injudicious cutting down and inappropriate forestation plan which softwood such as pitch pine, Korean pine, and larch are first considered.

The general manufacturing processes of wooden bowl are made up cross cutting of log, debarking, rough cutting, drying of tree disk, turning, finishing and drying in the shade. And a lot of defects are occurred during storing, cutting, drying and finishing process. Especially, during drying heart checks and V-shaped cracks are very sensitive and severe because of unproper drying technologies. So the drying times are very long, and then sapwood stains are severe. The loss of raw materials and cost for manufacturing are sharply increased because of trouble in drying.

There are some serious difficulties in enlarging new demands and incomes because of very simple items such as wooden bowls.

But they have no abilities to overcome the above mentioned problems by themselves because most of them are very small household handicrafts.

Therefore we carried out this project to achieve the objectives as follows;

1. To examine the possibility of utilizing the thinned softwoods of the low cost and the large harvesting in Korea for wooden crafts materials.
2. To develop new items as wooden bathtubs and wooden tiles from the thinned softwoods by developing the woods with high dimensional stability and durability.
3. To Increase the productivity and decrease the production cost by developing the good use of the conventional species and

non-used species.

4. To specialize and distinct wooden crafts by developing of new design and new goods in which the culture peculiar to Namwon is described .

II. CONTENTS AND SCOPE OF THE RESEARCH

To achieve the objectives of this project we carried out the contents and scopes as follows:

1. Development of Vacuum Drying Technology of Softwoods Disks for Wooden Crafting Materials

- Study on the vacuum drying characteristics of the major domestic softwood disks
- Investigating of the effects of the optimum pretreatments and bark on the prevention of drying defects during vacuum drying the major domestic softwood disks
- Investigating of the control of resin exudation from the vacuum-dried softwoods disks
- Setting the optimum vacuum drying conditions for the major domestic softwoods disks

2. Development of Modification Technology for Wooden Crafting Materials of Softwoods

- A research for the basic properties and processing characteristics of softwoods with the idea of the possibility of wooden craft materials
- A investigation of modification effects by stable untreated compressed wood of softwoods.
- A investigation of modification effects by PEG treatment of softwoods
- A investigation of modification effects by resin treated compressed wood of softwoods

- A investigation of resonable treatment conditions for the development of densification methods of softwoods.

3. Development of Vacuum Drying Technology of Hardwoods Disks for the Conventional Wooden Crafting Materials

- Study on the effects of mechanical pressure and end-taping sapwood area on the control of V-shaped cracks
- Study on the possibilities of radio-frequency/vacuum plus mechanical pressure drying for prevention of V-shaped cracks
- Study on the effects of end-taping sapwood and heartwood area on the control of heart checks
- Prediction of the effects of piling method on the prevention of drying defects

4. Development of Manufacturing Technology of Wooden -bathtub from the Thinned Softwoods

- A quality investigation of glued laminated timbers by adhesion methods and adhesives
- A investigation of modification effects by fluoro-resin treatment
- A development of manufacturing process of the wooden-bathtub and an analysis of the quality characteristics.

5. Development of the Specified Designs and Items of Wooden Crafts

- Collection of the fundamental datas for selecting the items to develop
- Development of designs and techniques of the developed items
- Manufacturing for trial

IV. RESULTS AND SUGGESTIONS

1. Study on the Substitute Species for Wooden Crafting (Development of Vacuum Drying Technology of Softwoods Disks for Wooden Crafting Materials)

A. Hot Plate/Vacuum Plus Mechanical Pressure Drying (HPP/V-Drying)

Although vacuum drying times from green to in-use moisture contents for controls, ETSHs and EWS disks were largely shortened compared to shed drying times, the drying rates were slow because of circuit of the evaporation from the end surfaces by the obstacle of hot plates during HPP/V-drying. Therefore it is desirable to insert the ventilation wire and the wet barrier between tree disk and hot plate because the evaporation of vapor from tree disks are dependant on the only their end surfaces.

The EWS disks could not be dried to in-use moisture content, and they were severely defected by sapwood stains because of the long drying times with high moistures. Therefore, we suggest EWS treatment is undesirable when very low percentages of heartwood and HPP/V-drying.

To vacuum-dry tree disks without V-shaped crack it is important to storage logs well without spoiling bark, to dry them before turning process, and to dry them continuously without releasing the mechanical pressure during HPP/V-drying.

B. Radio-Frequency/Vacuum Plus Mechanical Pressure Drying (RFP/V-Drying)

The RFP/V-drying times were largely shortened compared to HPP/V-drying times because the core temperatures were higher than the shell temperatures owing to radio-frequency heating and the

vapors from the end surfaces of tree disks could be easily ventilated owing to inserting the ventilation wire and the wet barrier when piling.

The drying defects can be effectively prevented by the various pretreatments and the good control of drying conditions if good storing, piling and keeping warm of dryer walls during drying.

We notice V-shaped crack during the late drying stage is closely relation to the sapwood checks which are revealed during the early drying stage.

2. Study on the Substitute Species for Wooden Crafting (Technical Development for Wooden Crafting Materials of Softwoods)

This study was carried out to evaluate wood properties and to improve the quality of thinned softwoods for wooden craft materials.

The species tested are *Larix gmelini*, *Pinus rigida*, and *Pinus densiflora* grown in the area of Chri-Mountain.

Some physical, mechanical properties such as moisture content, specific gravity, shrinkage, absorption of water, hygroscopicity, compressive strength, tensile strength, bending strength, shear strength, impact resistance, gluing properties and paintability were tested. And some chemical and physical treatments that enhance the strength, stiffness, and dimensional stability of thinned softwoods; (1) treatment with water-soluble polymer (PEG-1000), (2) treatment with thermosetting phenol-formaldehyde resin, (3) resin-treated compressed wood, and (4) stable untreated compressed wood, were executed.

As the results, gluing properties and paintability of thinned softwoods showed good results.

Antiswelling efficient(ASE) of treated woods with PEG were

max. 83.14% in *Pinus densiflora* to min. 32.31 in *Larix gmelini*.

Physical and mechanical properties of resin-treated compressed wood and stable untreated compressed wood were greatly improved than non-treated softwoods. The optimum manufacturing conditions of resin-treated compressed wood and stable untreated compressed wood in 15mm flat-grain stock were pressure 50kgf/cm², temperature 160°C, and time 60minutes.

Resin-treated compressed wood and stable untreated compressed wood manufactured in this study have excellent physical, mechanical, and processing properties in comparison with non-treated softwoods. So, it is expected that these treated woods can be suit application to manufacture of various wooden crafts.

3. Development of the Vacuum Drying Technology of the Hardwoods Disks for the Conventional Wooden Crafting Materials and the Stocks for Special Sports Goods

A. The Possibilities of Radio-Frequency/Vacuum Plus Mechanical Pressure Drying Tree Disks for Wooden Crafts

While average drying rates for controls and ETSH disks were very unstable and rapidly decreased during periods, that for EWS disks was almost stable over all the drying periods.

Heart checks were significantly reduced by RF/V-drying. To produce the number of tree disks without V-cracks, it is necessary to balance the drying rates of sapwood and heartwood and/or the upper and lower end surface within a tree disk.

RF/V-drying process alone was still incomplete in controlling V-cracks. Inversely, RF/V-to-press drying process was perfect in controlling V-cracks but insignificant in preventing heart checks. Therefore, we suggest that it is desirable to dry in a RF/V plus a mechanical pressure dryer to produce tree disks without any drying defects.

B. Development of Radio-Frequency/Vacuum Plus Mechanical Pressure Drying Technology of Hardwoods Disks for the Conventional Wooden Crafting Materials

The drying times from green to in-use moisture content were 349 hours for walnut disks and 200 hours for ash disks, respectively and these were very short compared to the shed drying times of 2 months to 3 months.

Sapwood checks were very slight in 50mm-thick walnut disks, but they were not found in any other tree disks.

The ash disks were free from heart checks and the walnut disks were very slightly defected by them owing to the high moisture flow rates from core toward shell. Sapwood checks and heart checks can be more significantly controlled if there are good piling and no condensation at the walls of dryer during drying.

V-cracks were slight for 50mm-thick walnut disks and were very slight or none for other disks. The slightness in sapwood checks, the low transverse shrinkage during drying due to radio-frequency/vacuum and mechanical pressure.

C. Development of Vacuum Drying Technology of Stocks for Special Sports Goods

The RFP/V-drying times were 148 hours and these times were three-tenths of kiln-drying times. This is caused by the rapid moisture flow rates owing to the absolute pressure differences between inside and outside of tree disk and the reverse gradients in wood temperature between shell and core during RFP/V-drying.

During the early 12 hours in drying stages the RFP/V-drying rates were fifteen times of kiln-drying rates. We think the differences in the absolute pressure between inside and outside of tree disk became the largest and the times for heating substances and water in them were short due to low boiling temperature under vacuum condition.

Surface checks were very slight for RFP/V-dried stocks, but they were severe for kiln-dried stocks.

Absorbed impact bending energy was $1.44\text{kgf} \cdot \text{m}/\text{cm}^2$ for RFP/V-dried stocks and $1.26\text{kgf} \cdot \text{m}/\text{cm}^2$ for kiln-dried stocks, respectively. This was induced by the small loss in strength due to thermal degradation and small quantities in fine checks owing to the gentle moisture gradients during RFP/V-drying.

Total consumed electric powers and the consumed electric powers per hour during kiln-drying were seven times and two times of those during RFP/V-drying, respectively.

4. Development of Manufacturing Technology of Wooden bathtub from the Thinned Softwoods

Wood has been restricted as materials which is applied in bathroom because of its some defects, absorptive property, hygroscopicity, biological deterioration, shrinkage and swelling, etc.

In these circumstances, this study was carried out to develop the manufacturing technique of new wooden bathtub and wooden tile to utilize thinned softwoods for bathroom.

The manufacturing process of wooden bathtub was composed of 8 stages ; (1) sawing and drying, (2) lamina cutting, (3) laminated assembly, (4) joint processing, (5) treated with preservatives, (6) bathtub assembly, (7) treated with urethan-resin, (8) treated with fluoro-resin.

Isocyanate adhesives(KR-120) showed good bonding properties in water proofing, warm-water proofing, and boil proofing test.

Wooden bathtubs treated with urethan-resin and fluoro-resin were free from any defects by KS F 2826. Especially, wooden bathtub treated with fluoro-resin showed excellent properties in hot-water resistance, boil proofing, accelerated weathering than

those of urethan resin. But in abrasion resistance and washing resistance, treatments with urethan-resin were more superior than those of fluoro-resin.

So, it is considered to be desired that urethan-resin was applied at the first and second coat and fluoro-resin was applied the final coat.

The manufacturing cost of a wooden bathtub made with thinned softwood was counted about 172,732 won and this cost comes under one tenth of Japanese wooden bathtub made with *Chamaecyparis obtusa*.

5. Development of the Specified Designs and Items of Wooden Crafts

The results of this research were as follows;

It is very important to develop the materials to reveal the local peculiarities for development of the specified designs of wooden crafts in Namwon and Chiri-Mountain areas.

It's necessary to research continuously the distinction, the new model and the variety of products in order to grow the international competitive power.

The exhibition of the developed items are registered design and will be need to produce continually at the manufacturing companies of wood crafts as a contract with them in Mt. Chiri and Namwon areas. On the other hand, it will be need to develop as touring items for Namwon city.

C O N T E N T S

SUMMARY	11
CONTENTS	21
CHAPTER 1. INTRODUCTION	30
CHAPTER 2. STUDY ON THE SUBSTITUTE SPECIES FOR WOODEN CRAFTING (Development of Vacuum Drying Technology of Softwoods Disks for Wooden Crafting Materials)	33
Section 1. Introduction	34
Section 2. Materials and Methods	35
2.1. Species and preparations	35
2.2. HPP/V drying test	36
2.3. RFP/V drying test	36
2.4. Investigation of drying defects	44
Section 3. Results and Discussions	44
3.1. Drying times and drying rates	44
3.2. Heart check and sapwood check	67
3.3. V-shaped crack	76
3.4. Resin exudation	82
Section 4. Conclusions	83
References	85
CHAPTER 3. STUDY ON THE SUBSTITUTE SPECIES FOR WOODEN CRAFTING (Technical Development for Wooden Craft Materials of Softwoods)	87
Section 1. Introduction	88
Section 2. Materials and Methods	89
2.1. Materials	89
2.2. Experimental methods for basic properties	89

2.3. Experimental methods for modified properties	90
Section 3. Results and Discussions	92
3.1. Basic properties	92
3.2. Modification of solid wood	92
Section 4. Conclusions	133
References	134

CHAPTER 4. DEVELOPMENT OF THE VACUUM DRYING TECHNOLOGY OF THE HARDWOODS DISKS FOR THE CONVENTIONAL WOODEN CRAFTING MATERIALS AND STOCKS FOR SPECIAL SPORTS GOODS 135

Section 1. The Possibilities of Radio-Frequency/Vacuum Plus Mechanical Pressure drying Tree Disks for Wooden Crafts	136
1.1. Introduction	136
1.2. Materials and methods	138
1.3. Results and discussions	143
1.4. Conclusions	157
References	158
Section 2. Development of Radio - Frequency/Vacuum Plus Mechanical Pressure Drying Technology of Hardwoods Disks for the Conventional Wooden Crafting Materials	160
2.1. Introduction	160
2.2. Materials and methods	160
2.3. Results and discussions	164
2.4. Conclusions	175
References	176

Section 3. Development of Vacuum Drying Technology of Stocks for Special Sports Goods	178
3.1. Introduction	178
3.2. Materials and methods	178
3.3. Results and discussions	181
3.4. Conclusions	187
References	188

**CHAPTER 5. DEVELOPMENT OF MANUFACTURING
TECHNOLOGY OF WOODEN - BATHTUB
FROM THE THINNED SOFTWOODS 190**

Section 1. Introduction	191
Section 2. Materials and Methods	193
2.1. Materials	193
2.2. Manufacturing and experimental methods for wooden bathtub	195
Section 3. Results and Discussions	197
3.1. Bonding strength of glulam	197
3.2. Performance of wooden bathtub	204
3.3. Manufacturing cost of wooden bathtub	212
Section 4. Conclusion	214
References	215

**CHAPTER 6. DEVELOPMENT OF THE SPECIFIED DESIGNS
AND ITEMS OF WOODEN CRAFTS 216**

Section 1. Introduction	217
Section 2. Collection of the Basic Data for Selection for Developing Items	219
2.1. Methods and procedure	219

2.2. Analysis of researching target	219
2.3. Supply condition of wood crafts	219
2.4. Temporally demand market	220
2.5. Establishment of the major usage wood crafts	220
2.6. Goods strategy of marketing	221
2.7. Questionnaires investigation of consumers	221
2.8. Results of the developed item selection	228
Section 3. Design and Woodworking of the Selected Items	230
3.1. Features of the designs	230
3.2. Research of application materials	230
3.3. Features and processes of woodworking	231
3.4. Exhibition and publication of the developed items	
Section 4. Exhibition Wood Crafts and Drawings	234
Section 5. Conclusions	324
CHAPTER 7. SYNTHESIS	332

목 차

제 출 문	1
요 약 문	2
1. 제목	2
2. 연구개발의 목적 및 중요성	2
3. 연구개발 내용 및 범위	3
4. 연구개발 결과 및 활용에 관한 건의	5
SUMMARY	11
CONTENTS	21
목 차	25
제 1 장 서 론	30
제 2 장 목공예용 대체수종개발	33
-침엽수재 원판의 진공건조기술 개발-	
제 1 절 서 설	34
제 2 절 재료 및 방법	35
1. 공시수종과 시험편 채취	35
2. 가열판압체식 진공건조시험(HPP/V)	36
3. 압체식고주파진공건조시험(RFP/V)	36
4. 건조결함 조사	44
제 3 절 결과 및 고찰	44
1. 건조시간과 건조속도	44
가. HPP/V건조	44
나. RFP/V건조	46
2. 심재할렬과 변재할렬	67
가. HPP/V건조	67
나. RFP/V건조	68
3. V형크랙	76
가. HPP/V건조	76
나. RFP/V건조	77
4. 수지용출	82
제 4 절 결 론	83
가. 가열판압체식 진공건조(HPP/V건조)	83
나. 압체식고주파진공건조(RFP/V건조)	84
참고문헌	85

제 3 장 목공예용 대체수종개발	87
- 침엽수재의 목공예용재화 기술개발 -	
제 1 절 서 설	88
제 2 절 재료 및 방법	89
1. 공시원목	89
2. 기초재질조사 시험방법	89
가. 물리적 성질 측정	89
나. 기계적 성질 측정	90
다. 접착력 시험	90
라. 도장성 시험	90
3. 재질개량화 시험방법	90
가. 침엽수재의 청변예방	90
나. 수용성 고분자 함침처리	91
다. 수용성 페놀-포름알데하이드수지 함침처리	91
라. 수용성 페놀-포름알데하이드수지처리 열압축목재 제조	91
마. 열압축목재 제조	91
제 3 절 결과 및 고찰	92
1. 기초재질조사	92
가. 물리적 성질	92
나. 기계적 성질	95
다. 접착성	98
라. 도장성	104
2. 소재의 재질개량	106
가. 침엽수재의 청변예방	106
나. 페놀-포름알데하이드수지 함침처리	106
다. PEG-1000 함침처리	113
라. 열압축처리목재	117
마. 페놀수지함침 열압축목재	117
바. 재질개량화처리 목재의 치수 안정성	117
사. 재질개량화처리 목재의 기계적 성질	127
제 4 절 결 론	133
참고문헌	134
제 4 장 관행 목공예용 활엽수재 원판 및 특수운동구용재의 진공건조기술 개발	135
제 1 절 목공예용 원판의 압착식고주파진공건조의 가능성 검토	136
1. 서 설	136
2. 재료 및 방법	138

가. 시험편 준비	138
나. RF/V건조	140
다. RF/V-to-press건조	140
3. 결과 및 고찰	143
가. 건조시간과 건조속도	143
나. RF/V건조중 재온분포	147
다. 심재할렬	150
라. 수축률과 V형크랙	151
4. 결 론	157
참고문헌	158
제 2 절 관행 목공예용 활엽수재 원판의 압체식고주파진공건조기술 개발	160
1. 서 설	160
2. 재료 및 방법	160
가. 공시수종과 공시재료	160
나. RFP/V건조와 잔적	161
다. 건조시간 추정시험	161
라. 건조결합시험	161
3. 결과 및 고찰	164
가. 건조시간과 건조속도	164
나. 심재할렬과 변재할렬	170
다. V형크랙	170
4. 결 론	175
참고문헌	176
제 3 절 특수운동구용재의 진공건조기술 개발	178
1. 서 설	178
2. 재료 및 방법	178
가. 공시재료	178
나. 열기건조시험	179
다. RFP/V건조시험	180
라. 건조수축률, 건조결합 및 충격강도 조사	180
마. 소요전력량 조사	180
3. 결과 및 고찰	181
가. 건조시간과 건조속도	181
나. 건조수축률과 찌그러짐	184
다. 할렬과 충격강도	185
라. 소요전력량	185

4. 결 론	187
참고문헌	188
제 5 장 간벌 소경재를 활용한 목재복합육조 제조기술 개발	190
제 1 절 서 설	191
제 2 절 재 료 및 방 법	193
1. 공시원목	193
2. 육조제조 및 육조성능 시험방법	195
가. 육조제조용 집성재 제조	195
나. 육조제조공정	195
다. 목재육조 성능시험	195
제 3 절 결 과 및 고 찰	197
1. 집성판의 접착력	197
2. 목재육조의 성능	204
3. 목재육조 제조비용	212
제 4 절 결 론	214
참고문헌	215
제 6 장 목공예품의 특성화 디자인 개발	216
제 1 절 서 설	217
제 2 절 개발품목의 선정	219
1. 방법 및 절차	219
2. 연구목표 분석	219
3. 공예품의 공급여건	219
4. 잠정수요시장	220
5. 공예품의 주요 사용대상 실정	220
6. 마케팅 상품전략	221
7. 소비자 설문조사	221
가. 일반적인 조사항목	221
나. 남원 방문 관광객조사	224
다. 국립공원 지리산 방문 관광객조사	226
8. 개발품목 선정결과	228
가. 용도 분석결과	228
나. 품목 분석결과	229
다. 개발품목선정	230
제 3 절 선정품목의 설계 및 제작	230
1. 설계의 특징	230
2. 응용소재 연구	230

3. 제작기법의 특징과 프로세스	231
가. 제기 세트디자인	231
나. 아동용 퍼즐 디자인	231
다. 장식용 촛대 디자인	231
라. 장식용 시계 디자인	232
마. 장식용 나무인형	232
바. 모빌형 그릇류	232
사. 접시류와 냄비 받침 디자인	233
아. 합류 디자인	233
자. 일력 디자인	233
차. 화병 디자인	233
카. 연필꽂이 디자인	233
4. 개발품목의 전시발표	234
제 4 절 시작품과 설계도면	235
1. 아동용 퍼즐 디자인	235
2. 제기 세트디자인	241
3. 장식용 촛대 디자인	260
4. 장식용 시계 디자인	270
5. 장식용 나무인형	279
6. 모빌형 그릇류	284
7. 접시류 및 냄비 받침 디자인	293
8. 합류 디자인	304
9. 일력 디자인	311
10. 화병 디자인	317
11. 연필꽂이 디자인	320
제 5 절 결 론	324
부 록	325
설문1. 일반인조사	325
설문2. 남원방문 관광객조사	328
설문3. 국립공원 지리산 방문 관광객조사	330
제 7 장 종 합	332

제 1 장

서 론

지리산 지역, 특히 남원시 지역에서는 예로부터 지리산을 배경으로한 풍부한 목재자원과 더불어 사용되는 목재의 독특한 향과 함께 재질이 단단하고 모양이 정교하고 섬세하여 조선조 오백년동안 사용된 제기의 대부분이 남원목기일 정도로 목공예품 제조업이 명성을 얻어왔다. 그러나 최근 들어 원목가격의 급등과 공급불안정, 한정된 범위의 목기사용 및 플라스틱 제품의 범람 등으로 사양길에 접어들었으나 목기제작의 본산인 이곳에서는 생활수단 이상의 장인정신이 계승되어 꾸준하게 전통의 명맥을 이어오고 있다.

1993년 9월말 현재 남원시,군 지역 조합에 가입되어 있는 목공예품 제조업체의 수는 남원시에 51개 업체, 남원군 지역에 29개 업체로 도합 80개 업체가 조합에 가입되어 있으나 실제적으로 가입되지 않은 업체를 모두 포함하면 약 200여개 업체가 현재 목공예품을 생산하고 있는 것으로 조사되어 있다. 이들 업체에 종사하고 있는 종업원의 수는 약 2,000 여명으로 남원지역 제 1의 산업으로 자리를 차지하고 있다.

그러나 이들 지역에서 목공예품 제조에 사용해 왔던 수종은 노각나무, 괴목이라 불리는 회화나무, 오리나무류, 그리고 물푸레나무와 같은 수종을 주로 이용하여 왔으나, 이들 수종 중 노각나무와 괴목은 찾아보기 힘들며, 현재 1급재로 분류되고 있는 오리나무류와 2급재로 분류되고 있는 물푸레나무도 거의 고갈상태 이르러 대량의 목공예용재를 중국이나 캐나다로부터 수입해오고 있는 실정에 있다. 그러나 이들 도입 수종의 재질이 고르지 못하고, 가격이 약 2,000원/사이로 고가이면서도 선금을 쥐야하는 실정일 뿐더러 계속적인 공급여부도 매우 불안정한 상태에 있다. 이와 같이 목공예용재의 부족은 그 동안의 무분별한 벌채와 리기다소나무, 잣나무, 낙엽송 등과 같은 침엽수재 위주의 조림사업에 그 주원인이 있다고 생각된다.

한편, 일반적인 목기제조공정은 원목절단, 귀도리, 초벌깎기, 건조, 재벌깎기, 도장, 음건의 과정을 거쳐 제조되고 있으며, 이와 같은 여러제조 공정 중에서 절삭, 건조, 그리고 도장 공정 중에서 많은 결함이 발생하고 있다. 특히 건조과정에서는 각 수종의 특성에 맞는 건조방식이 아닌 실내에서 건조하게 됨으로써 건조에 장시간이 소요되며 이는 곧 자금의 회전이 원활하게 돌아가지 못하는 주원인이 되고 있다. 뿐만아니라 건조과정 중심재할렬과 V형 크랙 등과 같은 결함이 많이 발생하여 재료의 손실이 막대할 뿐만 아니라 생산비가 증가하게 되는 원인이 되고 있다. 또한 이들 목공예제조업체들은 생산하고 있는 목재공예품의 대부분을 제기생산에 의존

하고 있어 현재와 같은 상황에서는 새로운 수요의 창출과 주민의 소득증대를 기대하기 어려운 실정에 있다.

이와 같이 원료용재의 안정적인 공급문제, 대체수종 개발문제, 가공공정상에서 발생하는 건조가공문제 등 제반기술문제, 신제품, 신모델의 개발문제 등 당면한 문제들이 산재해 있으나 이들 대부분의 업체들이 전통적인 가내수공업의 틀에서 크게 벗어나지 못하고 있으며, 매우 영세한 형편에서 이와 같은 문제를 자체적으로 해결하기 위한 연구와 기술개발을 하기에는 매우 역부족한 상태에 있는 것이 사실이다.

따라서 본 기술개발 연구사업에서는 첫째, 지리산 지역의 값싸고 (250원/사이), 막대한 양의 침엽수 간벌 소경목을 이용한 목공예용 대체 수종의 개발로 목공예용재의 안정적인 공급의 가능성을 검토함과 동시에, 둘째 이들 간벌 침엽수재를 이용하여 고도의 내수성 및 내구성을 가진 신소재 목재를 개발하고, 이들 신소재를 이용한 목재욕조 및 목재타일과 같은 신상품을 개발함으로써 새로운 소득원 확보에 기여를 하고자 한다. 세째, 현재 관행적으로 널리 이용되고 있는 수종이나 미이용 침엽수종 원판의 건조가공기술을 개발함으로써 생산성 향상 및 생산비 절감에 기여를 하고자 하며, 또한 네째로는 기존의 목공예품과는 다른 새로운 디자인 개발 및 신상품을 개발함으로써 이 지역 목공예품의 차별화 및 특성화에 기여를 하고자 한다.

본 연구개발사업의 목표를 달성코저 목공예용 대체가능 수종으로 국산 침엽수재를 선정하여 이들 수종에 대한 원판의 진공건조기술을 개발하여 제공하고, 아울러 목공예용재화를 위한 재질개량 특성을 조사하였다. 또한 예로부터 목공예용재로 널리 활용되어 왔던 활엽수재 원판들의 진공건조기술을 개발하여 목공예용 원판의 건조시간 단축, 건조수율 향상 및 건조재의 품등향상을 꾀하고자 하였으며, 국산 침엽수 간벌소경재를 활용한 목재 복합욕조제조기술을 개발코저 하였다. 마지막으로 대중화·양산화가 가능한 목공예품의 특성화 품목을 선정, 디자인하고 그 시작품을 제작·제시하였다.

제 2 장

목공예용 대체수종 개발 연구 -침엽수재 원판의 진공건조 기술개발-

세부연구책임자 : 이 남 호
연구 원 : 김 종 만
보 조 원 : 이 동 진
 최 광 복
 이 준 호

제 1 절 서 설

예로부터 목재로부터 조각용품, 장식용품, 관광기념품 및 음식용기 등과 같은 각종 선삭가공품을 제작할 때에는 판재나 각재보다는 곡선미가 아름다운 원판을 이용하여 왔다. 그러나 이들 원판은 성장응력과 횡절응력(crosscut stresses), 그리고 습열회복응력(hygrothermal recovery stresses)의 존재때문에 수(pith)를 중심으로한 심재부위가 저장중이거나 건조중에 매우 쉽게 할렬되는 경향이 있다(Kubler 1974, 1975, 1977; Lee 등 1992, 1995a, 1995b; Wilhelmy 등 1973a, 1973b). 뿐만아니라 접선방향과 방사방향간의 수축율의 차이에 의해서 형성되는 이방성 수축응력이 목재의 횡인장강도를 초과할때는 V형 크랙이라는 파괴가 발생하여 원판이 전혀 활용할 수 없게 되는 등 원판은 건조하기가 무척 까다롭다(Lee 등 1992, 1995a, 1995b). 그래서 남원 지역의 목공예제조업체들은 비교적 원판으로서의 건조성이 양호한 노각나무, 회화나무, 오리나무류나 물푸레나무 등만을 골라서 실내에서 음건하는 방식으로 목공예용 원판을 공급해 왔다. 물론 이렇게할 경우 건조에 소요되는 시간이 너무 길고, 건조수율도 만족스러울 정도가 되지 못하는 등 아직도 건조가공상의 문제가 많은데, 최근에는 이것마저도 자원이 고갈되어 거의 전량을 캐나다나 중국 등으로부터 도입해 오고 있는 실정이다. 최근 지구환경보존 차원에서 이와 같은 활엽수재의 벌채가 적극 규제되고 있고, 원화가치의 급락으로 말미암아 원목가격이 급등하고 있으며 그마저도 공급이 매우 불안정한 상태일 뿐만아니라 점점 소경재화, 저질화 되어가고 있어 건조가공상에도 많은 문제점들이 나타나고 있는 실정이다. 따라서 국산재중에서 임목축적량이 풍부한 수종들의 원판 건조가공 기술을 개발하여 대체수종을 제시하고, 이를 통하여 원목의 가격 및 공급안정을 꾀하는 것이 이들 목공예제조업체의 가격경쟁력 제고를 위해서 매우 시급하다.

본 연구에서는 지리산 일대에 비교적 풍부하게 조림되어 있는 소나무, 리기다소나무, 잣나무 및 은행나무 등 4수종을 대체가능 수종으로 선정하여 이들 수종의 두께 50mm~100mm 원판들의 건조가공 기술을 개발하여 제공코저 하였다. 이를 위하여 오리나무, 호도나무, 은행나무 또는 일본삼나무 등의 원판건조에 관한 일련의 연구결과(Lee 등 1992, 1995a, 1995b) 건조시간의 단축과 그에 따른 에너지 절감 및 변재변색 예방, 심재할렬과

V형 크랙의 예방효과, 기타 잔적작업의 편리함 등의 측면에서 긍정적 평가를 받았던 진공건조방식을 적용 검토하였다. 아울러 전단면엔드테이핑처리, 변재부 엔드테이핑처리 및 변재부 엔드래핑처리에 의한 주요 국산침엽수종 원판들의 진공건조성 개선효과를 구명코저하였다

제 2 절 제 료 및 방 법

1. 공시수종과 시험편 채취

주요 국산침엽수종 소나무(*Pinus densiflora*), 리기다소나무(*Pinus rigida*), 잣나무(*Pinus koraiensis*) 및 은행나무(*Ginkgo biloba*) 등 4수종을 공시수종으로 선정하여 시중 목상으로부터 數本の 원목을 구입하였다. 가열판압체식진공건조(Vacuum Drying Combined Hot Plate Plus Mechanical Pressure:HPP/V Drying)와 압체식고주파진공건조(Radio-frequency/Vacuum Plus Mechanical Pressure Drying:RFP/V Drying) 시험용 원판은 두께(섬유방향) 50mm, 75mm 및 100mm의 3단계로 구분하되, 잣나무의 경우 HPP/V건조에서는 두께 100mm원판에 대해서만 건조시험을 실시하였다. 각 두께의 가열판압체식진공건조시험용 원판은 다시 무처리, 전단면엔드테이핑처리(End-taping of sapwood and heartwood : ETSH), 변재부엔드테이핑처리(End-taping of only sapwood : ETS) 및 변재부엔드래핑처리(End-wrapping of only sapwood: EWS)로 구분하여, 이들 처리 원판들이 서로 엔드매치되게 채취하였고 (그림 1-1), 압체식고주파진공건조시험에서는 수피가 건조결함 예방에 미치는 효과를 구명코저 박피처리를 추가하였다. 하나의 엔드매치 시리즈의 양단에서 두께 1cm의 원판을 채취하여 그림 1-2와 같은 방법으로 건조시험용 원판의 초기함수율과 생재비중 시험편을 얻었다. 각 건조시험용 원판의 두께별, 처리별 원판의 갯수, 직경, 생재비중 및 심·변재부별 초기함수율은 표 1-1~1-2와 같다.

ETSH처리 원판은 한지 2매를 원판의 양 횡단면 전체에 밀가품을 사용하여 테이핑하였고, ETS처리 원판은 원판의 횡단면중 변재부만을 역시 한지 2매로 테이핑하여 심재부와 변재부간의 수분증발속도의 차를 줄이고자 하였다. 또한 EWS처리 원판은 한지 대신 음식물 포장용 비닐랩으로 접선단면과 횡단면의 변재부만을 감싼 다음 수개의 칼자국을 만들어 변재부의 수분증발속도를 콘트롤하였다. 한편 압체식고주파진공건조시험에서 박피처리

는 원판의 수피를 완전히 제거하여 접선단면을 통해서 수분이 자유롭게 증발 가능하도록 하였다.

2. 가열판압체식 진공건조시험(HPP/V)

HPP/V는 길이 530cm×폭 85cm×높이 50cm 크기의 열수순환가열식 진공건조기에서 실시하였다. 이 건조기는 상부덮개가 유연한 고무시트로 이루어져 있어 진공하에서 약 10,000kgf/m² 정도의 압체력이 내부에 잔적된 원판에 전달되는 타입이다.

각 공시원판들은 열판과 열판사이에 實積(solid pile)하되, 동일 수종, 동일 두께의 동일 처리원판들은 같은 段에 잔적하였으며, 두께 100mm 원판을 제외한 나머지 원판들은 모두 동일 진공건조시험에 잔적하였다.

진공건조중 건조기내의 절대수증기압은 잔적로드에 관계없이 약 50mmHg를 유지하였고, 건조온도는 두께 50mm와 75mm 원판들의 경우는 재온을 건조초기의 경우 40℃로, 건조시간이 경과함에 따라 45℃, 50℃ 및 55℃로 점차 상승시키되 은행나무 두께 50mm 무처리 원판의 내층온도를 기준으로 콘트롤하였다. 한편 소나무, 리기다소나무 및 잣나무의 두께 100mm 원판들의 경우는 최저 40℃에서 최고 50℃의 재온으로 건조하였고, 은행나무의 경우는 최저 40℃에서 건조말기에는 최고 60℃까지 재온을 상승시켰다. 이들의 경우도 은행나무 무처리 원판의 내층온도가 기준이 되었다. 건조중 적당한 시간간격으로 건조기의 작동을 중지하고 건조기의 고무시트에 의한 압체력을 해제한 후 원판들의 건조중 무게를 평량하여 건조중 함수율을 구하였다.

3. 압체식고주파진공건조 시험(RFP/V)

RFP/V건조는 가열판 압체식진공건조기처럼 약 10,000kgf/m²의 압체력이 건조기 내부에 잔적된 원판에 전달되는 타입으로서 그 크기는 길이 300cm×폭 83cm×깊이 26cm였다. 고주파발전기는 13.56MHz의 출력 7kW 고정하였고 7분-on, 3분-off로 작동되도록 하였다. 동일수종의 동일두께의 원판들을 같은 층에 잔적하되, 잔적층은 1단 또는 2단으로 하였다. 잔적층이 2단인 경우에는 중앙부에 양극 알루미늄판을, 그리고 상부와 하부에 음극알루미늄판을 배치하였다.

은행나무를 제외한 나머지 수종들의 경우 각 두께별로 각 처리원판 1매씩을 선정하여 건조시간 추정시험용으로 활용하였다. 건조시간 추정시험의 경우 동일두께의 원판들은 수종에 관계없이 동일로드에 잔적하였으며

소나무의 무처리 원판이 재온컨트롤용으로 사용되었다.

재온은 모두 40.5℃로 고정하였고, 건조중 진공건조도는 40~140mmHg였다. 재온은 테프론 튜브(teflon tube)를 씌운 Pt 100Ω 센서를 재온컨트롤용 원판의 내층에 수피측에서 수축(pith side)으로 심재부까지 삽입한 다음 실리콘으로 밀봉하였고, filtering한 다음 제어하였다. 건조중 적절한 시간 간격으로 건조기의 작동을 중지하여 압체력을 해제한 다음 원판의 무게를 평량하여 건조중함수율과 건조곡선을 구하였다. 이 건조곡선으로부터 각 수종별 두께별 원판이 목공예용재의 이용함수율 수준인 함수율 약 8%까지 도달하는데 소요되는 시간을 추정하였다. 건조시간 추정시험용 원판의 직경, 생재비중 및 초기함수율은 표 1-2와 같다.

연속RFP/V건조시험은 건조시간 측정시험을 통해서 얻어진 각 수종별 두께별 건조시간동안 압체력의 해제없이 연속적으로 건조하므로써 압체력에 의한 건조결함 예방효과를 검토코저 하였다. 이때 건조시간 추정시험과 동일한 건조조건과 잔적을 적용하되 동일수종의 동일두께 원판들만이 동일로드에 잔적되었다. 연속 RFP/V건조 시험용 원판의 갯수, 직경 및 초기함수율은 표 1-3과 같다.

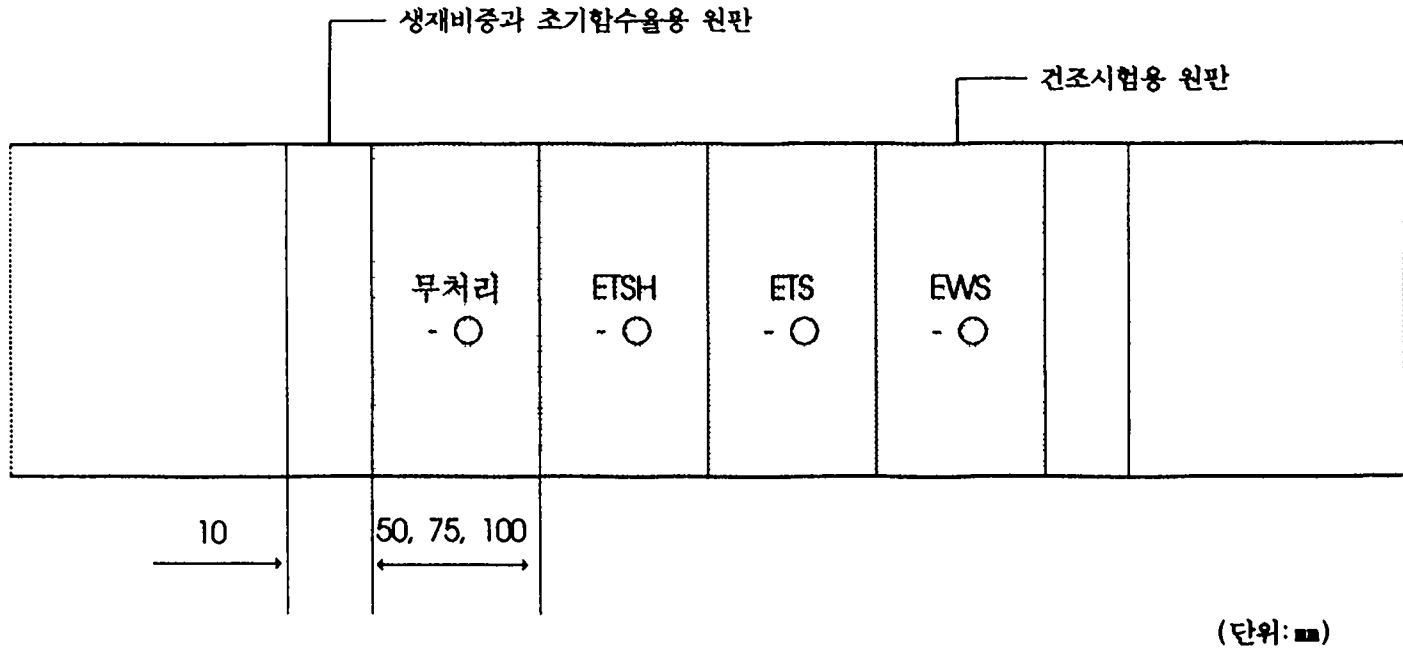


그림 1-1. HPP/V건조시험용 원판 및 생재비중과 초기함수율용 원판 채취 모식도

Fig. 1-1. Preparation of tree disks for HPP/V drying test and specific gravities based on green volume and initial MC from log.

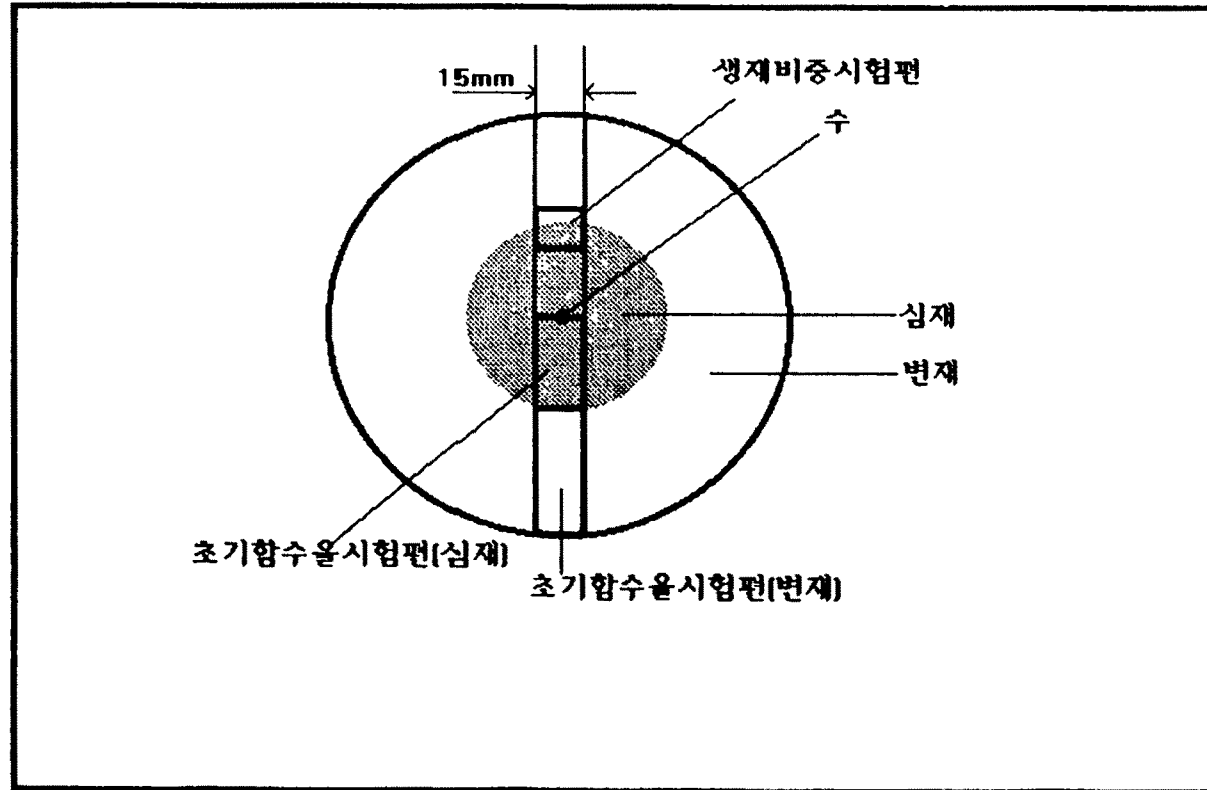


그림 1-2. 생재비중과 심재 및 변재 초기함수율 시험편 채취

Fig. 1-2. Preparation of sections for specific gravities based on green volume and initial MC of heartwood and sapwood from tree disks.

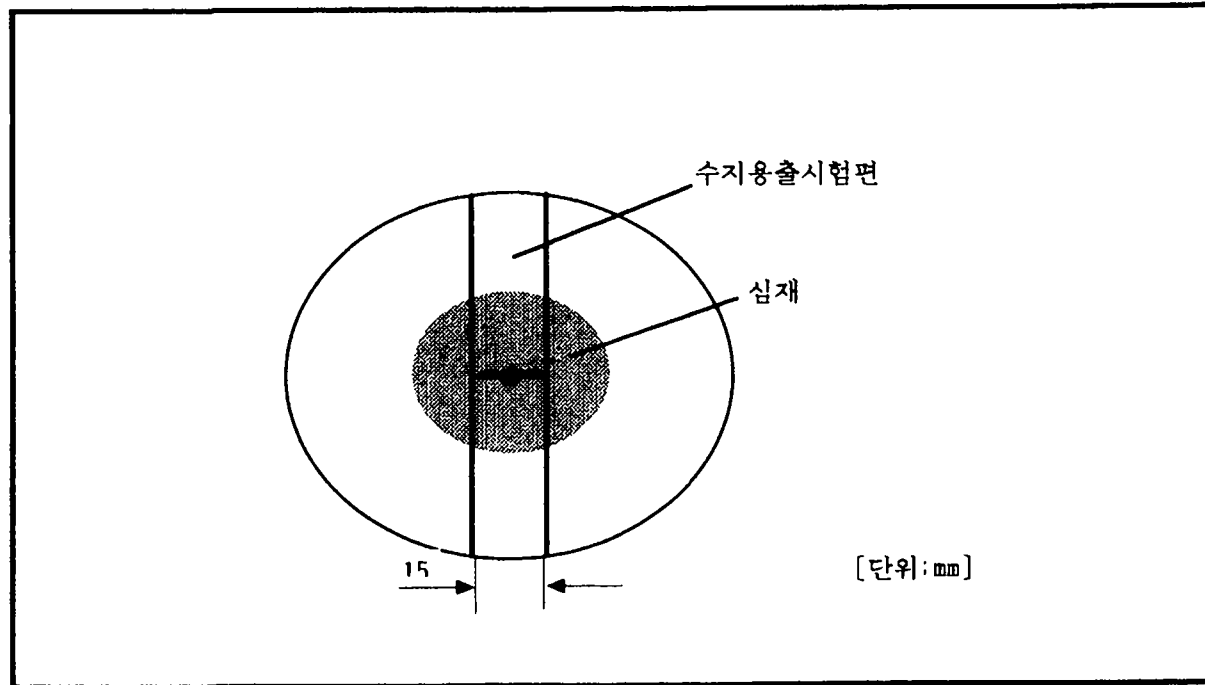


그림 1-3. 진공건조 원판의 수지용출 시험편 채취

Fig. 1-3. Preparation of specimens for the resin exudation test from control disks after vacuum drying.

표 1-1. HPP/V건조시험용 원판의 갯수, 직경, 생재비중 및 심·변재부별 초기함수율

Table 1-1. Number of disks, diameter, specific gravities based on green volume, and initial MC of heartwood and sapwood of the tree disks for HPP/V drying test.

두께 (mm)	구 분	소 나 무				리 기 다 소 나 무				잣 나 무				은 행 나 무				
		무처리	ETSH	ETS	EWS	무처리	ETSH	ETS	EWS	무처리	ETSH	ETS	EWS	무처리	ETSH	ETS	EWS	
50	시험편수(개)	10	10	10	10	10	10	10	10	-	-	-	-	10	10	10	10	
	직 경(cm)	26.5	26.4	26.3	26.3	18.6	18.7	19.0	18.9	-	-	-	-	22.1	21.8	21.6	22.1	
	생재비중	0.41	0.41	0.41	0.41	0.47	0.47	0.47	0.47	-	-	-	-	0.40	0.40	0.40	0.40	
	초기함수율 (%)	심재	45.3	45.3	45.3	45.3	37.5	37.5	37.5	37.5	-	-	-	-	97.8	97.8	97.8	97.8
		변재	104.8	104.8	104.8	104.8	70.0	70.0	70.0	70.0	-	-	-	-	146.7	146.7	146.7	146.7
	평균	81.4	81.4	81.4	81.4	61.5	61.5	61.5	61.5	-	-	-	-	122.7	122.7	122.7	122.7	
75	시험편수(개)	10	10	10	10	10	10	10	1	-	-	-	-	7	7	7	7	
	직 경(cm)	27.7	27.6	27.7	27.4	18.2	18.6	18.3	18.5	-	-	-	-	23.1	23.6	23.4	25.1	
	생재비중	0.43	0.43	0.43	0.43	0.48	0.48	0.48	0.48	-	-	-	-	0.43	0.43	0.43	0.43	
	초기함수율 (%)	심재	36.5	36.5	36.5	36.5	41.4	41.4	41.4	41.4	-	-	-	-	34.4	34.4	34.4	34.4
		변재	91.9	91.9	91.9	91.9	85.6	85.6	85.6	85.6	-	-	-	-	105.3	105.3	105.3	105.3
	평균	74.9	74.9	74.9	74.9	74.7	74.7	74.7	74.7	-	-	-	-	68.2	68.2	68.2	68.2	
100	시험편수(개)	8	8	8	8	9	9	9	9	10	10	10	10	8	8	8	8	
	직 경(cm)	27.7	27.6	27.7	27.4	21.9	21.8	22.2	22.3	25.3	25.2	25.8	25.0	26.6	27.5	25.8	25.4	
	생재비중	0.43	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.40	0.40	0.40	0.40	0.45	0.45	0.45	0.45	
	초기함수율 (%)	심재	39.3	39.3	39.3	39.3	36.6	36.6	36.6	36.6	145.4	145.4	145.4	145.4	130.6	130.6	130.6	130.6
		변재	103.5	103.5	103.5	103.5	70.1	70.1	70.1	70.1	145.4	145.4	145.4	145.4	130.6	130.6	130.6	130.6
	평균	77.2	77.2	77.2	77.2	61.2	61.2	61.2	61.2	86.4	86.4	86.4	86.4	90.5	90.5	90.5	90.5	

표 1-2. RFP/V건조시간 추정시험용 원판의 직경, 생재비중 및 초기함수율

Table 1-2. Diameters, specific gravities based on green volume and initial MC of the tree disks for estimating the drying times during RFP/V drying.

두께 (mm)	구 분	소 나 무					리 기 다 소 나 무					잣 나 무				
		무처리	박피처리	ETSH	ETS	EWS	무처리	박피처리	ETSH	ETS	EWS	무처리	박피처리	ETSH	ETS	EWS
50	직경(cm)	19	18	18	17	18	18	17	17	16	16	17	17	17	17	16
	생재비중0.36.....				0.41.....				0.40.....				
	초기함수율 (%)	94.4	75.8	74.5	65.3	68.9	50.8	59.7	63.0	67.4	65.0	84.2	81.5	65.6	78.8	80.1
75	직경(cm)	18	18	18	17	16	16	16	16	16	16	17	17	18	18	18
	생재비중0.35.....				0.41.....				0.38.....				
	초기함수율 (%)	79.7	80.3	77.1	87.4	98.1	73.4	65.2	68.8	81.7	85.4	67.8	75.5	66.1	56.4	71.5
100	직경(cm)	14	12	12	12	12	14	14	14	13	15	18	17	18	18	18
	생재비중0.38.....				0.38.....				0.41.....				
	초기함수율 (%)	28.7	26.3	24.9	24.2	21.5	84.1	78.3	89.1	93.0	94.6	46.9	48.1	52.2	55.7	55.2

표 1-3. 연속RFP/V건조시험용 원판의 개수, 직경, 및 초기함수율

Table 1-3. Number of disks, diameter, and initial MC of the tree disks for continuous RFP/V drying test.

두께 (mm)	구 분	소 나 무					리 기 다 소 나 무					잣 나 무				
		무처리	박피처리	ETSH	ETS	EWS	무처리	박피처리	ETSH	ETS	EWS	무처리	박피처리	ETSH	ETS	EWS
50	시험편수(개)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	5	5	4	4	4
	직 경(cm)	26.9	25.7	27.2	27.4	27.5	22.7	20.3	22.0	22.3	22.5	21.1	21.3	22.6	22.5	22.8
	초기함수율(%)	106.9	118.9	109.6	115.3	95.3	94.4	121.9	110.5	113.7	113.0	154.4	155.8	165.1	161.0	151.5
75	시험편수(개)	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	직 경(cm)	24.2	22.6	24.6	24.9	25.0	15.1	14.9	14.7	14.7	14.2	19.2	18.7	19.1	18.8	19.4
	초기함수율(%)	139.6	135.3	129.4	114.9	76.1	47.6	55.4	57.1	56.0	53.7	97.5	104.9	100.9	104.7	102.3
100	시험편수(개)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	직 경(cm)	25.2	22.8	24.9	24.5	24.4	16.5	16.3	16.1	16.9	16.8	17.4	17.3	17.3	18.1	18.3
	초기함수율(%)	112.5	132.0	101.5	112.9	107.7	51.3	62.3	43.7	41.4	42.1	72.4	59.8	54.4	47.2	38.8

4. 건조결합 조사

HPP/V건조의 경우 건조종료후 모든 원판들의 횡단면상에 나타난 심재할렬과 변제할렬 및 V형 크랙의 발생정도를 조사한 후, 무작위로 각 두께별로 무처리 원판 1개를 선별하여 수지용출시험편을 그림 1-3과 같은 방법으로 준비하였다. 수지용출시험은 항온항습기의 표 1-4와 같은 폭로시험사이클에서 24시간 방치한 후 시험편의 방사단면상에서 수지용출의 정도를 육안으로 판정하였다(Kanagawa 1989).

RFP/V건조시험의 경우는 연속RFP/V건조시험에 한해서 건조결합과 수지용출을 건조종료후 HPP/V건조와 동일하게 실시하였다.

표 1-4. 진공건조 원판의 수지용출시험을 위한 촉진폭로시험사이클
Table1-4. Accelerated cycle for resin exudation test of the vacuum-dried tree disks.

사이클	건구온도 (℃)	상대습도 (%)	평형함수율 (%)	방치시간 (시간)
1	20	90	20.8	24
2	20	65	11.8	24
3	20	90	18.3	24
4	20	65	11.0	24

제 3 절 결 과 및 고 찰

1. 건조시간과 건조속도

가. HPP/V건조

각 수종 원판의 두께별 진공건조곡선을 그림1-4~그림1-13에 나타내었다. 소나무 원판의 경우 두께 50mm와 75mm 원판은 317시간만에 함수율 7~11%까지 건조되었으나, EWS처리 원판은 동일 건조시간에 17.0%와 21.6%까지 밖에 건조되지 않아 이용함수율수준까지 건조하는 것이 불가능하였

다. 또한 두께 100mm 원판도 무처리, ETSH처리 및 ETS처리 원판들은 495시간만에 이용함수율 범위까지 건조가 가능하였으나 EWS처리 원판의 경우 50.9%의 고함수율 상태를 나타내었고, 특히 고함수율 상태가 장기간 지속되므로 말미암아 변재변색 또한 심하게 나타나 EWS처리는 실용상 HPP/V건조가 불가능한 것으로 평가되었다. 더구나 은행나무를 제외한 나머지 공시수종의 경우 심재율이 매우 낮아 횡단면의 거의 대부분이 비닐래핑되므로써 건조속도의 지연이 더욱 심화되었을 것으로 생각되는 바, EWS처리는 심재율이 지나치게 낮은 수종에는 그 적용에 신중을 기해야 할 것으로 판단된다. 건조소요시간 317시간과 495시간은 두께 1인치 미송원판을 실내에서 건조하는데에 소요되는 시간인 약 35일보다는(Kubler 1974) 훨씬 짧은 시간이었지만 두께 75mm 호도나무 무처리 원판이나 ETSH처리 원판을 함수율 약 10%까지 고주파진공건조하는데 각각 소요된 시간인 118시간이나 174시간보다는 훨씬 긴 시간이 소요되었다(Lee 등 1995a). 소나무의 경우 호도나무보다 내부수분의 표면으로의 이동이 더 용이할 것으로 예상되고, 또한 더 강한 건조조건이 적용되었음에도 불구하고 이처럼 건조속도가 느린 까닭은 고주파가열과 가열판 가열의 차이에 따른 재온상승 속도 및 온도분포 모형의 차이에 의한 자유수 유동의 기동력의 차이도 고려해 볼 수 있는 원인이라 생각되지만, 무엇보다도 HPP/V건조의 경우 열판이 원판의 상하 횡단면을 차단하므로써 횡단면을 통한 수분증발이 제약을 받았기 때문인 것으로 해석된다. 따라서 횡단면을 통한 수분증발에 절대적으로 의존하는 원판을 HPP/V건조기내에서 건조하기 위해서는 열판과 원판 사이에 적절한 배기망(ventilated wire)과 차습판(wet barrier)을 끼워서 잔적하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

한편 소나무 두께 100mm의 EWS처리 원판의 경우 건조시간 197시간 무렵에서 건조중함수율이 오히려 크게 증가된 양상을 보이고 있는데, 이는 건조중 배수탱크와 인접해서 잔적되었던 원판들이 오히려 수분을 흡수하므로써 나타난 사고적인 결과였다.

리기다소나무도 소나무의 경우와 유사한 경향을 보였으나, 두께 50mm와 75mm의 무처리, ETSH처리 및 ETS처리 원판들은 평균건조속도가 0.31%/hr~0.37%/hr로서 소나무나 은행나무의 동일처리 원판들보다 상당히 빠른 편이었다. 이것은 리기다소나무의 경우 공시원목의 저목상태 불량으로 대부분 원판들이 박피된 상태에서 건조가 시작되어 접선단면을 통한 수분증발이 상대적으로 용이하였고, 이 결과 방사방향으로의 수분경사 때문에 하나의 원판에 다수의 V형 크랙이 발생되었으며, 이 크랙면이 또 다른 수분증발면으로 작용하였

기 때문인 것으로 생각된다.

한편 잣나무 두께 100mm 무처리 원판은 생재에서 함유율 8.9%까지 건조되는데 495시간이 소요되었고, ETS처리나 ETS처리 원판들은 563시간만에 각각 함유율 11.3%와 10.4%에 도달하였다. 청변균에 특히 약한 잣나무의 재질 특성을 감안해 불 때 건조시간을 보다 더 단축할 수 있는 방법이 강구되어야 할 것이다.

은행나무의 두께 50mm 원판의 경우 EWS처리 원판을 제외한 나머지 원판들은 이용함수율 수준까지 건조되는데 343시간이 소요되었고, 두께 75mm 원판은 무처리 237시간, ETS처리와 ETS처리는 모두 371시간이 소요되었다. 은행나무의 경우 다른 수종들과는 달리 원판 두께간에 건조속도의 차이가 현저하게 나타나 최소한 두께차가 25mm이상인 원판들을 동일 로드에서 혼합간접하여 건조하는 것은 피하는 것이 건조시간 단축과 건조결함 예방의 측면에서 바람직할 것으로 판단된다. 특히 두께 100mm 원판의 경우 건조재의 손상은 거의 없었으나 평균 건조속도가 0.10%/hr 정도로 매우 느려 건조에 너무 긴 시간이 소요되고 있어 좀 더 강한 건조조건을 적용하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

나. RFP/V건조

소나무, 리기다소나무 및 잣나무 원판의 두께별 RFP/V건조 곡선은 그림 1-14~그림 1-22에 나타내었다.

두께 50mm 소나무 원판의 경우 생재함수율 75.8%에서 5.7%까지 건조하는데 168시간이 소요되었고, 두께 75mm원판의 경우는 생재함수율 84.5%에서 8.9%까지 건조하는데 120시간이 소요되었다. 두께 100mm 원판은 168시간에 11.2%까지 건조되었다. HPP/V건조시간이 두께 50mm와 75mm원판의 317시간이나 두께 100mm원판의 495시간과 비교하여 크게 단축되었다.

이러한 경향은 리기다소나무와 잣나무 원판에서도 유사하였다. 이는 고주파가열의 경우 목재 내부의 온도를 표층보다 높게 유지하는 것이 가능할뿐 아니라, RFP/V건조에서는 원판과 열판사이에 배기망을 삽입하여 간접하므로써 원판의 횡단면을 통한 수분증발이 보다 용이하게 이루어졌기 때문인 것으로 생각된다. 리기다소나무의 경우 생재에서 이용함수율 수준까지 건조되는데 두께 50mm원판은 120시간이, 두께 75mm원판은 184시간이, 그리고 두께 100mm원판은 220시간이 소요되었다. 또한 잣나무의 두께 50mm와 75mm 및 100mm원판은 각각 120시간과 224시간이 소요되었다. 한편 모든 수종에서 각처리간의 건조속도에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났으며, 특

히 HPP/V건조에서는 건조속도가 매우 느려 이용함수율까지의 건조가 불가능하였던 EWS처리 원판도 다른 처리원판들의 건조속도와 큰 차이가 없었다. 이는 가열방식의 차이에 기인한 것이라기보다는 배기망과 차습판의 활용여부에 영향을 받은 것으로 생각된다. 박피처리 원판을 제외한 나머지 원판들의 경우 황단면이 유일한 수분증발면이고, 이 면을 통한 수분증발이 방해받거나 또는 설령 수분증발이 용이하게 이루어졌다 할지라도 상·하단에 인접하여 잔적된 원판들 사이에 흡·방습의 수분교환이 발생한다면 건조속도는 크게 지연될 것이다.

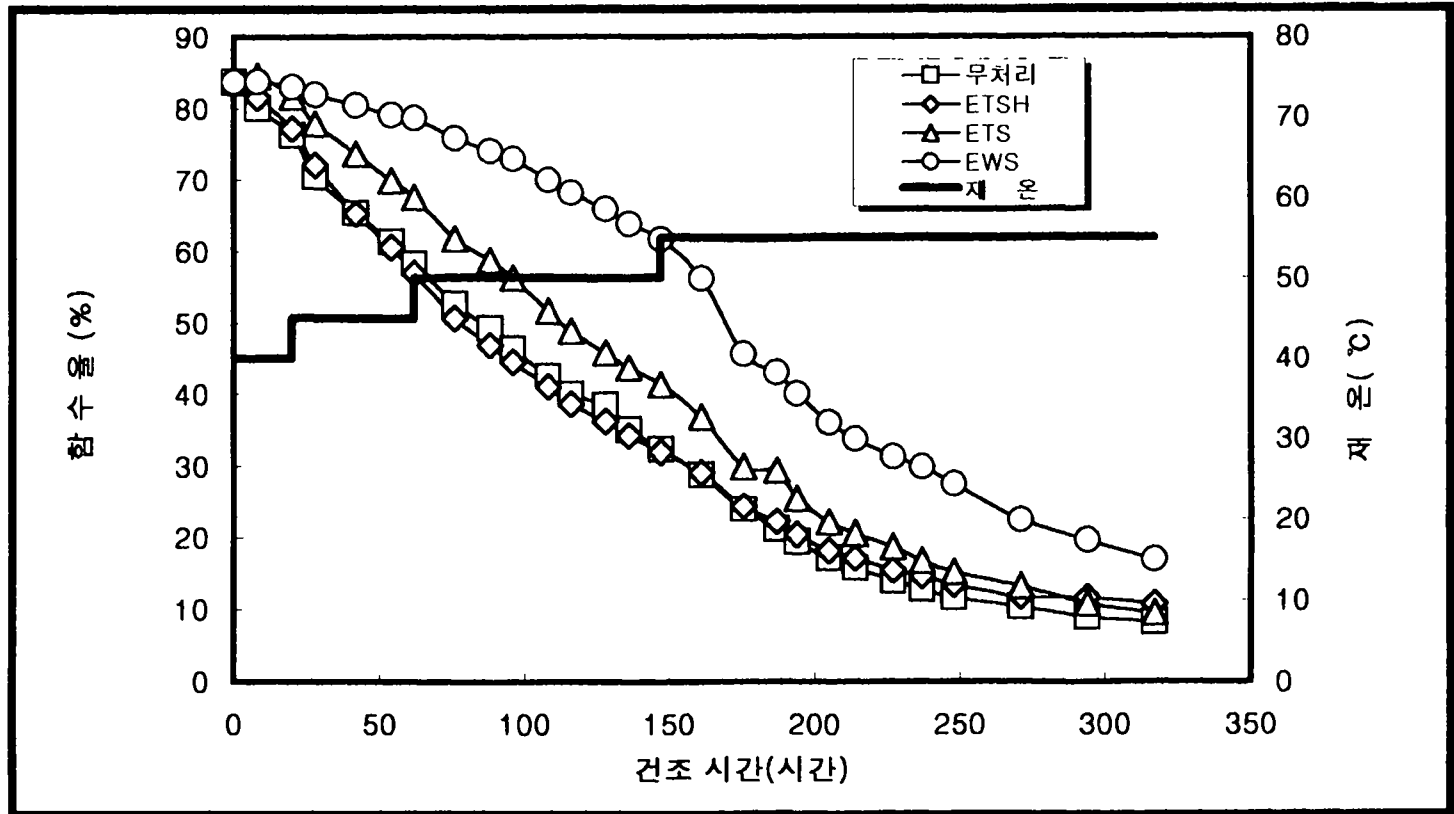


그림 1-4. 두께 50mm 소나무 원판의 HPP/V건조곡선

Fig. 1-4. HPP/V drying curves for 50mm-thick Korean red pine disks.

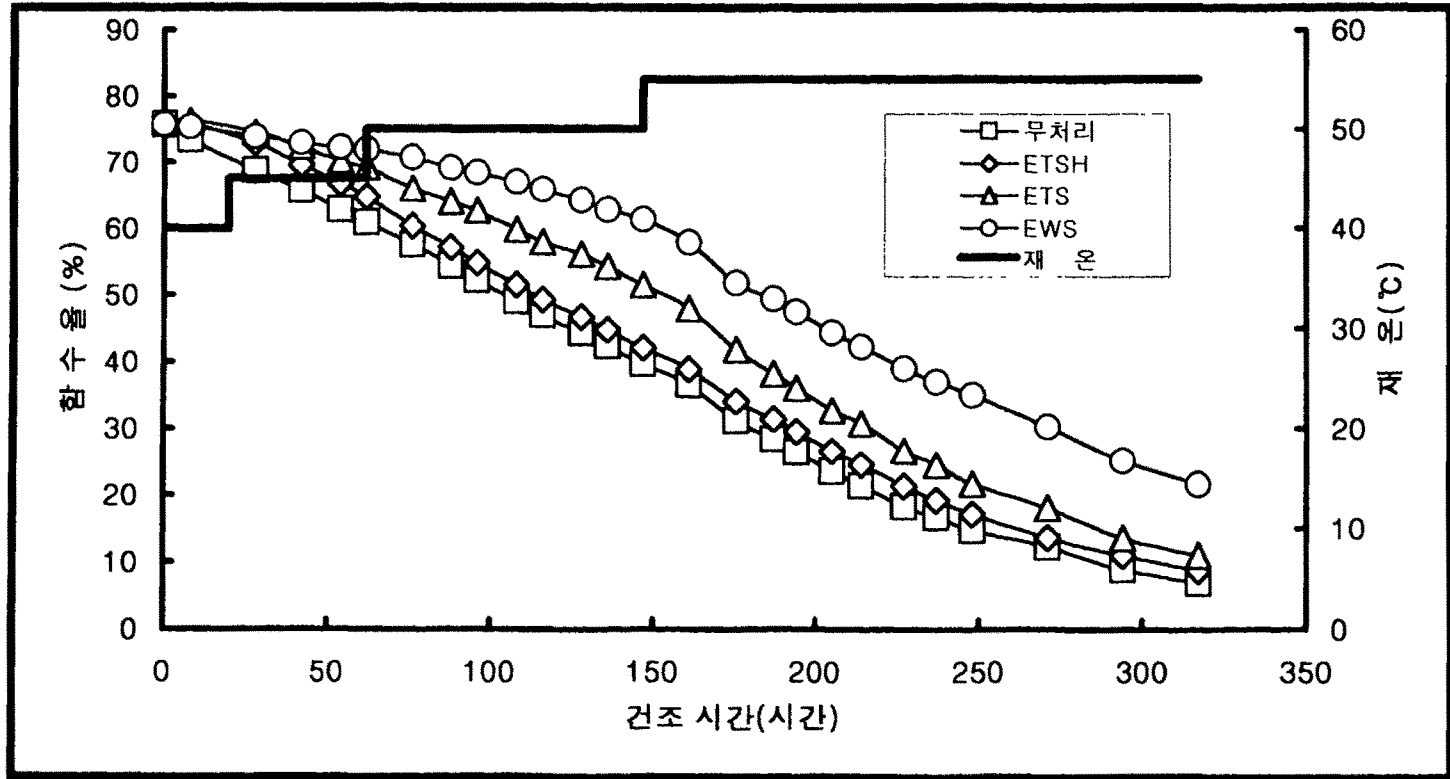


그림 1-5. 두께 75mm 소나무 원판의 HPP/V건조곡선

Fig. 1-5. HPP/V drying curves for 75mm-thick Korean red pine disks.

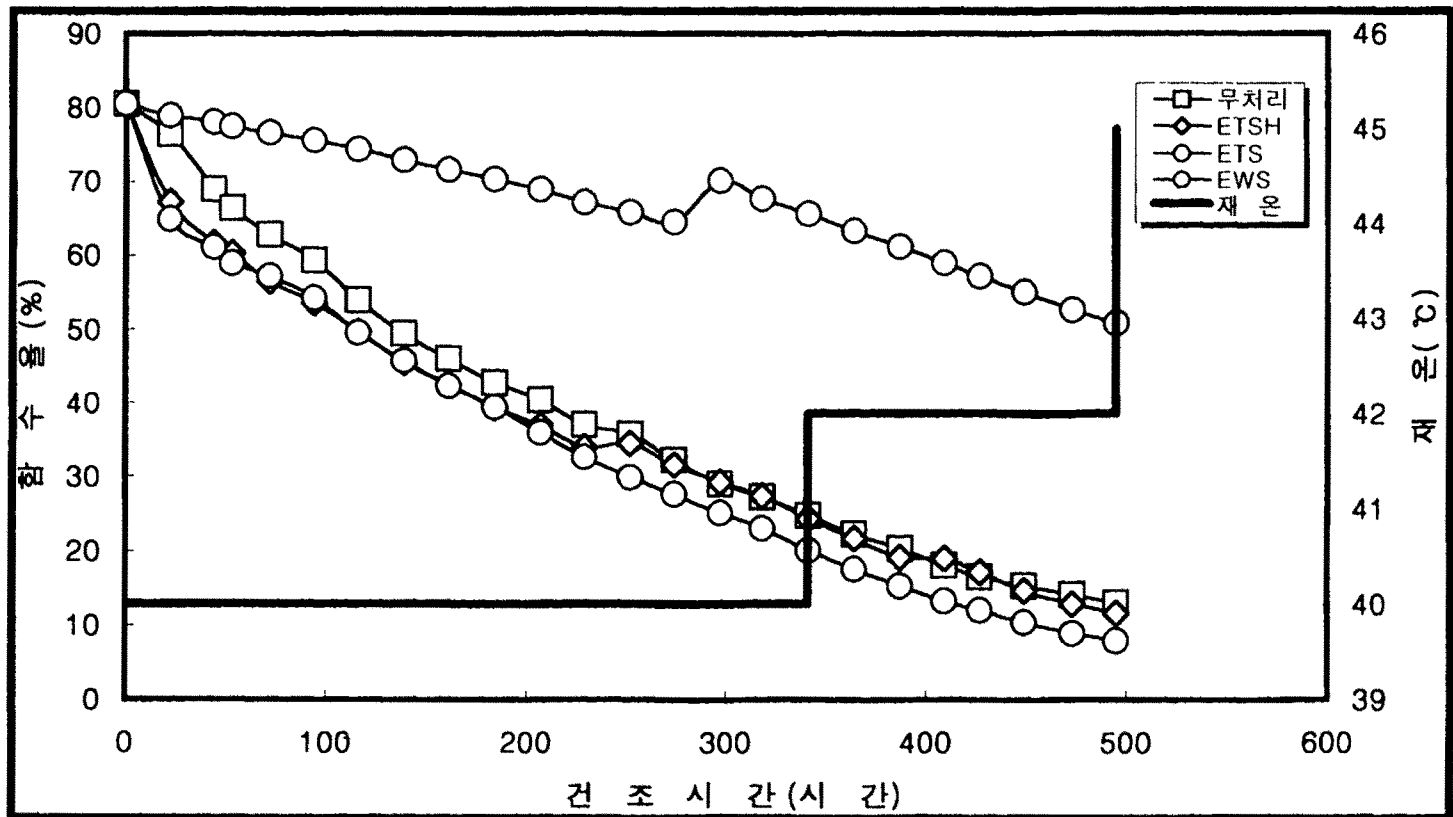


그림 1-6. 두께 100mm 소나무 원판의 HPP/V건조곡선

Fig. 1-6. HPP/V drying curves for 100mm-thick Korean red pine disks.

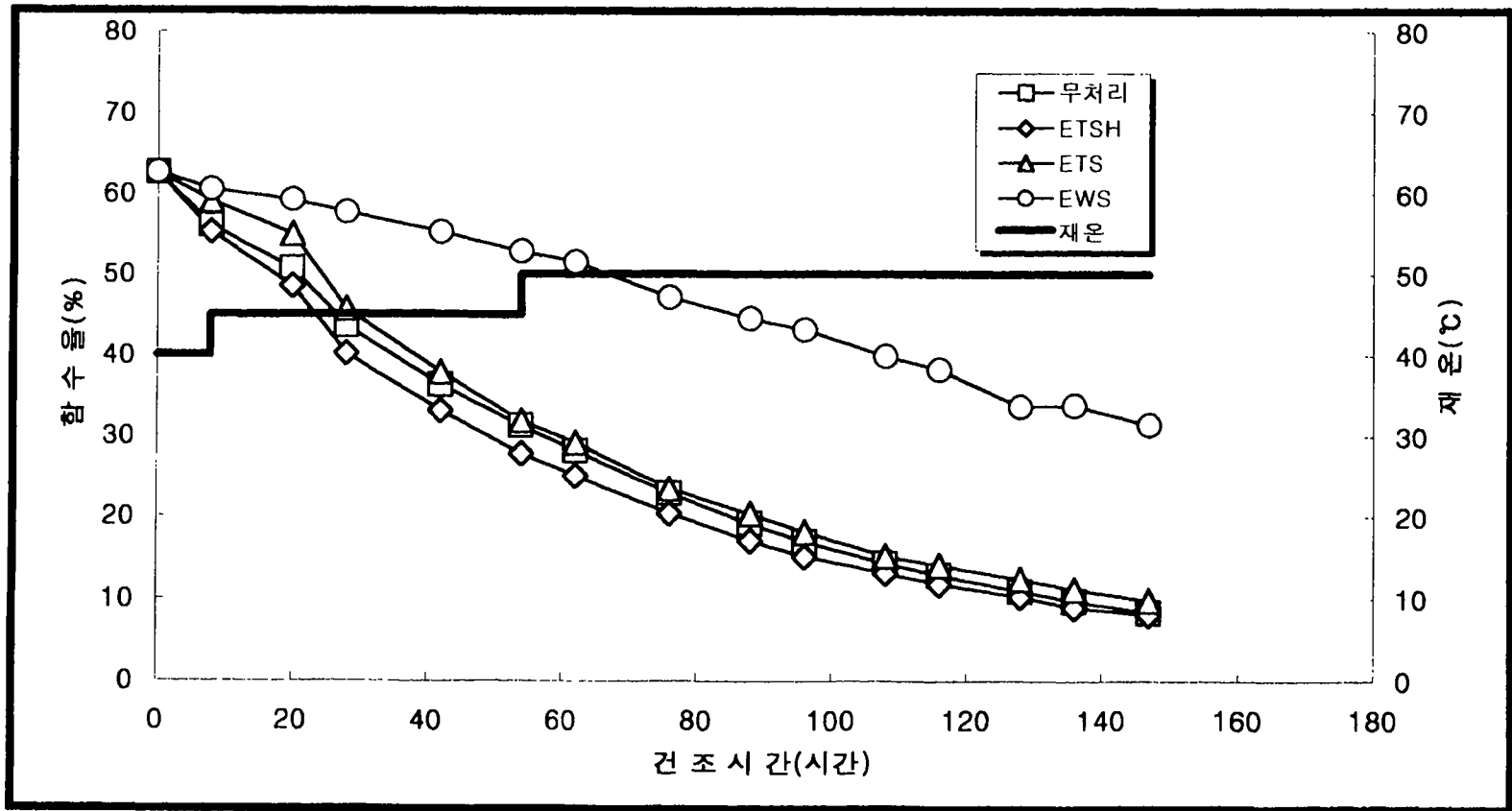


그림 1-7. 두께 50mm 리기다소나무 원판의 HPP/V건조곡선
Fig. 1-7. HPP/V drying curves for 50mm-thick pitch pine disks.

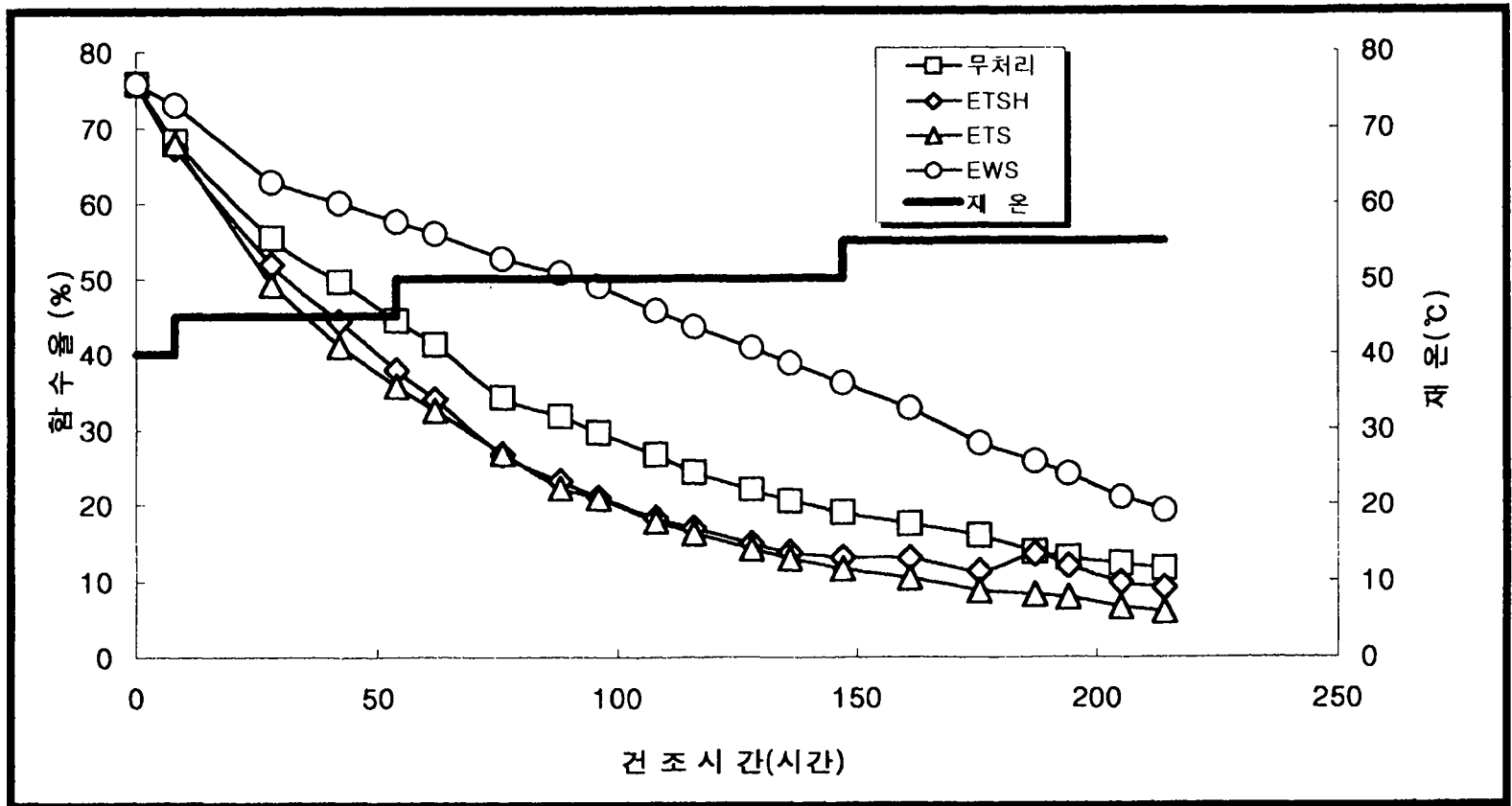


그림 1-8. 두께 75mm 리기다소나무 원판의 HPP/V건조곡선
Fig. 1-8. HPP/V drying curves for 75mm-thick pitch pine disks.

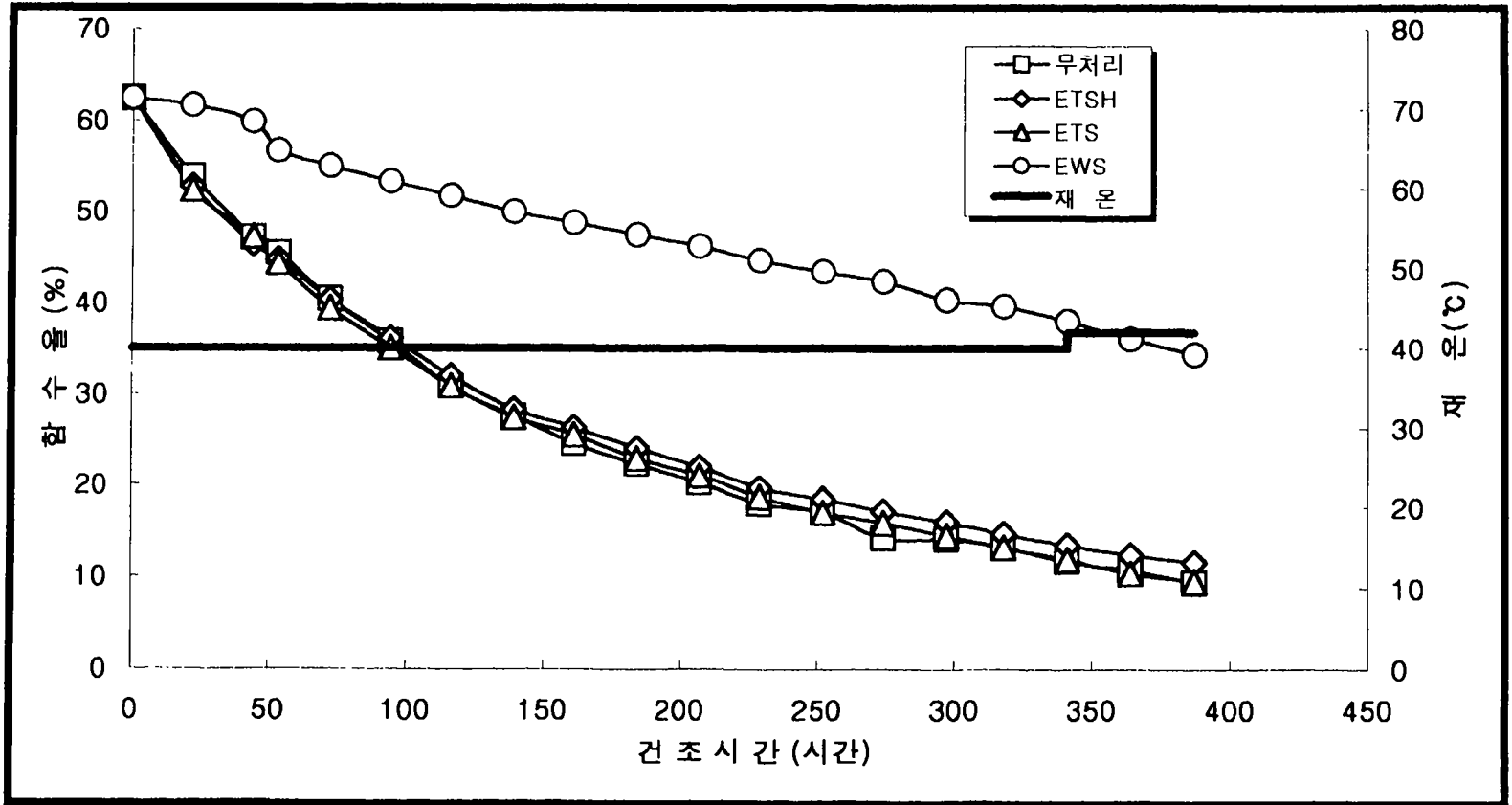


그림 1-9. 두께 100mm 리기다소나무 원판의 HPP/V건조곡선
Fig. 1-9. HPP/V drying curves for 100mm-thick pitch pine disks.

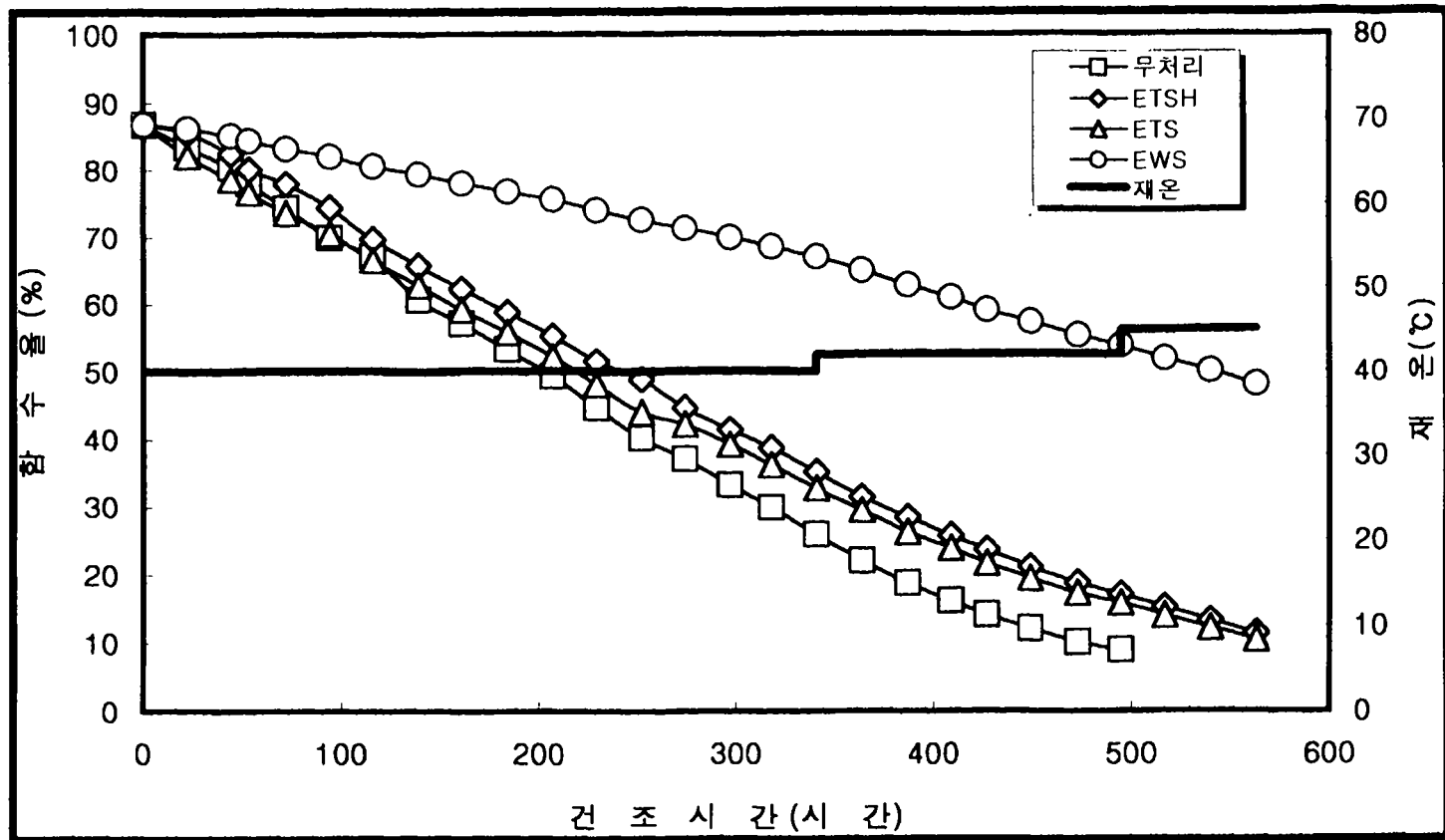


그림 1-10. 두께 100mm 잣나무 원판의 HPP/V건조곡선

Fig. 1-10. HPP/V drying curves for 100mm-thick Korean pine.

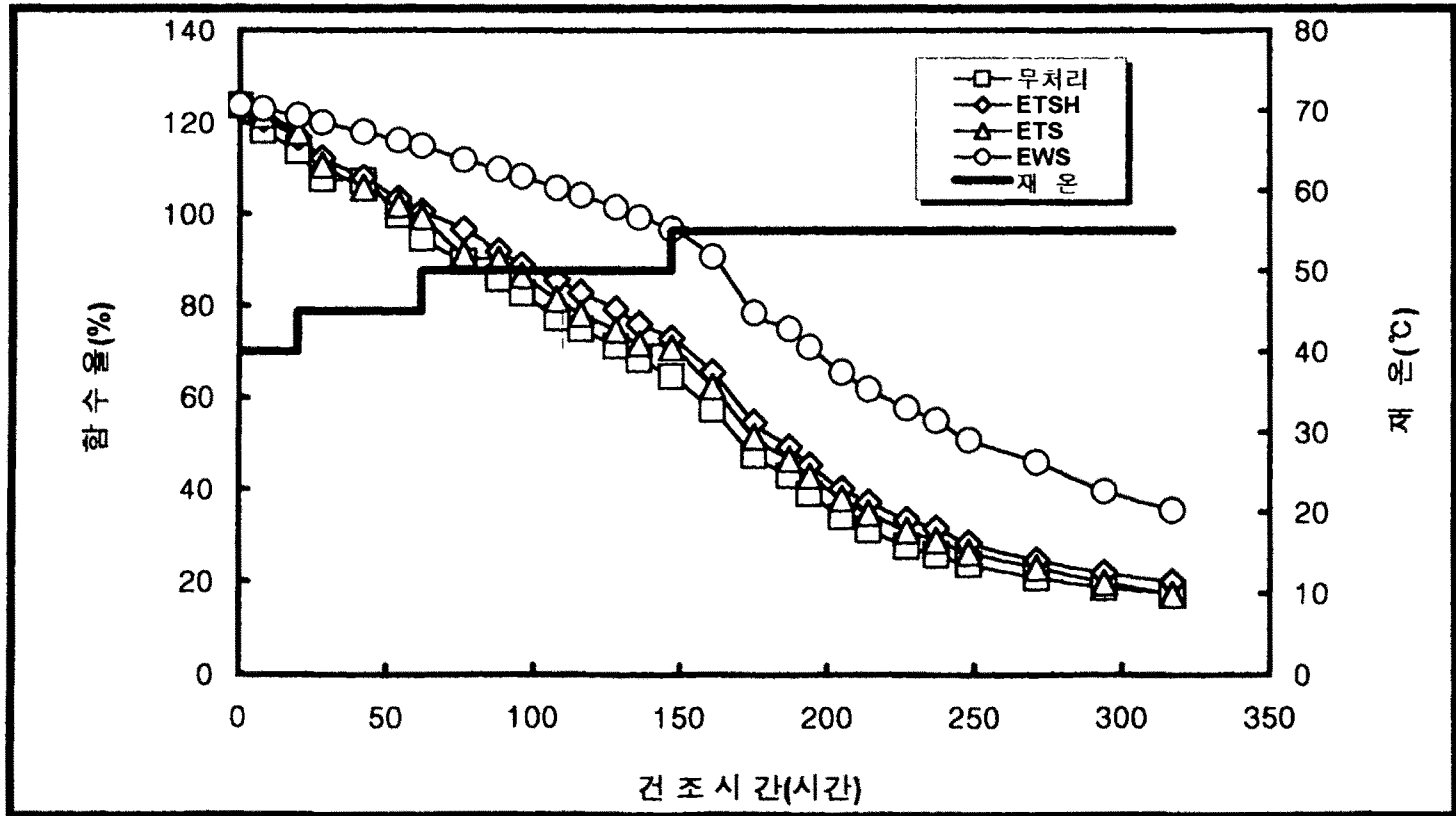


그림 1-11. 두께 50mm 은행나무 원판의 HPP/V건조곡선

Fig. 1-11. HPP/V drying curves for 50mm-thick ginkgo disks.

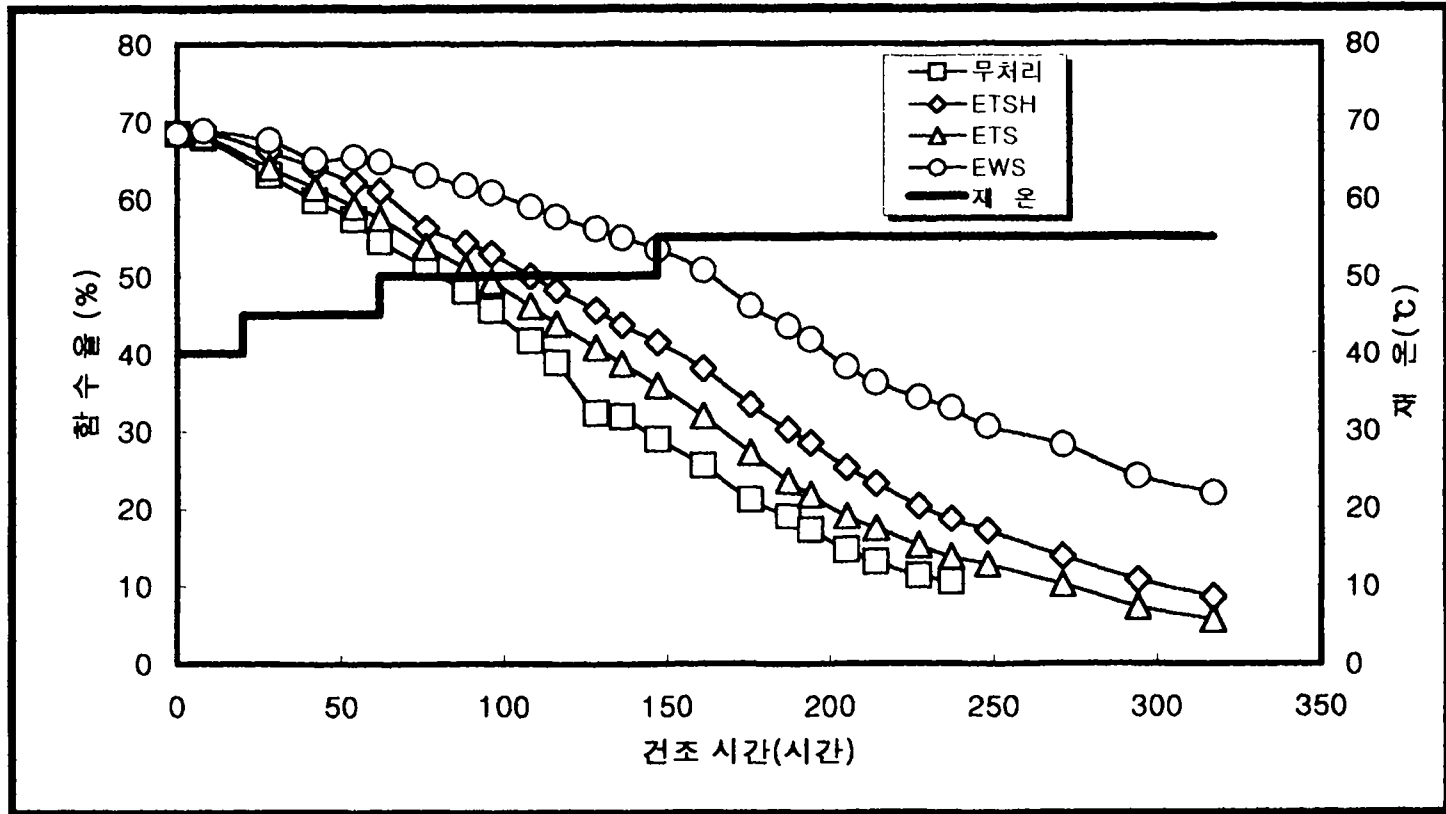


그림 1-12. 두께 75mm 은행나무 원판의 HPP/V건조곡선

Fig. 1-12. HPP/V drying curves for 75mm-thick ginkgo disks.

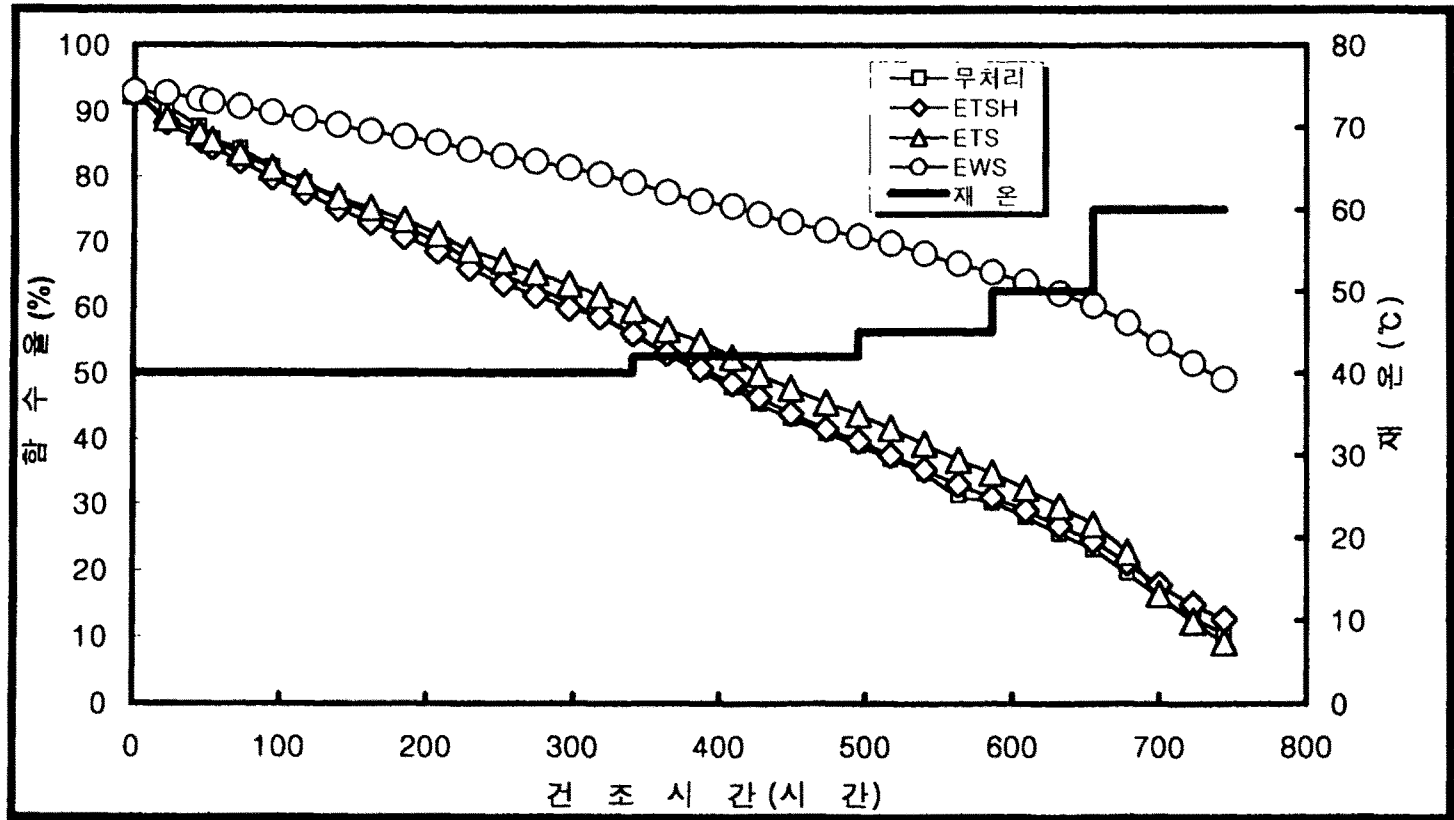


그림 1-13. 두께 100mm 은행나무 원판의 HPP/V건조곡선
Fig. 1-13. HPP/V drying curves for 100mm-thick ginkgo disks.

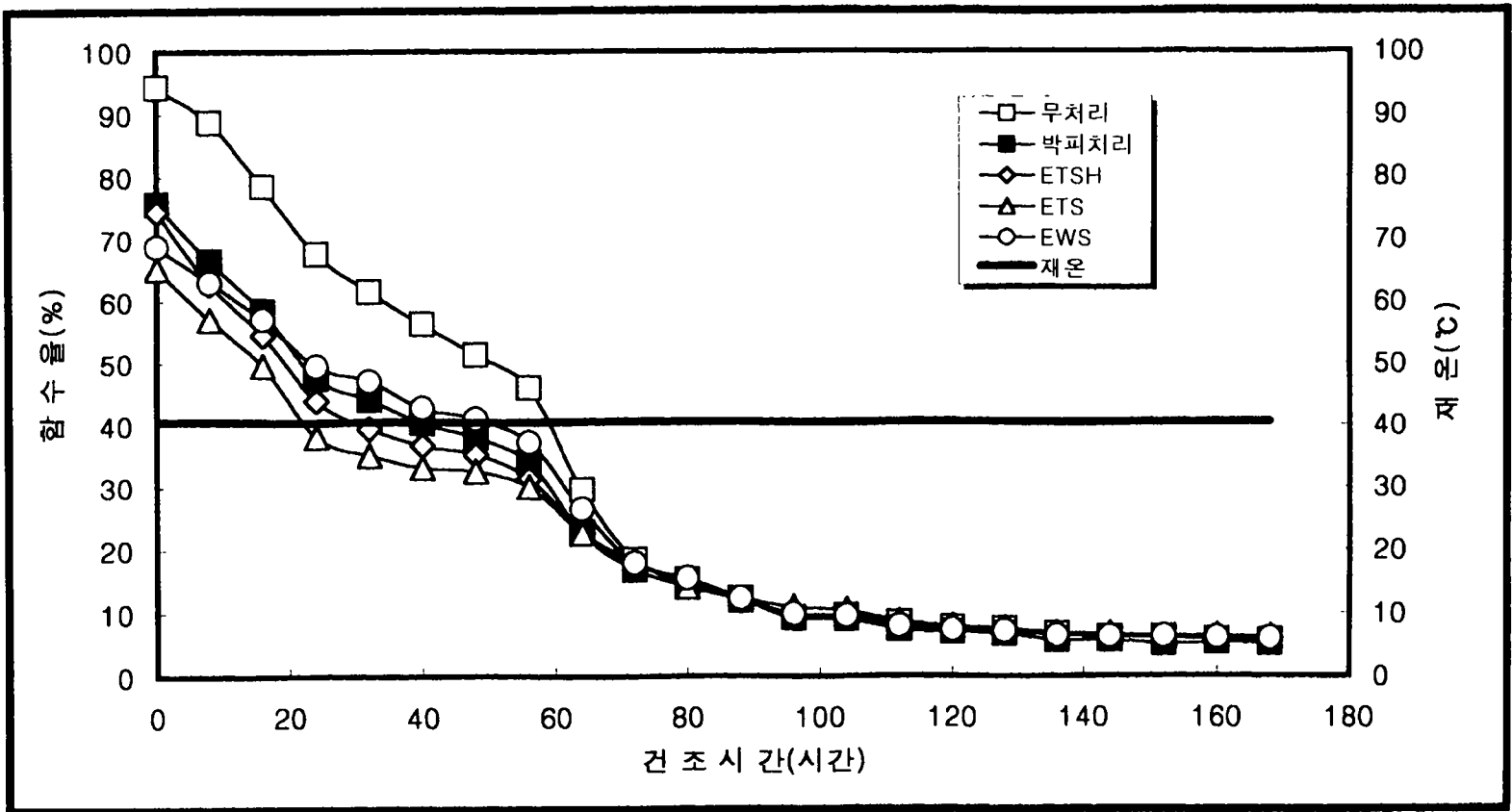


그림 1-14. 두께 50mm 소나무 원판의 RFP/V건조곡선

Fig. 1-14. RFP/V drying curves for 50mm-thick Korean red pine disks.

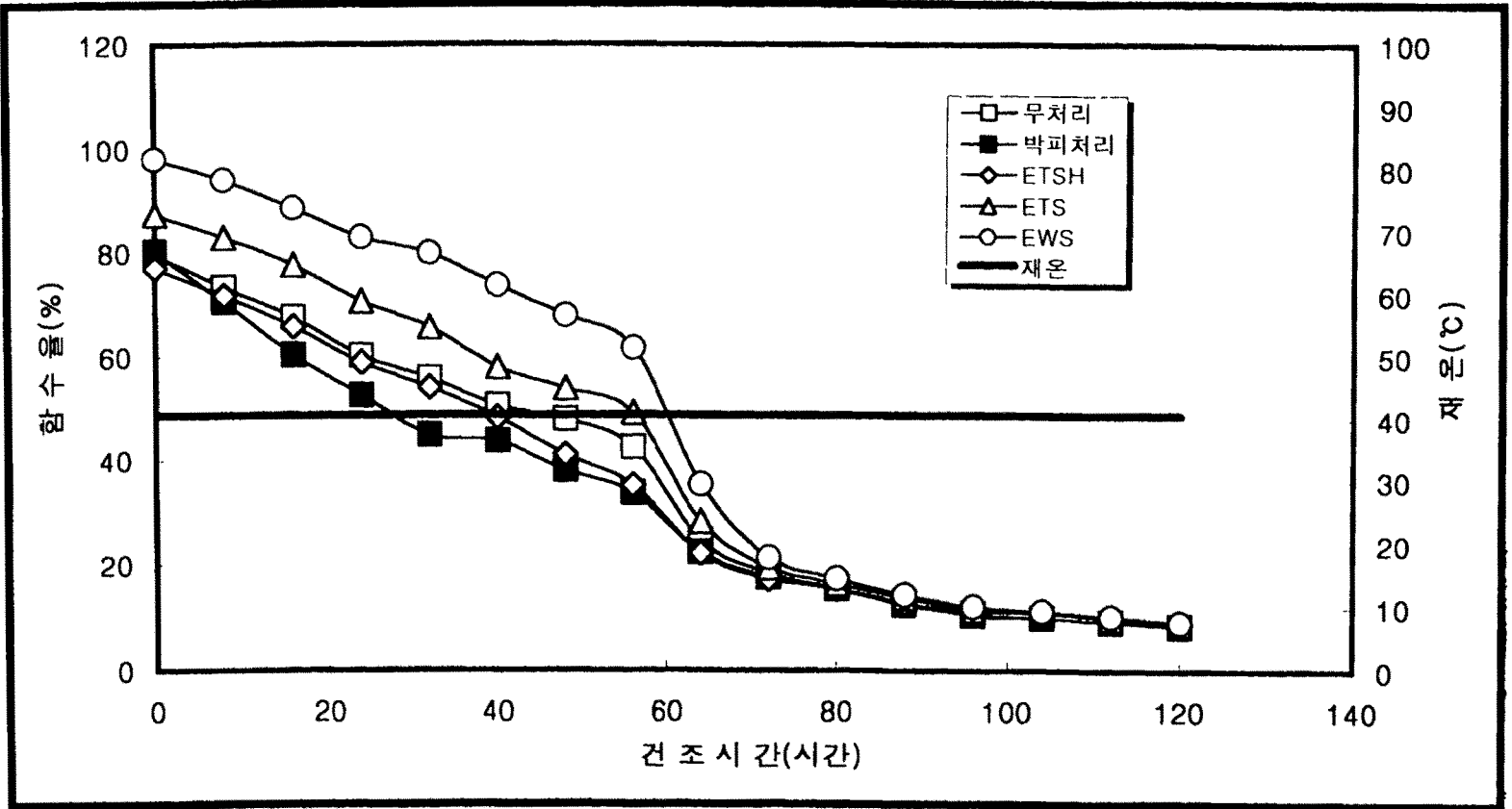


그림 1-15. 두께 75mm 소나무 원판의 RFP/V건조곡선

Fig. 1-15. RFP/V drying curves for 75mm-thick Korean red pine disks.

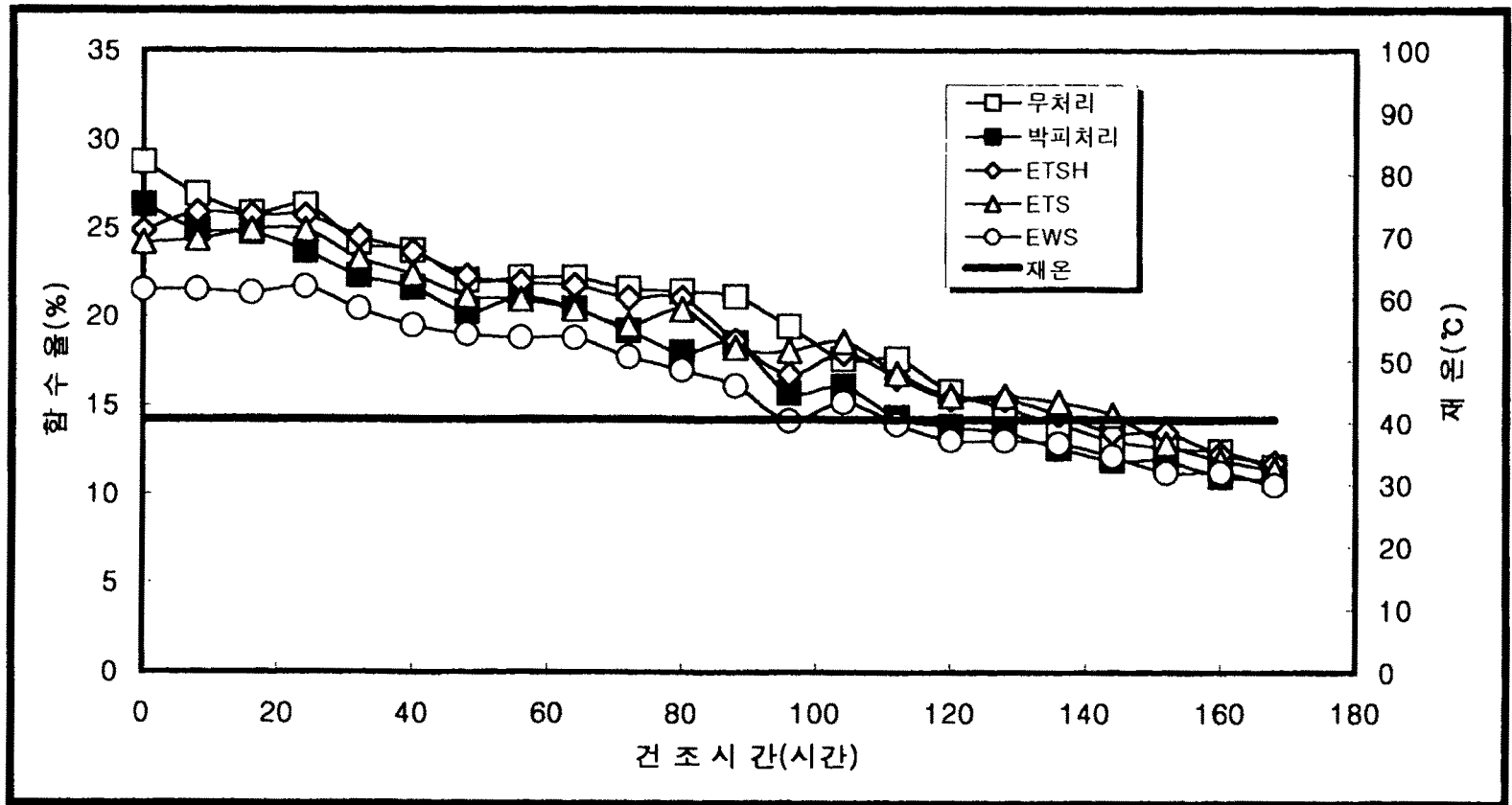


그림 1-16. 두께 100mm 소나무 원판의 RFP/V건조곡선

Fig. 1-16. RFP/V drying curves for 100mm-thick Korean red pine disks.

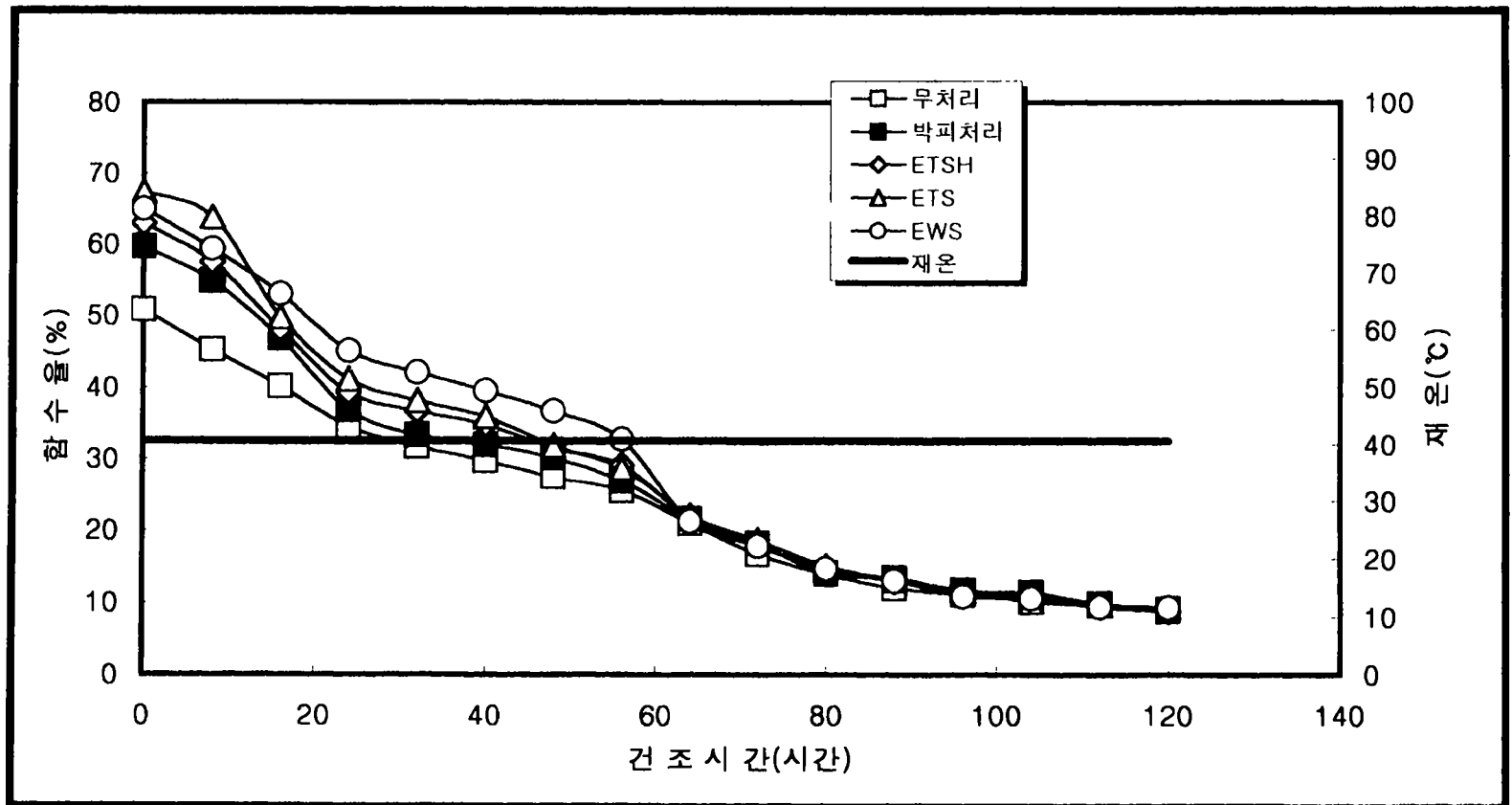


그림 1-17. 두께 50mm 리기다소나무 원판의 RFP/V건조곡선

Fig. 1-17. RFP/V drying curves for 50mm-thick pitch pine disks.

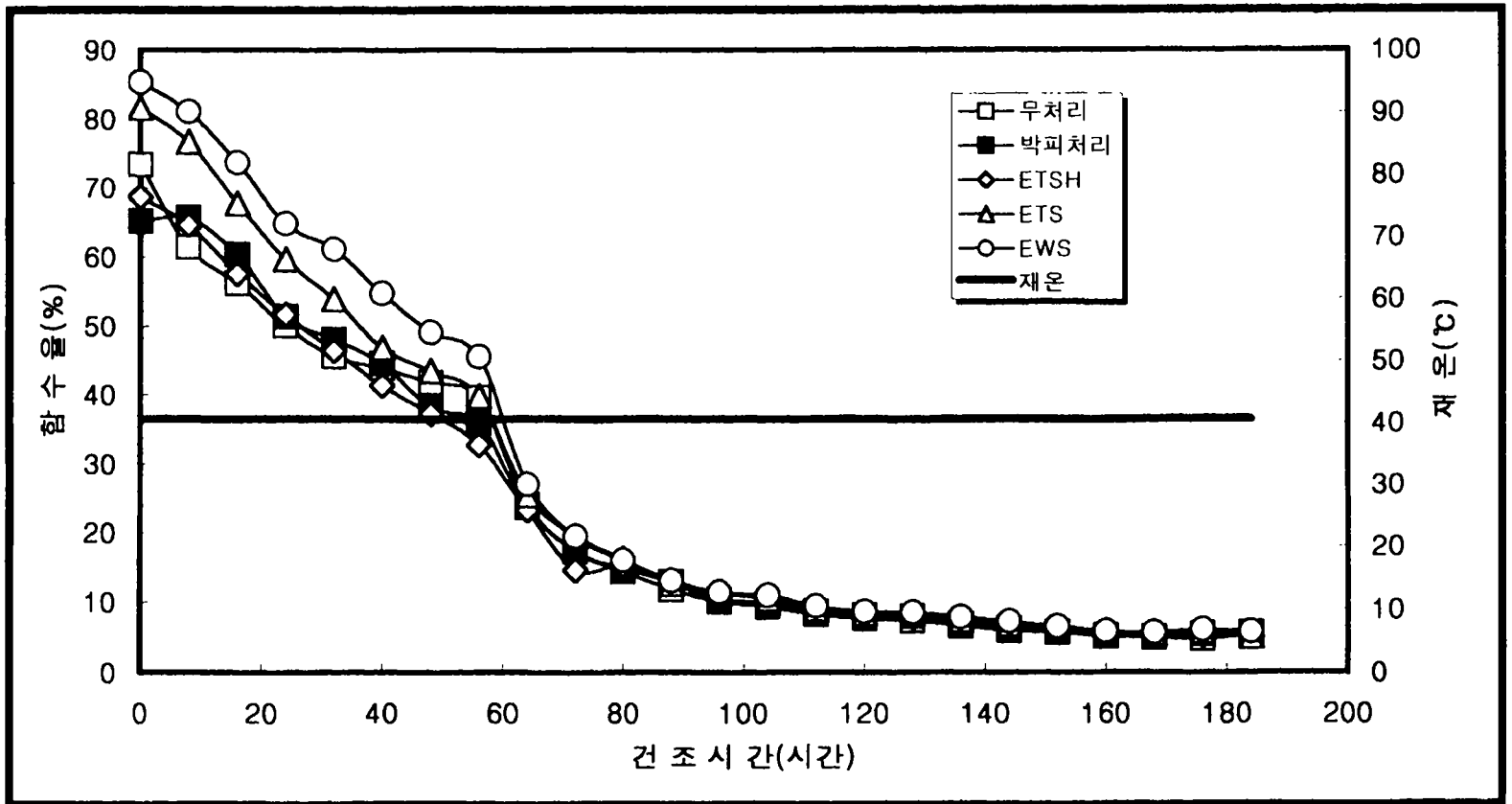


그림 1-18. 두께 75mm 리기다소나무 원판의 RFP/V건조곡선

Fig. 1-18. RFP/V drying curves for 75mm-thick pitch pine disks.

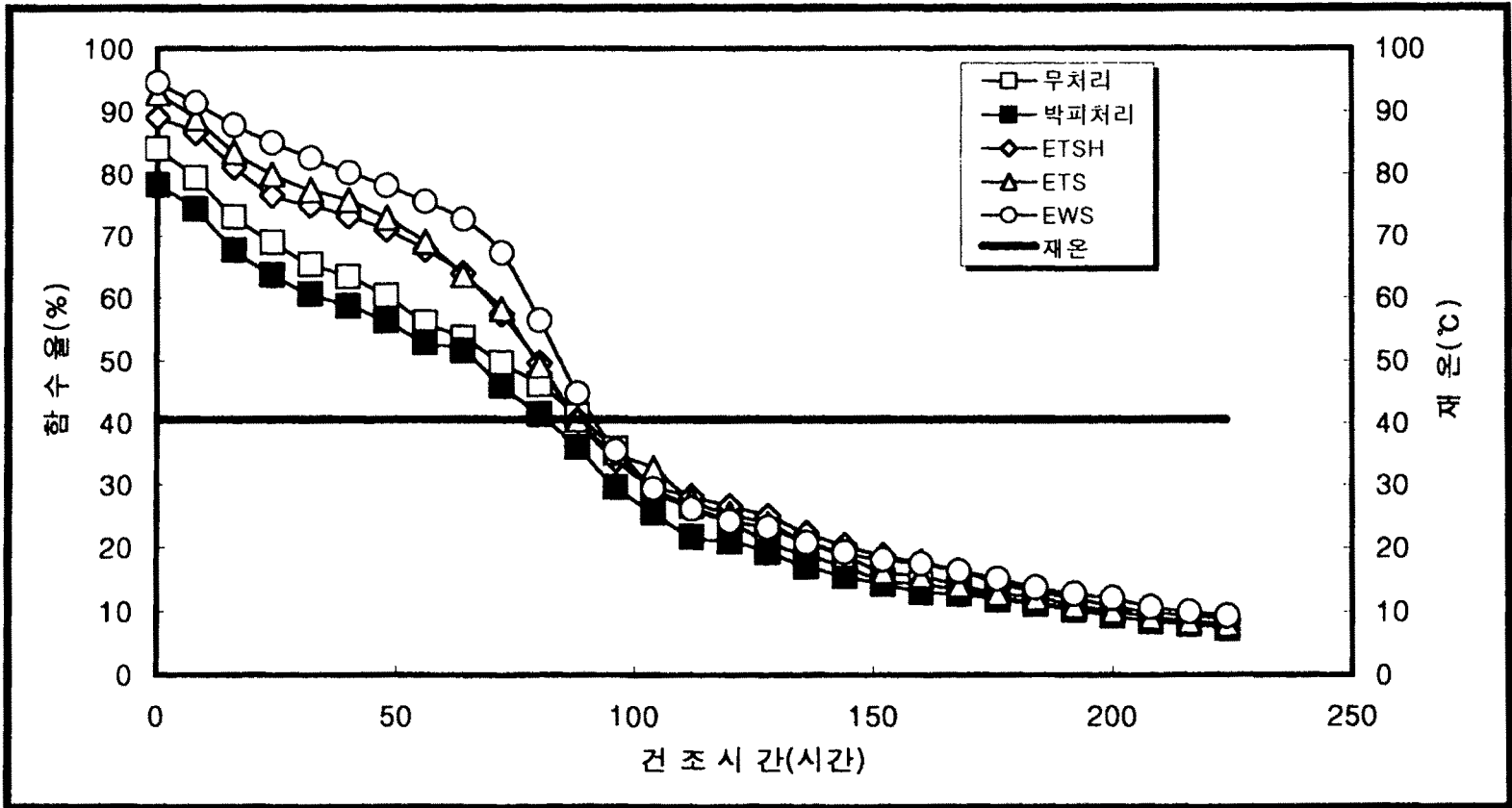


그림 1-19. 두께 100mm 리기다소나무 원판의 RFP/V건조곡선

Fig. 1-19. RFP/V drying curves for 100mm-thick pitch pine disks.

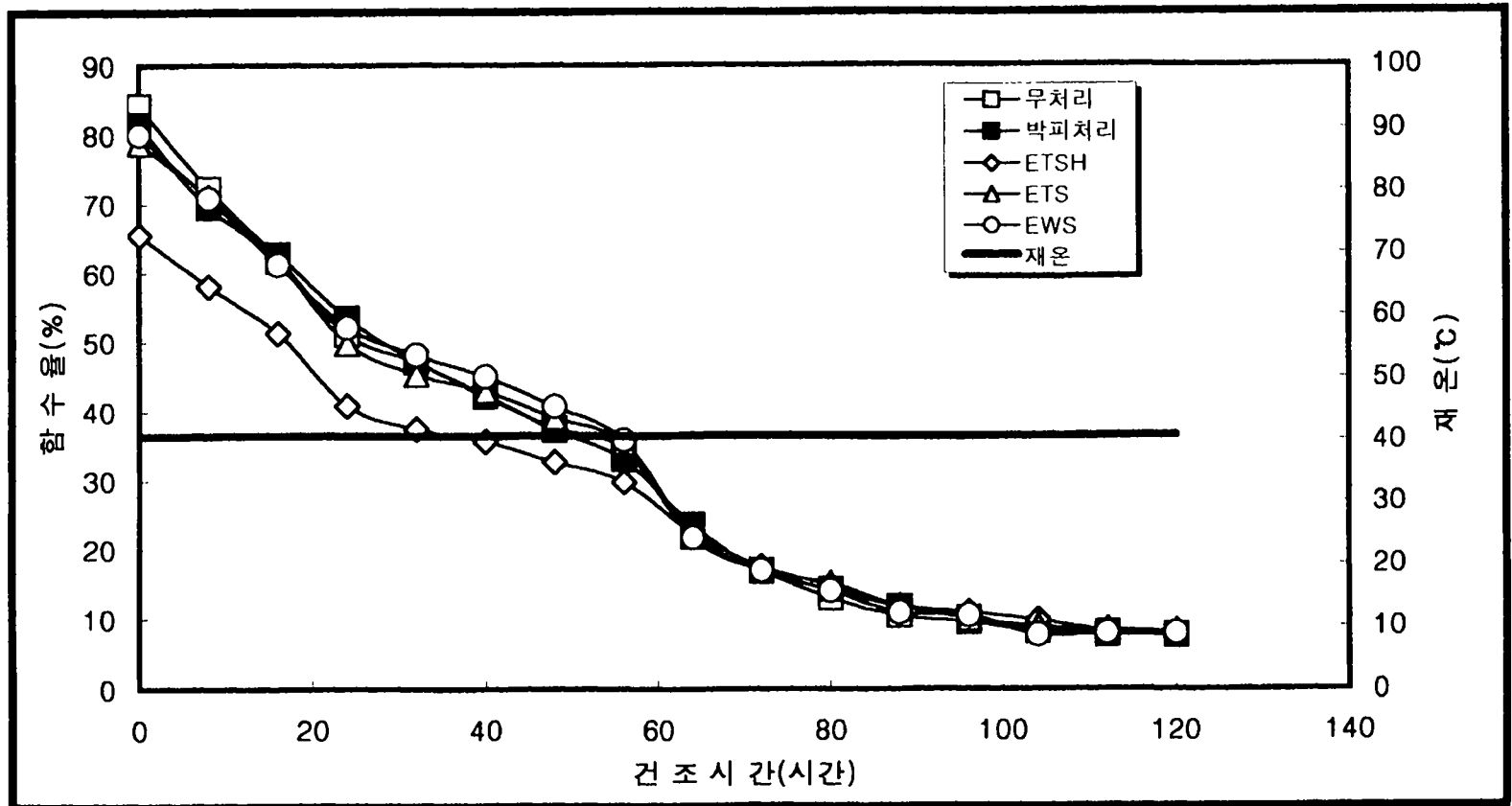


그림 1-20. 두께 50mm 잣나무 원판의 RFP/V건조곡선

Fig. 1-20. RFP/V drying curves for 50mm-thick Korean pine disks.

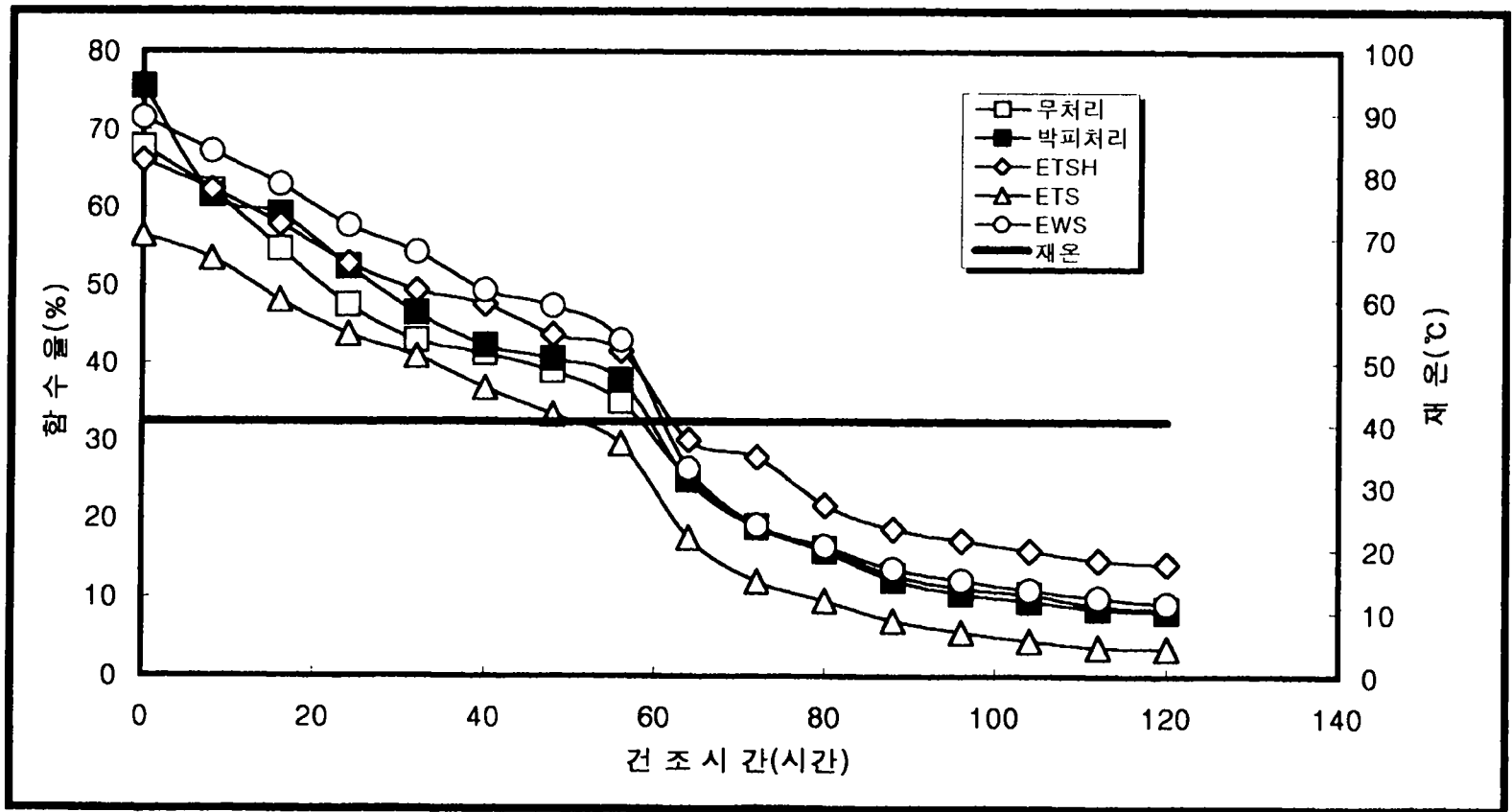


그림 1-21. 두께 75mm 잣나무 원판의 RFP/V건조곡선

Fig. 1-21. RFP/V drying curves for 75mm-thick Korean pine disks.

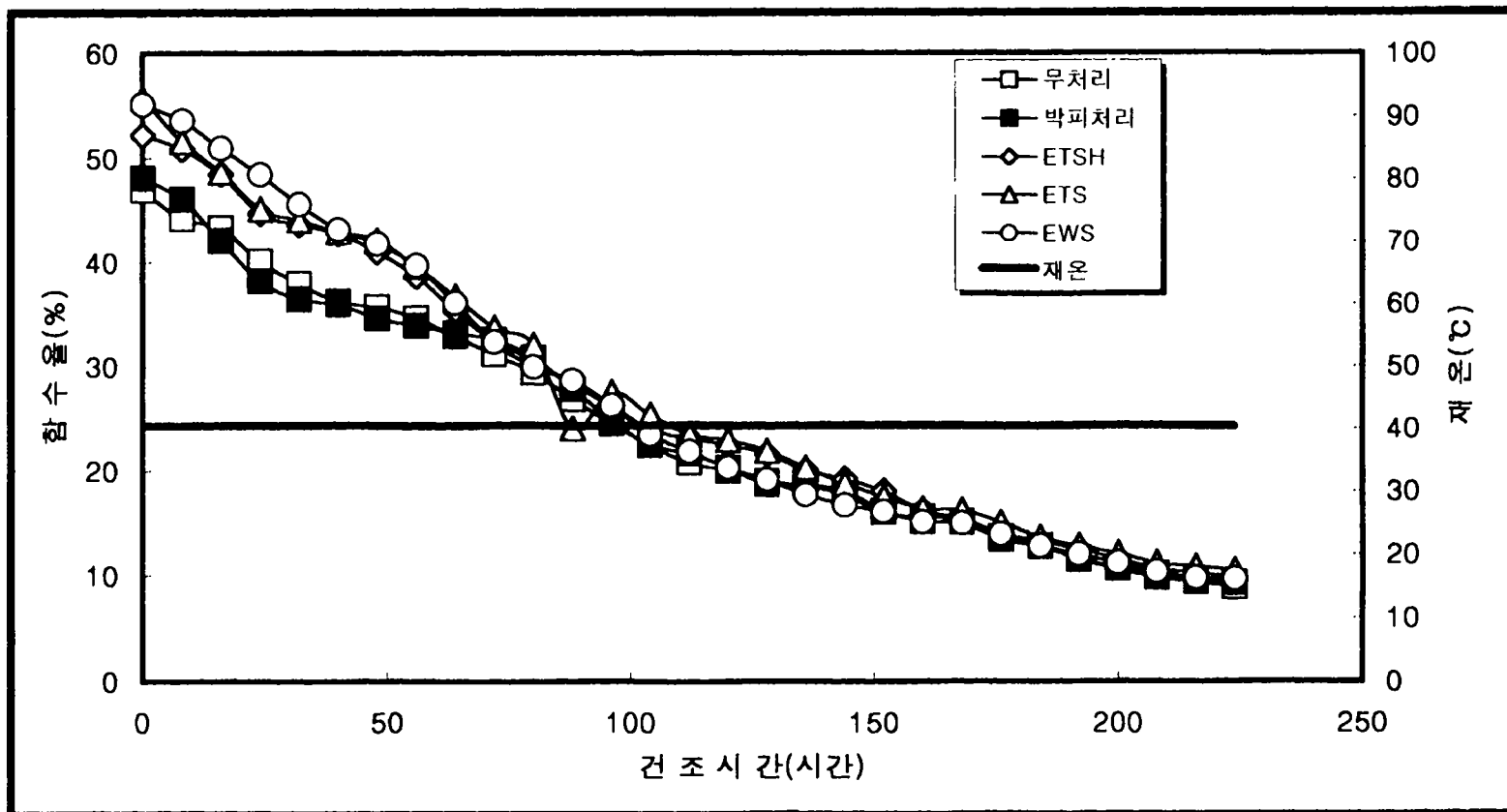


그림 1-22. 두께 100mm 잣나무 원판의 RFP/V건조곡선

Fig. 1-22. RFP/V drying curves for 100mm-thick Korean pine disks.

2. 심재할렬과 변재할렬

가. HPP/V건조

HPP/V건조중 각 공시수종 원판의 심재할렬과 변재할렬의 발생정도를 표 1-5~표 1-8에 나타내었다.

소나무 원판의 경우 전반적으로 심재할렬 및 변재할렬의 발생 갯수와 크기는 경미한 편이었으나, 발생빈도에 있어서는 심재할렬의 경우 최대 40%, 재면할렬의 경우 최대 70%에 이르는 등 양호한 편은 아니었다. 그러나 원판의 두께나 처리에 관계없이 ETSH처리 원판에서는 심재할렬이 전혀 발생하지 않거나 극히 경미하였는데, Lee 등(1992, 1995a, 1995b)은 횡단면의 심재부위를 한지로 테이핑하므로써 섬유방향 수분경사가 완만하게 유지될 수 있었기 때문인 것으로 보고한 바 있다.

일반적으로 원판을 건조할 때 횡단면의 변재부위에서의 할렬발생은 거의 문제가 되지 않는 것으로 보고되어 왔음에도 불구하고, 본 시험에서는 변재할렬의 발생 정도가 심재할렬의 발생 정도보다 오히려 심한 경우가 많았다. 이는 본 시험에서 사용한 공시수종의 경우 변재부의 초기함수율이 심재부의 초기함수율보다 훨씬 높아 건조가 진행되면서 방사방향으로의 수분경사가 형성되었고, 이로 인해 건조초기에 원판 횡단면의 변재부에 접선방향 인장응력이 야기되어 변재부측에 미세할렬들이 쉽게 발생된 것으로 판단된다. 특히 공시원판들의 수피가 박피(剝皮)된 채 건조가 개시되어 접선단면을 통한 수분증발이 가능했던 경우나, 변재율이 매우 작았던 경우, 또는 횡단면의 변재부만이 한지에 의해서 테이핑되었던 ETS처리외의 경우 변재할렬의 발생은 더욱 용이하였을 것으로 해석된다. 원판의 접선단면을 통한 수분증발이 상대적으로 크게 억제되었던 EWS처리의 경우 변재할렬의 발생이 매우 경미하였던 점이나, 동일 원판내에 하나가 아닌 다수의 V형크랙이 발생되었던 점 등도 이러한 해석을 가능케 한다.

따라서 원판건조중에 변재할렬의 발생을 예방하기 위해서는 원판을 박피하지 않고서 건조하는 것이 바람직하고 변재함수율이 심재함수율보다 월등히 큰 경우, 변재율이 지나치게 큰 경우일 때에는 방사방향으로의 수분경사가 형성되지 않도록 적절한 대책을 강구해야할 필요가 있다. 소나무, 리기다소나무 또는 잣나무 등과 재질적 특성이 유사한 것으로 사료되는 일본삼나무의 두께 75mm 원판을 심재할렬이나 변재할렬은 물론 V형크랙 없이 고주파진공건조가 가능하였던 Lee 등(1995b)의 보고를 감안해 볼 때 우리나라산 주요 침엽수재 원판도 고주파진공건조방식, 특히 압체식고주파 진공건조를 적용·검토해 볼 필요가 있을 것으로 판단된다.

리기다소나무의 경우 심재할렬은 전혀 발생하지 않았으나 두께 75mm와

100mm 원판의 경우 원판들의 대부분이 박피된채 건조가 진행되므로써 변재할렬의 발생은 상당히 심한 편이었다.

한편 두께 100mm 잣나무 원판의 경우 전반적으로 심재할렬과 변재할렬 모두 경미한 편이었으나, 박피원판이 전혀 없었음에도 불구하고 무처리와 ETS처리 원판의 경우 변재할렬의 발생율이 각각 40%와 30%를 보였는데, 이는 잣나무의 경우 심재와 변재의 초기함수율 차이가 약 90%에 이를 정도로 극심하여 변재부에 인장응력의 형성이 용이하였고, 횡인장강도가 약한 잣나무의 재질적 특성과 관련하여 변재할렬의 발생은 더욱 쉬워졌던 것으로 생각된다.

은행나무의 경우 모두 심재할렬과 변재할렬 발생정도가 경미하였다. 그러나 다른 수종과는 달리 윤활이 일부 발생된 경우가 있었는데, Lee 등 (1992)은 은행나무의 경우 접선단면상에 존재하는 엽흔(leaf trace) 때문에 연륜층간에 조직적 결합력이 약하여 건조중 윤활의 발생이 빈번한 것으로 보고한 바 있다.

나. RFP/V건조

연속RFP/V건조 원판의 각 공시수종별 심재할렬과 변재할렬의 발생정도를 표1-9~표1-12에 각각 나타내었다.

소나무 원판의 심재할렬의 발생정도는 두께 50mm는 다소 심한 편이고, 두께 75mm원판은 경미, 두께 100mm원판은 거의 없는 것으로 나타났다. 이는 두께 50mm원판의 건조실험이 본격적인 겨울철인 12월 중순에 실시된 관계로 원판에서 증발된 수분이 차가운 차습판에 부딪히면서 많은 량의 결로가 발생하였고, 이 응축수가 다시 차습판 아래에 놓여 있는 원판의 상부측 횡단면만을 흡습시켜 이 횡단면은 고함수율상태를 유지한 반면에 반대쪽 하부횡단면은 비교적 용이하게 수분증발이 이루어졌다. 이로 말미암아 상·하 두 횡단면간에 큰 수분경사가 형성되므로써 심재할렬 또는 변재할렬의 발생이 다소 심했던 것으로 판단된다. 반면 가을철에 건조실험을 실시하였던 두께 75mm 원판과 두께 100mm원판에서는 이러한 문제가 발생하지 않아 심재할렬이나 변재할렬 모두 그 발생정도가 거의 없거나 경미한 편이었다. 리기다소나무나 잣나무 및 은행나무등의 원판에서도 처리나 두께에 의한 영향보다는 결로의 발생여부가 심재할렬이나 변재할렬의 발생정도에 크게 영향하는 것으로 나타났다. 물론 이는 본 실험에서는 과학적인 데이터를 얻지 못하였으나, 본 연구자에 의해서 수행된 일련의 추가연구를 통해서 입증되었다. 따라서 단순히 RFP/V건조방식이 심재할렬이나 변재할렬의 발생없이 원판을 건조시킬수 있는 절대적인것이 아니고, 원목의 저목상

태, 차습판과 배기망의 활용 및 건조시의 경로 예방을 위한 벽체의 보온 등에도 세심한 주의가 필요하다. 이러한 것이 적절한 상황에서 각종 전 처리나 건조조건 조절 등을 통한 건조수율 향상을 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

심재할렬이 매우 심하게 발생하였던 잣나무 두께 50mm 와 두께 75mm 원판을 제외한 나머지 경우에는 ETSH처리에 의해서 심재할렬이 어느 정도 예방되어지는 것으로 나타났다. 이는 역시 표면의 수분증발속도를 지연시키므로써 표층과 내층간에 수분경사를 완만하게 유지할 수 있었기 때문인 것으로 판단된다.

표 1-5. 소나무 원판의 HPP/V건조중 심재할렬 및 변재할렬의 발생빈도와 원판 1개당 총 발생개수 및 총 길이

Table 1-5. Frequencies of the tree disks with heart checks or sapwood checks and their numbers and lengths per Korean red pine disk after HPP/V drying.

두께(mm)	처리	심재할렬			변재할렬		
		발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)	발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)
50	무처리	30	0.4	1.1	20	0.2	1.6
	ETSH	10	0.1	0.3	20	0.3	1.1
	ETS	30	0.4	1.3	20	0.3	1.9
	EWS	40	0.4	2.0	없음	없음	없음
75	무처리	40	0.6	2.9	20	0.7	2.2
	ETSH	10	0.1	0.5	40	0.6	1.9
	ETS	10	0.1	1.0	30	0.5	1.1
	EWS	40	0.5	2.3	10	0.1	0.2
100	무처리	없음	없음	없음	70	1.8	6.6
	ETSH	없음	없음	없음	30	0.6	1.4
	ETS	없음	없음	없음	30	0.5	1.5
	EWS	없음	없음	없음	10	0.1	0.5

표 1-6. 리기다소나무 원판의 HPP/V건조중 심재할렬 및 변재 할렬의 발생 빈도와 원판 1개당 총 발생개수 및 총 길이

Table 1-6. Frequencies of the tree disks with heart checks or sapwood checks and their numbers and lengths per pitch pine disk after HPP/V drying.

두께(mm)	처리	심재할렬			변재할렬		
		발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)	발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)
50	무처리	없음	없음	없음	없음	없음	없음
	ETSH	없음	없음	없음	없음	없음	없음
	ETS	없음	없음	없음	없음	없음	없음
	EWS	없음	없음	없음	없음	없음	없음
75	무처리	없음	없음	없음	70	2.8	7.3
	ETSH	없음	없음	없음	80	3.0	7.5
	ETS	없음	없음	없음	60	1.8	3.9
	EWS	없음	없음	없음	50	2.0	5.7
100	무처리	없음	없음	없음	70	2.6	7.3
	ETSH	없음	없음	없음	80	3.0	10.4
	ETS	없음	없음	없음	80	3.1	9.6
	EWS	없음	없음	없음	20	0.4	1.5

표 1-7. 잣나무 원판의 HPP/V건조중 심재할렬 및 변재할렬의 발생빈도와 원판 1개당 총 발생개수 및 총 길이

Table 1-7. Frequencies of the tree disks with heart checks or sapwood checks and their numbers and lengths per 100mm-thick Koran pine disk after HPP/V drying.

처리	심재할렬			변재할렬		
	발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)	발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)
무처리	없음	없음	없음	40	0.8	2.3
ETSH	없음	없음	없음	10	0.1	0.2
ETS	10	0.1	0.5	30	0.6	1.3
EWS	20	0.1	0.8	없음	없음	없음

표 1-8. 은행나무 원판의 HPP/V 건조중 심재할렬 및 변재할렬의 발생빈도와 원판 1개당 총 발생개수 및 총 길이

Table 1-8. Frequencies of the tree disks with heart checks or sapwood checks and their numbers and lengths per ginkgo disk after HPP/V drying.

두께(mm)	처리	심재할렬			변재할렬		
		발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)	발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)
50	무처리	없음	없음	없음	10	0.1	0.3
	ETSH	10	0.2	0.1	40	0.4	1.4
	ETS	없음	없음	없음	10	0.1	0.7
	EWS	없음	없음	없음	10	0.1	0.4
75	무처리	없음	없음	없음	없음	없음	없음
	ETSH	없음	없음	없음	14	0.1	0.8
	ETS	28.5	0.7	1.9	14	0.4	1.2
	EWS	없음	없음	없음	없음	없음	없음
100	무처리	없음	없음	없음	없음	없음	없음
	ETSH	없음	없음	없음	없음	없음	없음
	ETS	없음	없음	없음	없음	없음	없음
	EWS	없음	없음	없음	없음	없음	없음

표 1-9. 연속RFP/V건조 소나무 원판의 심재할렬과 변재할렬 발생 정도

Table 1-9. Frequencies of the tree disks with heart checks or sapwood checks and their numbers and lengths per Korean red pine disk after continuous RFP/V drying.

두께(mm)	처리	심재할렬			변재할렬		
		발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)	발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)
50	무 처리	100	3.0	11.9	100	23.0	52.3
	박피처리	60	1.8	7.1	100	10.4	28.0
	ETSH	40	2.6	9.1	100	13.8	25.3
	ETS	100	3.4	14.4	100	17.2	46.2
	EWS	60	2.6	12.9	80	14.0	32.2
75	무 처리	20	1.0	1.6	100	13.2	29.4
	박피처리	40	1.8	5.0	100	11.6	26.1
	ETSH	40	0.4	1.4	60	5.8	18.9
	ETS	40	0.8	1.5	60	4.4	13.3
	EWS	40	0.4	1.0	20	0.4	20
100	무 처리	없음	없음	없음	75	2.8	5.7
	박피처리	25	1.3	4.7	75	5.5	7.4
	ETSH	없음	없음	없음	50	4.8	14.7
	ETS	없음	없음	없음	75	1.3	2.3
	EWS	없음	없음	없음	25	0.3	0.5

표 1-10. 연속RFP/V건조 리기다소나무 원판의 심재할렬과 변재 할렬 발생 정도

Table 1-10. Frequencies of the tree disks with heart checks or sapwood checks and their numbers and lengths per pitch pine disk after continuous RFP/V drying.

두께(mm)	처리	심재할렬			변재할렬		
		발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)	발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)
50	무처리	80	2.6	8.7	100	17.0	53.1
	박피처리	60	1.4	4.3	80	16.0	36.6
	ETSH	40	0.8	2.6	100	9.8	31.4
	ETS	60	1.2	3.1	100	13.8	38.0
	EWS	33	1.0	2.5	100	9.0	24.2
75	무처리	없음	없음	없음	없음	없음	없음
	박피처리	없음	없음	없음	없음	없음	없음
	ETSH	없음	없음	없음	17	0.2	0.3
	ETS	없음	없음	없음	34	0.3	0.6
	EWS	없음	없음	없음	없음	없음	없음
100	무처리	없음	없음	없음	100	4.0	13.2
	박피처리	없음	없음	없음	25	2.0	5.5
	ETSH	25	0.3	0.6	25	0.3	1.6
	ETS	25	0.3	0.5	50	2.0	6.1
	EWS	25	0.5	0.8	25	0.7	3.6

표 1-11. 연속RFP/V건조 잣나무 원판의 심재할렬과 변재할렬 발생 정도
 Table 1-11. Frequencies of the tree disks with heart checks or sapwood checks and their numbers and lengths per Korean pine disk after continuous RFP/V drying.

두께(mm)	처 리	심재할렬			변재할렬		
		발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)	발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)
50	무 처 리	80	5.8	17.5	100	4.2	10.1
	박피처리	80	5.6	20.4	80	4.6	10.6
	ETSH	100	5.5	20.8	50	1.3	4.4
	ETS	100	9.3	32.4	100	4.3	10.9
	EWS	100	8.3	24.0	100	6.0	13.6
75	무 처 리	100	5.7	12.2	83	2.0	6.7
	박피처리	83	6.8	11.8	100	2.3	3.9
	ETSH	100	5.2	11.2	100	2.5	5.4
	ETS	100	6.3	12.3	50	1.7	1.8
	EWS	67	1.2	2.3	67	4.3	8.3
100	무 처 리	없음	없음	없음	없음	없음	없음
	박피처리	25	0.3	0.4	50	0.5	0.8
	ETSH	없음	없음	없음	25	0.3	1.1
	ETS	25	0.3	0.4	25	0.3	0.6
	EWS	없음	없음	없음	없음	없음	없음

표 1-12. 연속RFP/V건조 은행나무 원판의 심재할렬과 변재할렬 발생 정도
 Table 1-12. Frequencies of the tree disks with heart checks or sapwood checks and their numbers and lengths per ginkgo disk after continuous RFP/V drying.

두께(mm)	처리	심재할렬			변재할렬		
		발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)	발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)
50	무 처리	없음	없음	없음	55	2.1	5.8
	박피처리	없음	없음	없음	22	1.1	3.3
	ETSH	없음	없음	없음	33	1.3	4.3
	ETS	없음	없음	없음	56	1.9	5.7
	EWS	없음	없음	없음	56	3.7	14.7
75	무 처리	없음	없음	없음	40	1.8	3.3
	박피처리	없음	없음	없음	20	0.2	0.8
	ETSH	없음	없음	없음	60	1.2	7.8
	ETS	없음	없음	없음	20	0.2	0.8
	EWS	없음	없음	없음	없음	없음	없음
100	무 처리	없음	없음	없음	33	0.3	0.8
	박피처리	없음	없음	없음	없음	없음	없음
	ETSH	없음	없음	없음	없음	없음	없음
	ETS	없음	없음	없음	없음	없음	없음
	EWS	없음	없음	없음	없음	없음	없음

3. V형 크랙

가. HPP/V건조

HPP/V건조원판의 각 공시수종별 V형크랙의 발생정도를 표1-13~표 1-16에 나타내었다.

소나무, 리기다소나무 및 잣나무의 경우 V형크랙의 발생 정도가 매우 심한 편이었다. EWS처리 원판의 경우 나머지 처리 원판들에 비해서 상당히 경미한 경우가 있었으나 건조종료시 최종함수율이 17~50% 범위의 고함수율인 문제가 있었다. 이들 수종의 경우 V형크랙의 발생이 심하였던 것은 대부분의 원판이 박피된 상태에서 건조가 개시되므로써 원판의 접선단면을 통한 수분증발이 가능하였던 점, 변재부의 초기함수율이 심재의 초기함수율보다 상당히 컸었던 점, 그리고 고함수율의 변재부가 횡단면상에서 점유하는 비율이 컸었던 점 등이 그 원인으로 지적될 수 있다. 이 때문에 건조가 진행됨에 따라 방사방향으로의 수분경사가 형성되고, 건조초기에 변재부에 접선방향 인장응력이 발생되어 미세할렬이 다수 발생하게 되었고, 이 부위에 건조후기에 나타나기 시작하는 이방성 수축응력이 집중되므로써 V형크랙이 몹시 심하게 발생되었던 것으로 해석된다. 특히 원목이 박피된채 대기중에서 장기간 저목되었을 경우 접선단면상에 이미 상당수의 미세할렬들이 존재한다면 V형크랙은 더욱 쉽게 발생될 수 있을 것으로 생각된다. 이러한 설명은 일반적으로 원판건조에서 거의 관찰되지 않는 변재할렬의 발생이라든가, 한 원판내에 여러개의 V형크랙이 발생된 점, 그리고 접선단면을 통한 수분증발이 거의 억제된 EWS처리 원판에서도 V형크랙이 발생된 점 등에서도 뒷받침된다. 이러한 원인들 외에도 활엽수재에 비해서 강도가 약한 침엽수재의 재질특성도 V형크랙의 발생을 가속화시킨 한 원인으로 생각해 볼 수 있다. 따라서 침엽수재 원판들을 V형크랙에 의한 손상 없이 건조하기 위해서는 박피되지 않도록 저목하거나, 또는 선삭가공품의 가공공정을 원판건조후에 귀도리하는 순서로 바꾸는 것이 바람직할 것으로 생각되며, 아울러 변재부의 생재함수율이 심재부보다 훨씬 크기 때문에 변재부 횡단면을 통한 수분증발을 억제하는 처리는 바람직스럽지 않은 것으로 판단된다. 또한 본 실험에서 사용한 HPP/V건조기의 경우 유연한 고무시트로 이루어진 상부덮개에 의해 건조기 내부에 잔적된 원판에 약 $10,000\text{kgf/m}^2$ 의 기계적 압체력이 가해지므로써 건조중 원판의 횡단방향 수축이 상당량 억제될 수 있어 V형크랙 예방에 유리할 것으로 기대되어지므로, 건조중에 진공상태를 해제하여 원판의 건조중 무게를 평량하는 것 또한 바람직스럽지 않다. 따라서 건조종료시까지 연속적인 진공하에서 건조를 마무리하는 것이 이미 형성되어 있는 이방성수축응력의 기동을 억제하는데 유리할 것

으로 생각된다.

한편 은행나무의 경우 다른 수종들과는 달리 두께 75mm와 100mm 원판에서는 V형크랙이 전혀 발생하지 않았고, 두께 50mm 원판에서도 그 발생정도는 매우 경미하였다. Lee 등(1991)은 은행나무의 경우 접선방향과 방사방향간의 수축율의 차이가 적은 재질적 특성때문에 V형크랙에 의한 손상 위험성이 적은 것으로 보고한 바 있다. 이상의 결과로 미루어 볼 때 은행나무를 목공예용 원판으로 대체하는데 있어서 건조가공상의 문제는 진공건조 방식을 적용함으로써 해결가능한 것으로 평가된다.

나. RFP/V건조

RFP/V건조 원판의 각 공시수종별 V형크랙의 발생정도는 각각 표 1-17~표 1-20과 같다.

소나무 두께 75mm와 두께 100mm 원판의 경우 V형크랙의 발생정도가 경미하였으나 두께 50mm 원판에서는 다소 심하게 나타났다. 이는 두께 50mm 원판의 경우 건조초기에 변재할렬이 심하게 발생하였고, 건조후기에 형성되는 이방성 수축응력이 변재할렬에 집중되므로써 V형크랙이 보다 민감하게 발생된 것으로 보고된 바 있다(Lee 등 1995, 1996).

Lee(미발표)는 소나무 75mm 원판을 건조중 결로의 발생을 예방할 수 있는 RFP/V건조기에서 건조한 결과 변재할렬과 V형크랙에 의한 손상이 없이 건조할 수 있음을 확인한 바 있다.

은행나무의 경우 V형크랙이 거의 없거나 매우 경미하였다. 이는 은행나무 고유의 재질특성(Lee 등 1991)과 건조중 변재할렬이 거의 발생하지 않았기 때문인 것으로 생각된다. 그러나 박피처리원판은 V형크랙이 비교적 심하게 나타났는데, 이는 역시 원판의 접선단면을 통한 수분증발로 방사방향의 수분경사가 형성되고, 이로 인해 건조초기에 접선단면상에 어느정도의 접선방향 인장응력이 발현되기 때문인 것으로 사료된다. 나머지 수종들에 있어서도 박피처리 원판에서는 V형크랙의 발생이 더욱 심하였다.

잣나무 원판은 두께나 처리에 관계없이 V형크랙이 매우 심하게 발생하였다. 이는 건조초기에 심하게 발생된 변재할렬에도 그 원인이 있지만 잣나무재의 강도가 낮은 재질특성과도 밀접한 연관이 있을 것으로 생각된다.

한편 EWS처리에 의한 V형크랙 예방효과는 본 연구에서는 크지 않은 것으로 나타났으나, 원목의 양호한 저목상태, 적절한 잔적 및 건조중 결로방지 등의 대책이 선행된다면 EWS처리에 의한 V형 크랙 예방효과가 발현될 것으로 기대되며 이에 관한 보다 심도있는 연구가 요망된다.

표 1-13. 소나무 원판의 HPP/V건조중 V형크랙의 발생빈도와 원판 1개당 총 발생개수 및 총 길이

Table 1-13. Frequencies of the tree disks with V-cracks and their numbers and lengths per Korean red pine disk after HPP/V drying.

처리	두께 50mm			두께 75mm			두께 100mm		
	발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)	발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)	발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)
무처리	100	1.7	13.8	100	2.6	19.0	100	5.6	34.1
ETSH	100	2.4	19.5	100	3.3	22.8	100	6.3	26.7
ETS	100	1.9	15.6	100	3.5	21.1	100	5.3	30.0
EWS	90	1.4	94.9	70	1.7	83.5	25	0.3	14.5

표 1-14. 리기다소나무 원판의 HPP/V건조중 V형크랙의 발생빈도와 원판 1개당 총 발생개수 및 총 길이

Table 1-14. Frequencies of the tree disks with V-cracks and their numbers and lengths per pitch pine disk after HPP/V drying.

처리	두께 50mm			두께 75mm			두께 100mm		
	발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)	발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)	발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)
무처리	100	5.6	22.5	70	2.1	7.7	90	3.7	18.9
ETSH	100	5.0	22.4	90	3.4	13.8	100	3.4	17.8
ETS	100	5.8	22.2	100	2.0	9.4	100	4.3	21.1
EWS	10	0.1	0.3	20	0.2	1.1	20	0.3	0.9

표 1-15. 잣나무 두께 100mm 원판의 HPP/V건조중 V형크랙의 발생 빈도와 원판 1개당 총 발생개수 및 총 길이

Table 1-15. Frequencies of the tree disks with V-cracks and their numbers and lengths per 100mm-thick Korean pine disk after HPP/V drying.

처리	발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)
무처리	80	1.9	10.1
ETSH	70	1.3	6.9
ETS	70	1.1	6.6
EWS	없음	없음	없음

표 1-16. 은행나무 원판의 HPP/V건조중 V형크랙의 발생빈도와 원판 1개당 총 발생개수 및 총 길이

Table 1-16. Frequencies of the tree disks with V-cracks and their numbers and lengths per ginkgo disk after HPP/V drying.

처리	두께 50mm			두께 75mm			두께 100mm		
	발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)	발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)	발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)
무처리	20	0.4	2.3	없음	없음	없음	없음	없음	없음
ETSH	30	0.3	1.8	없음	없음	없음	없음	없음	없음
ETS	10	0.1	0.5	없음	없음	없음	없음	없음	없음
EWS	10	0.1	0.1	없음	없음	없음	없음	없음	없음

표 1-17. 연속RFP/V건조 소나무 원판의 V형크랙 발생빈도(%), 총 개수 및 총 길이

Table 1-17. Frequencies of the tree disks with V-cracks and their numbers and lengths per Korean red pine disk after continuous RFP/V drying.

치 리	두께 50mm			두께 75mm			두께 100mm		
	발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)	발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)	발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)
무 처 리	80	1.0	9.0	40	1.2	8.3	25	0.3	2.1
박피처리	100	3.2	16.4	80	3.8	21.7	100	3.0	14.9
ETSH	60	1.0	6.1	80	0.8	7.5	50	0.5	3.1
ETS	100	1.2	8.9	20	0.2	1.2	없음	없음	없음
EWS	40	0.4	4.0	없음	없음	없음	25	0.3	2.2

표 1-18. 연속RFP/V건조 리기다소나무 원판의 V형크랙 발생 빈도 (%), 총 개수 및 총길이

Table 1-18. Frequencies of the tree disks with V-cracks and their numbers and lengths per pitch pine disk after continuous RFP/V drying.

치 리	두께 50mm			두께 75mm			두께 100mm		
	발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)	발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)	발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)
무 처 리	60	1.0	6.8	100	2.3	9.9	100	3.0	12.8
박피처리	100	2.6	11.0	100	3.5	12.7	100	2.5	8.1
ETSH	60	1.0	6.5	100	1.8	8.6	75	2.8	10.7
ETS	60	0.6	4.1	100	1.7	6.9	75	2.0	10.9
EWS	100	1.0	5.5	67	0.8	4.5	50	0.8	4.1

표 1-19. 연속RFP/V건조 잣나무 원판의 V형크랙 발생빈도 (%), 총개수 및 총 길이

Table 1-19. Frequencies of the tree disks with V-cracks and their numbers and lengths per Korean pine disk after continuous RFP/V drying.

처 리	두께 50mm			두께 75mm			두께 100mm		
	발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)	발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)	발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)
무 처 리	100	3.2	14.7	100	3.8	22.9	100	3.3	11.3
박피처리	100	3.6	18.8	100	3.8	22.7	100	2.8	11.1
ETSH	100	3.3	21.6	100	3.2	19.2	100	2.8	11.6
ETS	100	2.3	14.5	100	3.7	20.7	100	2.0	10.6
EWS	100	2.0	13.0	100	2.5	12.8	100	1.8	8.1

표 1-20. 연속RFP/V건조 은행나무 원판의 V형크랙 발생 빈도(%), 총 개수 및 총 길이

Table 1-20. Frequencies of the tree disks with V-cracks and their numbers and lengths per ginkgo disk after continuous RFP/V drying.

처 리	두께 50mm			두께 75mm			두께 100mm		
	발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)	발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)	발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)
무 처 리	없음	없음	없음	20	0.2	0.8	없음	없음	없음
박피처리	없음	없음	없음	없음	없음	없음	67	2.2	8.8
ETSH	없음	없음	없음	없음	없음	없음	없음	없음	없음
ETS	없음	없음	없음	없음	없음	없음	없음	없음	없음
EWS	22	0.4	2.2	없음	없음	없음	없음	없음	없음

4. 수지용출

HPP/V건조와 RFP/V건조 종료후 각 공시수종의 무처리 원판에 대한 촉진 폭로시험을 실시한 결과 수종과 두께에 관계없이 수지는 전혀 용출되지 않았다(표 1-21).

Kanagawa(1989)는 고주파진공건조한 미송 각재의 경우 촉진폭로조건에서 전혀 수지가 용출되지 않았지만 관행열기건조재와 비교해볼 때 수지 잔존량의 차이는 없다고 보고한 바 있다. 따라서 진공조건하에서 건조된 재목의 수지용출이 억제되는 메카니즘에 대한 보다 분명한 구명이 필요할 것으로 사료된다. 아무튼 주요 국산 침엽수종을 목공예용 원판으로 대체하는데 있어서 문제점으로 예상되었던 수지용출의 문제는 진공건조에 의해서 효과적으로 해결될 수 있는 것으로 평가되었다.

표 1-21. 각 공시수종 무처리 원판의 HPP/V건조와 RFP/V건조 종료후 수지 용출

Table 1-21. Resin exudation of control of each species disks after HPP/V drying and RFP/V drying.

건조방식	두께(mm)	소나무	리기다소나무	잣나무	은행나무
HPP/V건조	50	없음	없음	-	없음
	75	없음	없음	-	없음
	100	없음	없음	없음	없음
RFP/V건조	50	없음	없음	없음	없음
	75	없음	없음	없음	없음
	100	없음	없음	없음	없음

제 4 절 결 론

가. 가열판압체식 진공건조(HPP/V건조)

무처리나 ETSH처리 및 EWS처리 원판들의 생재에서 이용함수율까지 진공건조하는데 소요된 시간은 종래의 실내음건 방식보다는 크게 단축되었지만 HPP/V건조의 경우 열판에 의해 원판의 상하 횡단면이 차단되므로써 횡단면을 통한 수분증발이 제약을 받아 건조시간이 상당히 지연되는 편이었다. 따라서 횡단면을 통한 수분증발에 절대적으로 의존하는 원판을 HPP/V 건조기를 활용하여 건조하기 위해서는 열판과 원판사이에 적절한 배기망을 끼워서 잔적하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

또한 EWS처리 원판들의 경우 이용함수율 수준까지의 건조가 불가능하였고, 고함수율 상태가 장기간 지속되므로 말미암아 변재변색 또한 심하게 나타나 EWS처리는 심재율이 지나치게 낮은 수종이나 HPP/V건조에는 그 적용에 신중을 기해야할 것으로 판단된다.

은행나무의 경우 두께간에 건조속도의 차이가 현저하게 나타나 최소한 두께차가 25mm이상인 원판들을 동일 로드에서 혼합 잔적하는 것은 피하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

수종에 관계없이 심재할렬의 발생정도는 경미한 편이었으나, 일반적으로 원판건조시에 크게 문제가 되지 않는 변재할렬이 심재할렬보다 심하게 발생된 경우가 많았다. 이는 본 시험에 사용된 공시수종의 경우 변재부의 초기함수율이 심재부보다 훨씬 높았을 뿐만 아니라, 고함수율인 변재부위가 점유하는 비율이 상당히 높았고 공시원판들의 상당수가 박피된 상태에서 건조가 개시되어 건조초기에 방사방향으로의 수분경사가 크게 형성되었기 때문인 것으로 생각된다.

은행나무의 경우 심재할렬, 변재할렬 및 V형크랙 모두 그 발생 정도가 경미하여 목공예용 원판으로서의 대체가능성이 높은 것으로 평가되었으나 약간의 윤할이 발생하는 문제가 있었다.

소나무, 리기다소나무 및 잣나무의 원판들은 V형크랙의 발생 정도가 심하였고, 특히 하나의 원판에 여러개의 V형크랙이 발생하는 특징을 보였는데, 이는 앞서 언급한 바와 같이 건조초기에 변재할렬이 발생되었고, 건조 후기에 발현되기 시작한 이방성수축응력이 이 변재할렬부에 집중되었기 때문인 것으로 해석된다. 따라서 침엽수재 원판들을 V형크랙에 의한 손상 없이 건조하기 위해서는 박피가 되지 않도록 저목하거나, 선삭가공품의 가공공정을 원판건조 후에 귀도리하는 순서로 전환하는 것이 바람직 할 것으로

생각된다. 또한 내부에 잔적된 원판에 기계적 압체력을 가할 수 있는 진공 건조기를 활용할 경우 건조중에 기계적 압체력을 해제하는 것은 V형크랙 예방에 바람직하지 않은 것으로 판단된다.

공시수중에 관계없이 HPP/V건조 또는 RFP/V건조된 원판들에서는 촉진폭로조건에서의 수지용출은 전혀 없는 것으로 조사되어 이들 공시수중들을 목공예용재로 활용하는데 있어서 사용상의 수지용출문제는 진공건조에 의해서 해결 가능한 것으로 나타났다.

나. 압체식고주파진공건조(RFP/V건조)

수중이나 두께 및 처리에 관계없이 생재에서 이용함수를 수준까지 건조하는데 소요된 시간은 HPP/V건조시간과 비교하여 크게 단축되었다. 이는 고주파가열에 의해 목재 내부의 온도를 표층온도보다 높게 유지하는 것이 가능한 것에도 그 원인이 있지만, 원판과 열판사이의 배기망과 차습판을 삽입하므로써 원판의 횡단면을 통한 수분증발이 보다 용이하게 이루어졌기 때문인 것으로 생각된다. 특히 EWS처리 원판의 경우 HPP/V건조에서는 건조속도가 매우 느려 이용함수율까지의 건조속도가 불가능하였으나, RFP/V건조에서는 다른 처리원판들과 거의 같은 건조속도를 유지하였다.

심재할렬과 변재할렬의 발생정도는 처리나 두께에 의한 영향보다는 결로의 발생이 중요한 인자로 작용하였다. 이는 원판에서 증발된 수분이 차가운 차습판에 부딪히면서 발생된 응축수가 차습판 아래에 놓여 있는 원판의 상부측 횡단면을 흡습시켜 이 횡단면은 고함수율 상태를 유지한 반면에 반대측 하부횡단면은 정상적인 건조가 이루어지므로써 상·하 두 횡단면간에 수분경사가 크게 형성되기 때문인 것으로 생각된다. 따라서 각종 전처리나 건조조건 조절 등을 통한 건조수율의 향상은 원목의 양호한 저목상태, 적절한 잔적 및 건조실의 결로예방을 위한 벽체의 보온 등의 전제하에서 기대될 수 있을것으로 판단된다.

건조초기에 변재할렬이 심하게 발생한 원판은 V형크랙에 의한 손상도 심하게 나타나, RFP/V건조하에서도 변재할렬과 V형크랙간에 매우 밀접한 관련이 있는 점에 주목해야 한다.

은행나무의 경우 V형크랙이 거의 없거나 매우 경미 하였으나 박피처리 원판은 V형크랙의 발생이 심하였다. 이는 역시 원판의 접선단면을 통한 수분증발로 방사방향으로의 수분경사가 형성되고, 이로 인해 건조초기에 접선단면상에 어느 정도의 접선방향 인장응력이 발현되기 때문인 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Dwinell, L.D., S. Avramidis, and J.E. Clark. 1994. Evaluation of a radio-frequency/vacuum dryer for eradicating the pinewood Forest Prod. J. 44(4):19-24.
2. Harris, R.A. and M.A. Taras. 1984. Comparison of moisture content distribution, stress distribution, and shrinkage of red oak lumber dried by a radio-frequency/vacuum drying process and a conventional kiln. Forest Prod. J. 34(1):44-54.
3. Hayashi, K. and S. Terazawa. 1977. Studies on cell-collapse of watersaturated balsa wood(V). Mokuzai Gakkaishi 23(1):30-34.
4. Kanagawa, Y. 1989. Resin distribution in lumber dried by vacuum drying combined with radio-frequency. Proceedings of IUFRO Wood Drying 1989:158-164.
5. Kubler, H. 1973a. Role of moisture in hygrothermal recovery of wood. Forest Prod. J. 5(3):198-204.
6. _____. 1973b. Hygrothermal recovery under stress and release of strain inelastic strain. Forest Prod. J. 6(1):78-85.
7. _____. 1974. Drying tree disks simply without defects. Forest Prod. J. 27(1):33-35.
8. _____. 1975. Study on drying of tree cross sections. Wood Science. 7(3):173-181.
9. _____. 1977. Formation of checks in tree stems during heating. Forest Prod. J. 27(1):41-46.
10. Lee, N. H. and H. S. Jung. 1991. Model of drying stress distribution in disks end-wrapped in Korean traditional paper and effects of end-wrappings on prevention of drying defects for vacuum drying of disks. Mokchae Konghak 19(1):31-63
11. _____ and _____. 1992. Effects of end-taping with Korean traditional paper on the distribution of vacuum drying stresses in wood disks. Proceedings of 3rd IUFRO Drying Conference: 227-234.

12. _____, K. Hayashi and H. S. Jung. 1995a. Possibility of drying of walnut disk for wooden arts in radio-frequency/vacuum dryer with mechanical pressure system. Proceedings of Vacuum Drying of Wood '95: 270-279
13. _____ and _____. 1995b. RF/V drying characteristics of 75mm-thick Japanese Cedar disks. Unpublished
14. _____ and _____. 1996. The effects of low pressure steam explosion treatment on the improvement of permeability in the softwoods.
15. Liu, F., S. Avramidis, and R.L. Zwick. 1994. Drying thick western hemlock in a laboratory radio-frequency/vacuum dryer with constant and variable electrode voltage. Forest Prod. J. 44(6):71-75.
16. Terazawa, S and K. Hayashi. 1972 Collapse in wood drying process. Wood Industry 27(11):2-7.
17. Wilhelmy, V. and H. Kubler. 1973. Probe for measurement of strains inside solid bodies. Experimental Mechanics 13(3) :142-144.
18. _____ and _____. 1973. Stresses and checks in log ends from relieved growth stresses. Wood Science 6(2):136-142.

제 3 장

목공예용 대체수종 개발 연구분야

- 침엽수재의 목공예용재화 기술개발 -

세부연구책임자 : 박 희 준
연구 원 : 윤 재 창
연구보조원 : 박 경 수
 황 경 원
 서 증 현

제 1 절 서 설

1995년말 현재 우리나라 총 목재공급량은 33,677천㎥으로 이중 국산재가 1,435천㎥이고 수입재가 32,242천㎥으로 전체 공급량의 95.7%를 수입에 의존하고 있어, 국내 자급율은 4.3%에 불과한 실정에 있다. 이 중 국산 원목의 공급동향을 보면 침엽수가 약1,187천㎥으로 82.7%, 활엽수가 248천㎥으로 17.3% 공급되었다. 수종별로는 소나무류가 63.7%, 낙엽송이 15.1%, 그리고 참나무류가 10.8%로 이들 3수종이 주종을 이루고 있는 것으로 보고되었다.(임업연구원 연구자료 제133호, 1997)

한편, 지리산 지역(남원지역)에는 약 200여개 이상의 목공예품 제조업체가 가동 중에 있으며, 이 지역에서 우리나라 목공예용 활엽수재 소비의 약 41%를 차지하고 있다. 사용 활엽수재의 대부분은 물푸레나무(약 36%)와 오리나무류(약 36%)가 차지하고 있으나, 현재 이들 수종은 고갈상태에 이르러 사용량의 약 79%인 359천㎥을 수입에 의존하고 있으며, 국산재의 이용은 97천㎥으로 21.3%에 불과한 실정에 있다. 더욱이 이들 도입 수종은 재질이 고르지 못하고, 현재와 같은 IMF 체제하에서 원화가치의 하락으로 계속적인 공급여부는 매우 불투명한 상황에 있으며, 대부분의 목공예 제조업체가 종업원 10인 이하의 매우 영세적인 규모를 벗어나지 못하고 있는 실정을 감안한다면 목공예용 원자재의 안정적인 공급문제는 매우 심각한 문제로 대두되고 있다.

따라서 본 목공예용 대체수종 개발연구에서는 국내 원목 공급량의 약 83%를 차지하고 있는 미이용 침엽수 간벌소경재의 물리적 및 기계적 성질을 규명하고 이들 소경목의 물리적 처리 및 화학적 처리를 통한 재질개량화 연구 등을 통하여 저급 소경재의 목공예용재로의 이용방안과 지역주민의 소득증대를 위한 고부가가치 신상품 개발을 목적으로 수행하였다.

제 2 절 재 료 및 방 법

1. 공시원목

주요 국산 침엽수 간벌 소경재 3수종, 낙엽송(*Larix gmelini* Var.), 리기다소나무(*Pinus rigida* Mill.), 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.)를 공시원목으로 하여 목공예용재로의 전환을 위한 기초재질조사를 수행하였다. 본 과제에서 사용한 공시원목의 산지와 수종별 평균 직경은 표 2-1에 나타난 바와 같다.

2. 기초재질조사 시험방법

가. 물리적 성질 측정

주요 침엽수 간벌 소경재의 물리적 성질 조사는 표준임업시험실 시요령에 의거하여 표 2-1의 공시원목으로부터 시험편을 채취한 후 평균연륜폭, 함수율, 비중, 수축율, 흡습성, 수분흡수량을 측정하였다.

표 2-1. 공시원목의 산지, 흉고직경, 수령

Table 2-1. Locality, D.B.H., and tree age of sample trees

수 종	산 지	흉고직경 (cm)	수 령 (year)
낙엽송 (<i>Larix gmelini</i> Var.)	전북 무주군 안성면 죽헌리	17.20±3.44	14
리기다소나무 (<i>Pinus rigida</i> Mill.)	전북 남원시 산동면 월석리	17.12±3.57	20
소 나 무 (<i>Pinus densiflora</i> S. et Z.)	전북 남원시 도통동 도통리	16.50±3.99	18

※ 각 값은 20본의 평균±표준편차임

나. 기계적 성질 측정

주요 침엽수 간벌 소경재의 기계적 성질 조사는 표준임업시험실 시요령에 의거하여 표 2-1의 공시원목으로부터 시험편을 채취한 후 압축강도(종압축강도, 횡압축강도), 인장강도, 휨강도(휨강도, 휨비례한도, 휨영계수), 전단강도(방사전단, 접선전단), 충격흡입수에너지 측정 시험을 수행하였다.

다. 접착력 시험

낙엽송, 리기다소나무, 소나무, 3수종에 접착제로는 일본 Koyo Bond co.에서 구입한 상온경화형 이소시아네이트계 접착제인 "KR-120", 미국 Ipco National Ltd.에서 구입한 "Duro-Lok 270", 그리고 초산비닐수지에멜전수지 접착제와 열경화성 접착제인 수용성 페놀수지 접착제를 국내 제조업체로부터 구입하여 접착력 시험을 수행하였다. 이때 접착제도포량은 공히 $200\text{g}/\text{m}^2$, 압체압력은 $10\text{kgf}/\text{cm}^2$, 그리고 압체온도는 상온경화형 접착제는 실온에서 열경화성 접착제인 페놀수지접착제인 경우에는 160°C 로 하여 표준임업시험실시요령에 의거하여 상태접착력, 내수접착력, 내온수접착력, 그리고 반복끓임접착력을 측정하였다. 제조한 시험편은 온도 $20\pm 2^\circ\text{C}$, 상대습도 $65\pm 3\%$ 인 항온항습기내에서 1개월간 조습처리한 후 시험하였다.

라. 도장성 시험

낙엽송, 리기다소나무, 소나무 등 국산 침엽수 간벌소경재의 도장성 시험은 고도의 내후성을 가진 것으로 알려진 불소수지계 도료와 우수한 도막성능을 가진 것으로 알려진 2액형 폴리우레탄수지계 도료를 사용하였다. 도장성 시험은 한국공업규격 KS M 5000에 의거하여 도료의 작업성, 도료의 건조시간 시험, 도막할렬시험, 그리고 도료의 밀착성 시험을 실시하였다.

3. 재질개량화 시험방법

가. 침엽수재의 청변예방

침엽수재의 청변예방을 위하여 인축에 무해한 것으로 알려져 있으며 현재 목조주택시공 등에 사용되고 있는 미국 Thompson's Co.에서

제조된 “Wood Protector”를 제재직 후 스프레이를 이용하여 분무처리한 후 실내에서 2주간 방치한 후 청변의 진행정도를 육안으로 관찰 하였다. 처리량은 30ml/m², 60ml/m²로 하였다.

나. 수용성 고분자(PEG-1000) 함침처리

낙엽송, 리기다소나무, 소나무의 재질개량을 위하여 수용성 고분자인 PEG-1000(30%)을 상온상압하에서 함침처리 하였다. 시험편의 치수는 두께 3mm, 5mm, 10mm, 폭 100mm, 그리고 길이 400mm이었으며, 처리시간은 192시간 이었다. 측정항목은 두께별, 처리시간별 함침량(g), 비중, 흡수율(%), 수분흡수율(%), 용적팽윤율(%), 항흡수효율(%), 항팽윤효율(%), 그리고 고분자함침량(%)을 측정하였다.

다. 수용성 페놀-포름알데하이드수지 함침처리

낙엽송, 리기다소나무, 소나무의 재질개량을 위하여 수용성 페놀-포름알데하이드수지(수지율 30%)를 상온상압하에서 함침처리 하였다. 시험편의 치수는 두께 3mm, 5mm, 10mm X 폭 100mm X 길이 400mm이었으며, 처리시간은 240시간 이었다. 함침처리된 목재는 실온에서 2일간 건조시킨후 150℃에서 경화시켰다. 측정항목은 두께별, 처리시간별 함침량(g), 비중, 흡수율(%), 수분흡수율(%), 용적팽윤율(%), 항흡수효율(%), 항팽윤효율(%), 고분자함침량(%), 휨파괴계수(kgf/cm²), 충격강도(kgf-m/cm²)를 측정하였다.

라. 페놀-포름알데하이드수지함침 열압축목재 제조

수용성 페놀-포름알데하이드수지(수지율 38%)를 상온상압하에서 240시간 함침처리한 후 실온에서 건조한 다음, 온도 150℃, 160℃, 그리고 170℃, 압력 30kgf/cm², 50kgf/cm², 그리고 70kgf/cm²으로 열압축처리 하였으며, 처리시간은 30분, 60분 이었다. 시험편의 치수는 두께 3mm, 5mm, 10mm X 폭 100mm X 길이 400mm이었다. 비중, 흡수율(%), 수분흡수율(%), 용적팽윤율(%), 항흡수효율(%), 항팽윤효율(%), 고분자함침량(%), 휨파괴계수(kgf/cm²), 충격강도(kgf-m/cm²)를 측정하였다.

마. 열압축목재 제조

낙엽송, 리기다소나무, 소나무 3 수종에 대하여 열압축처리를 하여 열압축처리목재(Stypak)를 제조하였다. 처리온도는 150℃, 160℃,

그리고 170℃, 압력 15kgf/cm², 30kgf/cm², 50kgf/cm², 그리고 70kgf/cm²으로 열압축처리 하였으며, 처리시간은 30분, 60분 이었다. 시험편의 치수는 두께 15mm X 폭 100mm X 길이 400mm이었다. 비중, 함수율(%), 수분흡수율(%), 용적팽윤율(%), 항흡수효율(%), 항팽윤효율(%), 고분자함침량(%), 휨파괴계수(kgf/cm²), 충격강도(kgf-m/cm²)를 측정하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 기초재질조사

가. 물리적 성질

1) 평균 연륜폭, 함수율 및 비중

낙엽송, 리기다소나무, 소나무, 3 수종으로부터 측정한 평균연륜폭, 비중 및 함수율은 표 2-2와 같다.

표 2-2. 평균연륜폭, 비중 및 함수율

Table 2-2. Width of annual ring, specific gravity and moisture content

수 종	평균연륜폭 (mm)	초기함수율 (%)	기건함수율 (%)	기건비중	전건비중
낙엽송	5.7±0.8	22.93± 0.71	13.41±0.96	0.48±0.04	0.52±0.04
리기다소나무	3.0±1.2	50.55±25.61	19.17±2.32	0.42±0.02	0.46±0.02
소나무	3.6±0.5	61.79±18.77	18.65±2.31	0.36±0.02	0.40±0.02

※ 각 값은 8반복의 평균±표준편차임.

본 시험에서 사용한 낙엽송, 리기다소나무, 소나무, 3 수종의 평균 연륜폭은 3.0~5.7(mm) 범위에 있었으며, 낙엽송이 5.7로 가장 크게

나타났으며, 리기다소나무가 가장 작게 나타났다. 벌채 직후의 생재함수율은 일반적으로 수종, 입지조건 그리고 채취부위에 따라 심한 차이를 나타내는데 본 시험에서 측정한 표 2-2의 초기함수율은 벌채직 후 측정한 값이 아니라 산지에서 벌채한 후 남원임업협동조합 집하장에 도착한 후 약 1개월이 경과한 후 측정한 값으로 생재에 비해서는 상당히 건조가 진행된 후의 값으로 생재함수율과는 차이가 있는 값이다. 기건함수율은 각 수종으로 부터 시험편을 채취한 후 실험실내에서 1 개월간 조습처리한 후 측정한 값으로 낙엽송이 가장 낮은 값을 나타냈으며, 리기다소나무와 소나무는 큰 차이를 나타내지 않았다. 3 수종의 기건비중은 0.36~0.48 범위에 그리고 전건비중은 0.40~0.52의 범위에 있었으며, 낙엽송의 비중이 가장 높게 나타났고 리기다소나무, 소나무 순이었다.

2) 수축율

측정한 공시수종의 방사방향, 접선방향, 섬유방향에서 함수율 1%에 대한 평균 수축율은 표 2-3과 같다.

표 2-3. 함수율 1%에 대한 평균 수축율

Table 2-3. Shrinkage per unit moisture content

수 종	함수율 (%)	함수율 1%에 대한 평균 수축율 (%)		
		방사방향	접선방향	섬유방향
낙엽송	17.34	0.14±0.043	0.30±0.041	0.02±0.028
리기다소나무	19.72	0.13±0.301	0.41±0.269	0.02±0.004
소나무	18.95	0.16±0.009	0.29±0.014	0.02±0.005

※ 각 값은 8반복의 평균±표준편차임.

공시수종의 함수율 1%에대한 평균수축율은 방사방향에서 0.13~0.16%, 접선방향에서 0.29~0.41%, 그리고 섬유방향에서 0.02%를 나타내었다. 방사방향에 대한 접선방향의 수축비는 낙엽송에서 2.14, 리기다소나무에서 3.15, 그리고 소나무에서 1.81을 나타내어 3수종 중 리기

다소나무가 가장 큰 값을 나타내었으며, 소나무가 가장 낮은 값을 나타내었다.

3) 흡수량

낙엽송, 리기다소나무, 소나무의 흡수량 측정은 전면에 대하여 실시하였으며, 각 수종별 흡수량과 시험전 시험편의 함수율은 표 2-4에 나타낸 바와 같다.

표 2-4. 흡수량
Table 2-4. Absorption of water

수 종	시험전 함수율(%)	흡수량(g/cm ²)
낙엽송	13.4	0.168±0.103
리기다소나무	17.0	0.093±0.010
소나무	16.3	0.120±0.010

※ 각 값은 8반복의 평균±표준편차임.

3 수종의 전단면 수분흡수량은 0.093~0.168의 범위내에 있었으며, 낙엽송이 0.168g/cm²으로 가장 큰 값을 나타내었으며, 소나무가 0.120g/cm², 그리고 리기다소나무에서 가장 적은 0.093g/cm²을 나타내었다.

4) 흡습성

낙엽송, 리기다소나무, 소나무의 흡습성 시험의 결과는 표 2-5에 나타낸 바와 같다.

흡습성 시험결과 함수율 1%에 대한 평균 팽창율은 방사방향에서 0.081~0.149% 범위에서 나타났으며, 접선방향에서는 0.241~0.289를 나타내었다. 방사단면에 대한 접선단면의 팽창을 차이는 낙엽송에서 3.57로 가장 크게 나타났으며, 소나무에서 2.98, 그리고 리기다소나무에서 1.89로 가장 낮은 값을 나타내었다.

표 2-5. 흡습성

Table 2-5. Hygroscopicity

수 종	40℃, RH65%에서	40℃, RH90%에서	함수율 1%에 대한 팽창율(%)	
	평균함수율(%)	평균함수율(%)	방사방향	접선방향
낙엽송	10.63±0.16	15.93±0.12	0.081±0.046	0.289±0.023
리기다소나무	10.74±0.29	16.30±0.37	0.149±0.061	0.281±0.037
소나무	10.65±0.38	15.99±0.28	0.081±0.038	0.241±0.063

※ 각 값은 8반복의 평균±표준편차임.

나. 기계적 성질

1) 압축강도

국산 침엽수 간벌 소경재 3수종의 압축강도를 시험한 결과는 표 2-6에 나타난 바와 같다. 3 수종의 종압축강도는 366~397kgf/cm²의 범위에 있었으며, 비중이 가장 큰 낙엽송의 종압축강도가 가장 크게 나타났으며, 다음이 리기다소나무, 그리고 소나무의 순으로 나타났다. 횡압축비레한도는 41.42~61.59kgf/cm²범위에서 측정되었으며 종압축강도와 같이 비중이 가장 큰 낙엽송에서 61.59kgf/cm²로 가장 크게 나타났으며, 다음이 소나무, 그리고 리기다소나무에서 가장 낮은 값을 나타내었다.

표 2-6. 압축강도

Table 2-6. Compressive strength

수 종	기건비중	종압축강도 (kgf/cm ²)	종압축비레한도 (kgf/cm ²)	횡압축비레한도 (kgf/cm ²)
낙엽송	0.48	397.24±19.25	314.08±12.50	61.59±11.58
리기다소나무	0.42	388.58±51.77	330.50±72.74	41.42±11.32
소나무	0.36	366.59±33.46	291.05±26.96	45.21± 3.46

※ 각 값은 8반복의 평균±표준편차임

2) 인장강도

각 수종별 인장강도를 측정한 결과는 표 2-7에 나타난 바와 같다. 본 시험에서 사용한 침엽수 간벌재의 경우 직경 20cm 미만이 대부분으로 표준임업시험실시요령에서 제시한 횡인장강도 시험편을 제작하기에는 매우 곤란하였다. 기존에 발표된 연구보고에서와 마찬가지로 인장강도는 다른 강도보다 매우 높은 값을 나타내었으며, 3수종 중 리기다소나무가 1158.32kgf/cm²로 가장 크게 나타났으며, 다음이 낙엽송 914.04kgf/cm², 그리고 소나무가 가장 낮은 862.29kgf/cm²를 나타내었다.

표 2-7. 인장강도

Table 2-7. Tensile strength

수 종	기건비중	종인장강도 (kgf/cm ²)
낙엽송	0.48	914.04±157.72
리기다소나무	0.42	1158.32± 35.37
소나무	0.36	862.29± 83.28

※ 각 값은 6반복의 평균±표준편차임

3) 휨강도

낙엽송 외 2수종의 휨강도적 성질을 시험한 결과는 표 2-8에 나타난 바와 같다. 표에서 보는 바와 같이 3 수종의 휨강도는 645.45~904.94kgf/cm²의 범위내에서 측정되었으며, 리기다소나무가 904.94kgf/cm²로 가장 크게 나타났고, 다음이 낙엽송(791.76kgf/cm²), 그리고 비중이 가장 낮은 소나무(645.45kgf/cm²)의 순으로 나타났다. 휨비례한도와 휨영계수도 휨강도와 마찬가지로 리기다소나무에서 가장 큰 값을 나타냈고 다음이 낙엽송, 소나무의 순으로 나타났다.

표 2-8. 휨강도

Table 2-8. Bending strength

수 종	기건비중	휨강도 (kgf/cm ²)	휨비레한도 (kgf/cm ²)	휨영계수 (10 ³ kgf/cm ²)
낙엽송	0.48	791.76 ± 133.80	424.16 ± 99.88	85.33 ± 18.12
리기다소나무	0.42	904.94 ± 131.41	409.24 ± 91.01	101.38 ± 22.44
소나무	0.36	645.45 ± 154.93	317.58 ± 92.94	81.59 ± 20.68

※ 각 값은 8반복의 평균±표준편차임

4) 전단강도

낙엽송 외 2수종의 방사단면과 접선단면에서 전단강도를 시험한 결과는 표 2-9에 나타낸 바와 같다. 측정된 전단강도는 표에서 보는 바와 같이 방사단면 전단강도가 110.61~128.94kgf/cm²의 범위내에 나

표 2-9. 전단강도

Table 2-9. Shear strength

수 종	기건비중	방사단면	접선단면
		전단강도(kgf/cm ²)	전단강도(kgf/cm ²)
낙엽송	0.48	110.61 ± 35.49	163.93 ± 13.37
리기다소나무	0.42	128.94 ± 13.26	156.38 ± 9.86
소나무	0.36	122.02 ± 17.41	126.91 ± 5.32

※ 각 값은 6반복의 평균±표준편차임

타났으며, 접선단면 전단강도는 126.91~163.93kgf/cm²의 범위내에 나타났었다. 방사단면 전단강도는 리기다소나무에서 가장 크게 나타났으나 접선단면 전단강도는 낙엽송에서 가장 큰 값을 나타내어 수종간에 일정한 경향은 없었으나, 3수종 모두에서 접선단면 전단강도가 방사단면 전단강도 보다 다소 높은 값을 나타내었다.

5) 충격휨흡수에너지

낙엽송 외 2 수종으로부터 측정된 충격휨흡수에너지는 표 2-10에 나타낸 바와 같다.

표 2-10. 충격 휨 흡수 에너지

Table 2-10. Impact bending absorbed energy

수 종	기건비중	충격 휨 흡수 에너지 (kg · m/cm ²)
낙엽송	0.48	0.72±0.06
리기다소나무	0.42	0.64±0.15
소나무	0.36	0.79±0.25

※ 각 값은 6반복의 평균±표준편차임

본 시험에서 측정된 충격휨흡수에너지는 0.64~0.79kg · m/cm²의 범위에서 나타났으며 소나무에서 0.79kgf · m/cm²로 가장 큰 값을 나타내었으며, 다음이 낙엽송, 그리고 리기다소나무의 순으로 나타났다.

다. 접착성

침엽수 간벌재 3수종과 접착제 5종류를 적용하여 목재의 섬유방향이 서로 일치하도록 접착한 시험편과 합판과 같이 인접한 목재의 섬유방향이 직교하도록 접착한 시험편으로부터 상태접착력, 내수접착력, 내온수접착력, 그리고 반복끓임접착력을 측정하였다. 시험결과는 표 2-11에 나타낸 바와 같다. 표에서 보는 바와 같이 수종에 따른 접착력의 차이는 보이지 않았으나 사용한 접착제의 종류에 따라서는 상당한 차이를 나타내었다. 일본 Koyo Bond 産業에서 구입한 상온경화형 이소시아네이트 접착제인 “KR-120”과 미국 Ipco National Ltd.에서 구입한 “Duro-Lok 270”은 상태와 내수에서 큰 차이 없이 비교적 우수한 접착력을 나타내었으며, 목파울도 상태와 내수에서 모두 100%를 나타내었다. 그러나 초산비닐에멀전수지 접착제와 에폭시접착제에서는 상태접착력은 비교적 우수하였으나 내수접착력 및 내온수접착력은 현저히 감소하는 경향을 나타내었다. 또한 본 연구에서 구입한 에폭시접착제는 2액형으

표 2-11. 접착특성
Table 2-11. Gluing properties.

접착제	수종	상태접착력 (kgf/cm ²)		내수접착력 (kgf/cm ²)		내온수접착력 (kgf/cm ²)		반복끊임시험 (kgf/cm ²)	
		2매	3매	2매	3매	2매	3매	2매	3매
페놀수지접착제	낙엽송	87.40	32.45	96.89	30.87	68.40	18.15	43.42	14.68
	리기다소나무	84.91	37.58	72.14	21.04	36.35	15.46	30.31	17.66
	소나무	64.24	32.29	46.59	31.90	46.62	15.32	48.82	11.09
KR-120	낙엽송	90.89	44.88	83.74	27.89	49.75	13.87	39.81	16.62
	리기다소나무	106.94	51.72	63.71	30.50	32.17	15.58	30.74	13.34
	소나무	92.55	37.88	30.98	24.97	27.42	16.47	22.57	17.24
Duro-Lok 270	낙엽송	55.28	39.86	37.68	27.19	25.37	17.55	13.19	10.13
	리기다소나무	74.30	43.23	41.34	21.37	23.64	15.40	19.32	9.86
	소나무	45.33	31.85	39.59	22.65	31.53	15.34	17.86	12.09
에폭시수지접착제	낙엽송	58.48	-	27.67	-	-	-	-	-
	리기다소나무	50.59	-	30.90	-	-	-	-	-
	소나무	38.20	-	23.22	-	-	-	-	-
초산비닐수지접착제	낙엽송	57.92	-	25.60	-	-	-	-	-
	리기다소나무	76.02	-	23.73	-	-	-	-	-
	소나무	70.55	-	7.00	-	-	-	-	-

※ 각 값은 10반복의 평균값임

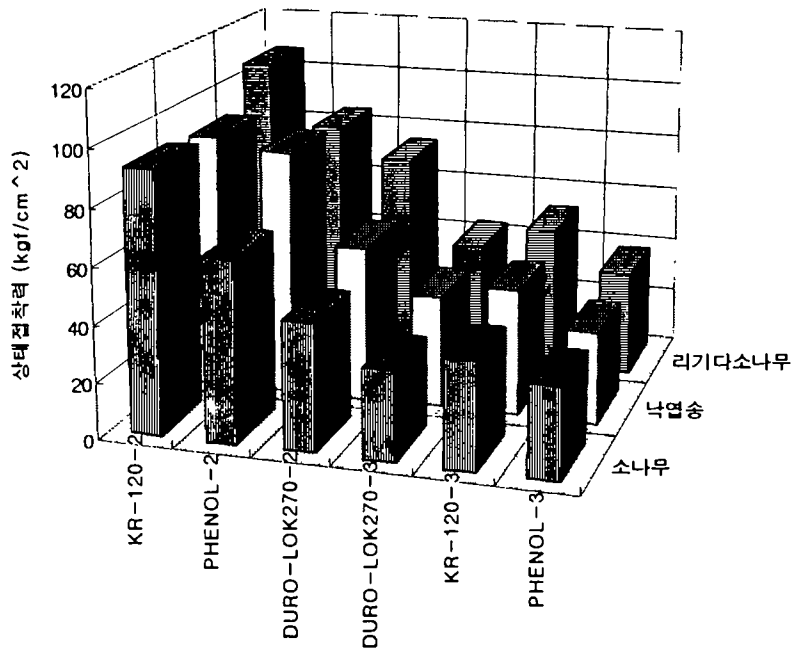


그림 2-1. 접착제 종류별 상태접착력

Fig. 2-1. Dry bonding strength by adhesive types

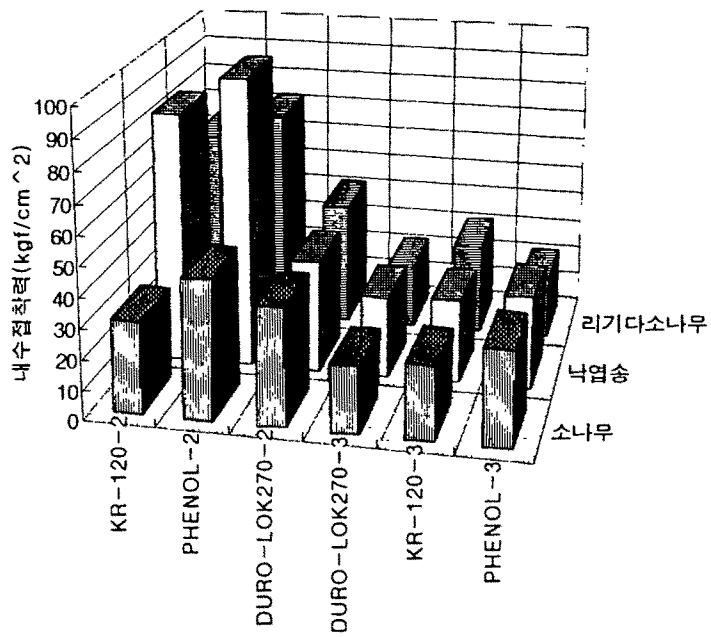


그림 2-2. 접착제 종류별 내수접착력

Fig. 2-2. Water proof bonding strength by adhesive types

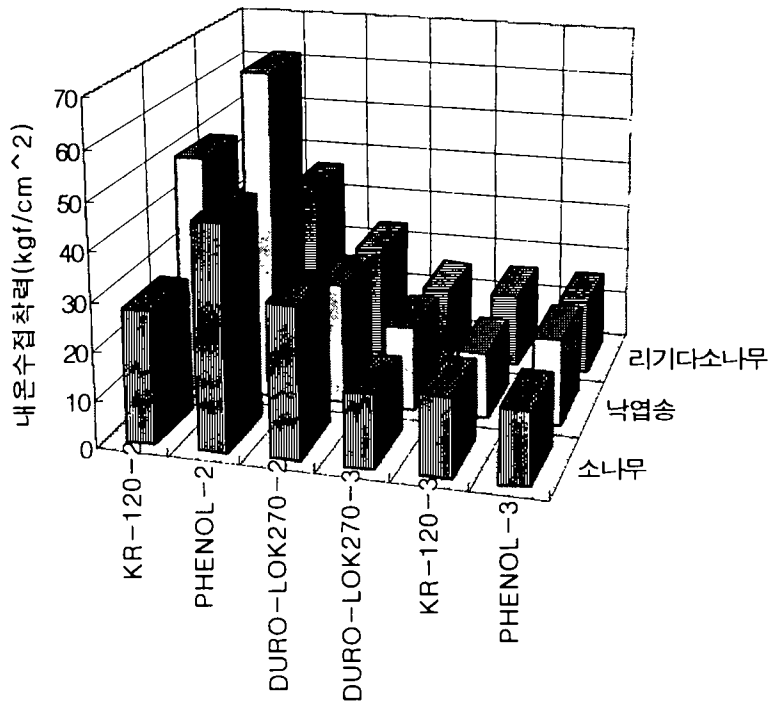


그림 2-3. 접착제 종류별 내온수접착력

Fig. 2-3. Warm-water proof bonding strength by adhesive types

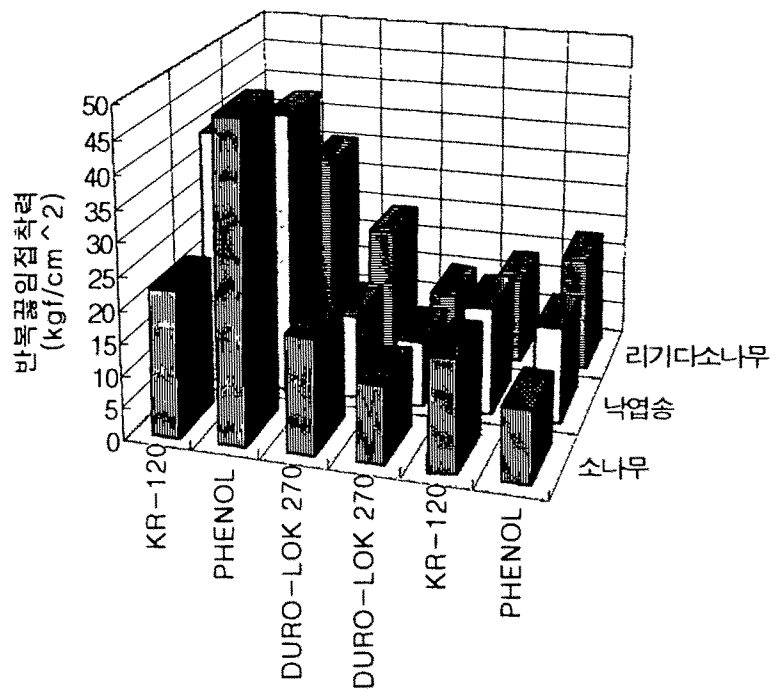


그림 2-4. 접착제 종류별 수종에 따른 반복끓임접착력

Fig. 2-4. Boil proof bonding strength by adhesive types

라. 도장성

침엽수 간벌 소경재 3 수종에 불소수지계 도료와 폴리우레탄계 도료를 적용하여 도장성 시험을 한 결과는 표 2-12에 나타낸 바와 같다.

표 2-12에서 보는 바와같이 불소수지계 도료와 폴리우레탄계 도료로 붓도장성, 스프레이 도장성, 건조시간측정, 할렬측정, 그리고 도료의 밀착성을 시험한 결과 3 수종간에는 뚜렷한 차이를 발견할 수 없었다. 다만 현재까지 목재에 적용해보지 않았던 고도의 내후성 도료인 불소수지계 도료를 적용한 결과 경화건조시간이 현재까지의 여타의 목공용 도료에 비하여 매우 장시간이 소요되었으며, 접선단면에서의 도막할렬시험은 표준입업시험실시요령(도장성시험 A방법)에 의거하여 23℃, 상대습도 95%에서 24시간, 다음 -20℃에서 5시간 그리고 60℃에서 19시간을 1 주기로하여 30주기를 반복시험한 후 도막할렬을 측정한 결과 시험기간 동안에는 할렬이 전혀 발생하지 않았으며, 한국공업규격 KS M 5981에 의거하여 도료의 밀착성 시험을 한 결과 모두 정사각형의 눈금이 벗겨짐(떨어짐)이 없었다. 또한 이들 도료의 붓작업성 및 스프레이 작업성에 있어서도 흐름(running), 세징, 흐림(fogging), 뜬반점(floating), 색얼룩(mottling), 버블링, 주름살(wrinkling), 핀홀, 백화(blushing) 등의 이상유무를 발견할 수 없어 침엽수재에 적용하는 데 있어서 문제가 없는 것으로 판정되었다. 이상과 같은 결과로부터 현재까지 목재에 적용을 하지 않았던 이들 도료에 대한 침엽수재의 도장성은 매우 우수한 것으로 판단되며, 이들 도료의 표면 도장처리에 의해서만도 재료적인 결함을 방지할 수 있을 것으로 판단된다.

표 2-12. 도장성
Table 2-12. Paintability

수 종	도 료	붓도장성	스프레이 도 장 성	지 축 건 조		경 화 건 조		합렬측정 ¹ 접선단면 (No.)	밀착성 ² (No.)
				20℃ (min.)	30℃ (min.)	20℃ (min.)	30℃ (min.)		
낙엽송	불소수지계도료	양호	양호	60	40	600	480	0	10
	폴리우레탄계도료	양호	양호	15	11	120	90	0	10
리기다소나무	불소수지계도료	양호	양호	60	40	600	480	0	10
	폴리우레탄계도료	양호	양호	15	11	120	90	0	10
소나무	불소수지계도료	양호	양호	60	40	600	480	0	10
	폴리우레탄계도료	양호	양호	15	11	120	90	0	10

¹ : 23℃, RH 95%, 24hr. → -20℃, 5hr. → 60℃, 19hr. (30 cycle)

² : KS M 5981, 도료의 밀착성 시험방법

2. 소재의 재질개량

가. 침엽수재의 청변예방

국산 침엽수재 특히 소나무와 리기다소나무는 벌채직 후부터 건조되는 과정에서 청변이 매우 심하게 발생되고 있어 소재로 이용하는데 있어서 가치를 매우 떨어뜨리는 주원인이 되고 있으므로 쉽게 이를 예방할 수 있는 방법이 매우 절실하다 하겠다. 본 연구에서는 제재공장 현장에서 제재직 후 바로 "Wood Protector"를 30g/m²과 60g/m²을 스프레이를 사용하여 표면에 분무한 후 실내에 잔적하여 2주가 경과한 후 그리고 열기건조기내에서 함수율 8%까지 건조시킨 후 청변의 진행정도를 육안으로 관찰하였다. 사진 2-1은 2주일이 경과한 후 소나무재에서 청변이 심하게 진행된 모습(위)과 청변이 발생하지 않은 모습(아래)을 보여주는 것이다. 이와같이 처리한 목재는 이후 열기건조과정에서도 청변이 발생하지 않았으며, 이 후 가공성 및 도장성에도 영향을 미치지 않는 것으로 판정되었다.

나. 페놀-포름알데하이드수지 함침처리(Impreg)

침엽수 간벌 소경재 3수종(낙엽송, 소나무, 리기다소나무)의 시험편, 두께 (3mm, 5mm, 10mm)x길이(400mm)x폭(100mm)에 대하여 상온, 상압하에서 함침처리 하였다. 수종별, 두께별 시간의 경과에 따른 함침량 변화를 측정한 결과는 그림 2-5와 그림 2-6에 나타낸 바와 같다. 또한 240시간이 경과한 후 페놀수지 함침량(Polymer Loading, PL, %)을 식 (1) 따라 측정하였으며, 측정한 결과는 표 2-13과 그림 2-7에 나타낸 바와 같다.

$$PL(\%) = \frac{W_t - W_c}{W_c} \times 100 \quad \text{식 (1)}$$

여기서, PL : Polymer Loading (%)

W_c : 무처리재의 전건중량(g)

W_t : 처리재의 전건중량(g)

표와 그림에서 보는 바와 같이 수지함침량은 처리재의 두께가 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었으며, 처음 24시간 동안에 처리전 무게보다 약 30% 정도 증가하였으며 그 후 시간의 경과에 따라 점차 감소하는 경향을 나타내었다. 처리전 소재의 함수율은 낙엽송, 소나무, 리기다소나무에서 각각 27.53%, 43.88%, 그리고 37.18% 이었다.

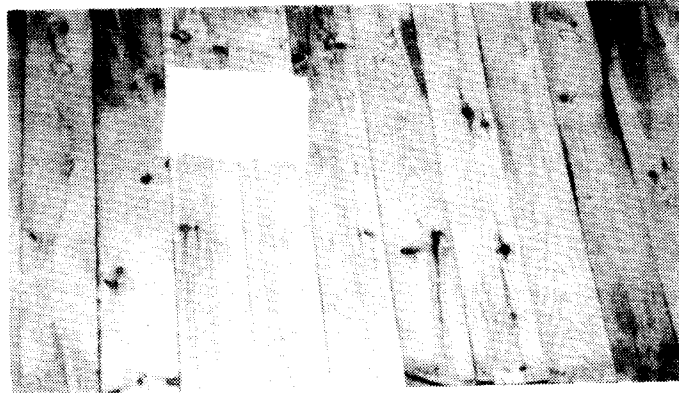


사진 2-1. 소나무재의 청변. 14일이 경과한 후 무처리재의 표면(위)과 스프레이 처리재의 표면(아래)

Photo. 2-1. blue stains of *Pinus densiflora*. Untreated surface(Up) and spray-treated surface(down) after 14days.

표 2-13. 페놀-포름알데하이드 수지 함침량

Table 2-13. Polymer loading of phenol-formaldehyde resin

수	종	무처리재의 건중량(g)	처리재의 건중량(g)	페놀수지 함침량(%)
낙엽송	3mm	13.46	20.69	53.71
낙엽송	5mm	22.86	32.07	40.29
낙엽송	10mm	39.12	47.81	22.21
소나무	3mm	13.78	20.21	46.69
소나무	5mm	20.58	29.18	41.77
소나무	10mm	34.72	45.50	31.05
리기다소나무	3mm	14.74	21.63	46.76
리기다소나무	5mm	23.26	31.83	36.83
리기다소나무	10mm	42.18	55.53	31.65

※ 1. 각 5반복의 평균값임

2. 중량증가를 측정용 시험편은 가로 10cm x 세로 10cm임

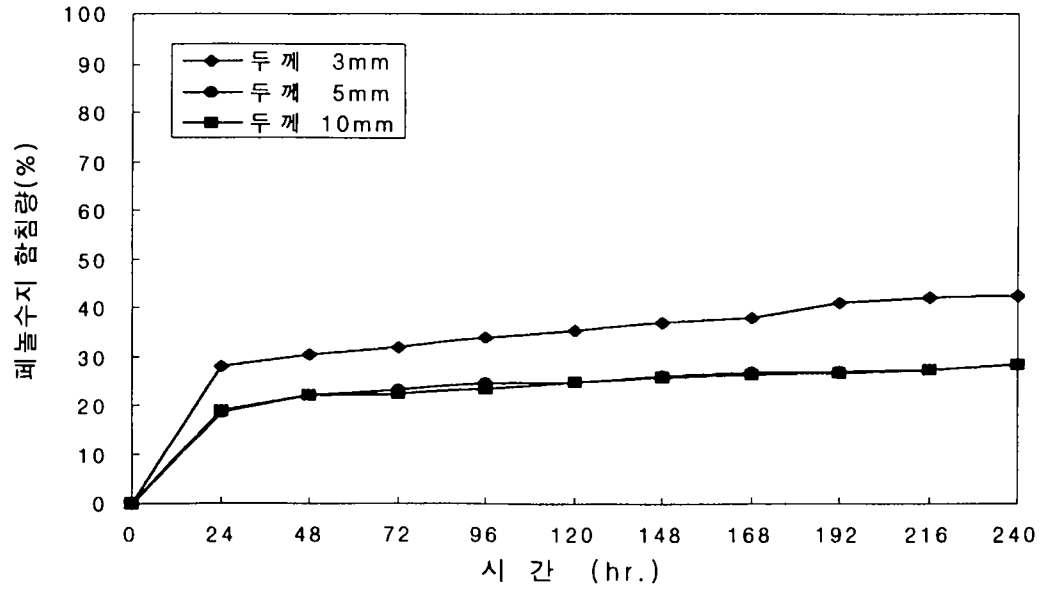


그림 2-5. 상압식 처리에 의한 낙엽송 두께 3mm, 5mm, 10mm에서 페놀-포름알데하이드 수지함침량.

Fig. 2-5. Polymer loading of phenol-formaldehyde resin by normal pressure method in 3, 5, 10mm thickness of *Larix gmelini*.

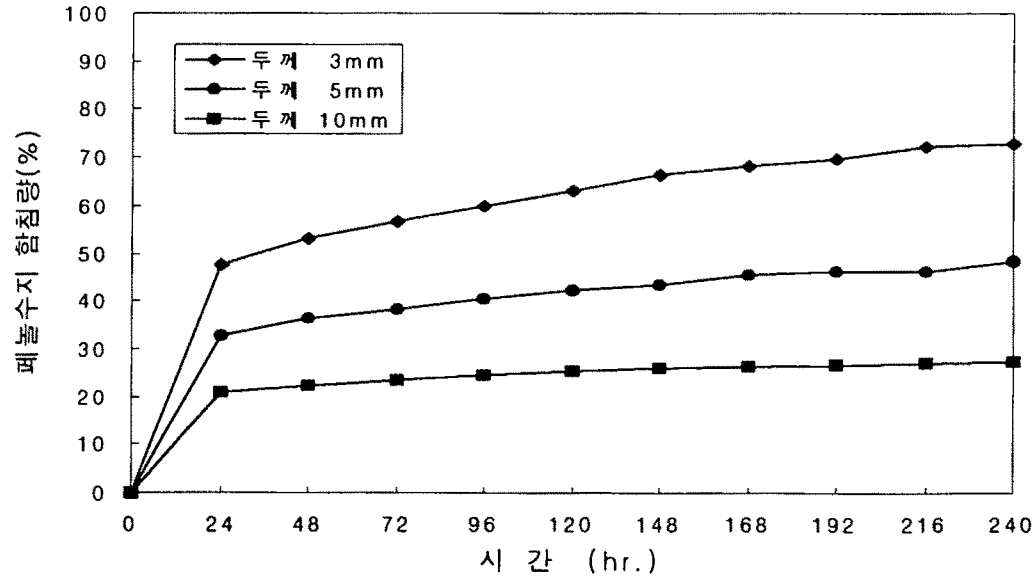


그림 2-6. 상압식 처리에 의한 소나무 두께 3mm, 5mm, 10mm에서 페놀-포름알데하이드 수지함침량.

Fig. 2-6. Polymer loading of phenol-formaldehyde resin by normal pressure method in 3, 5, 10mm thickness of *Piuns densiflora*

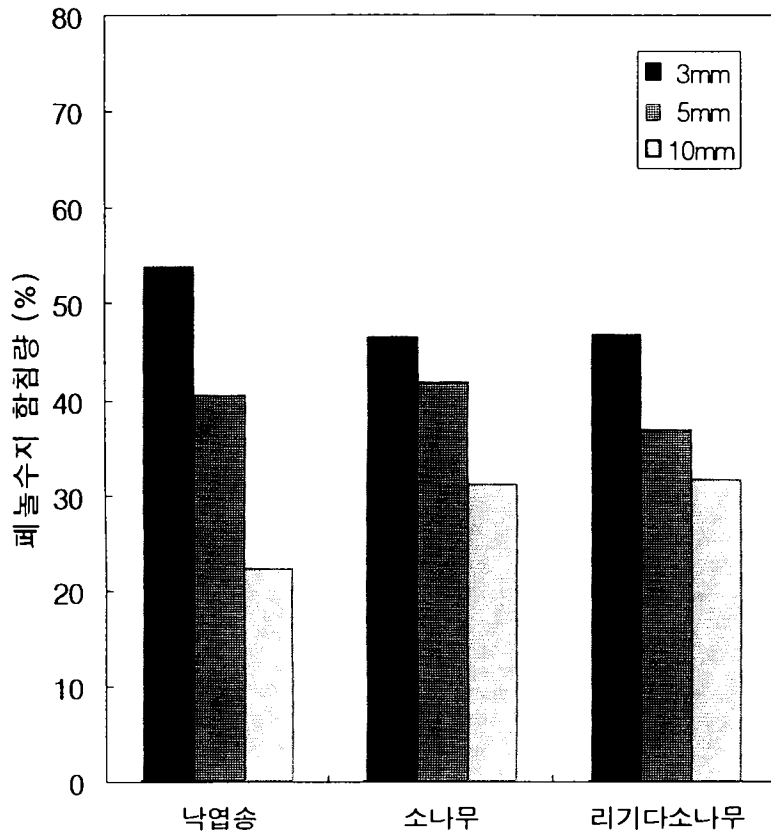


그림 2-7. 상압식 함침처리에 의한 침엽수재의 페놀-포름알데하이드 수지 함침량(%)

Fig. 2-7. Polymer loading of phenol-formaldehyde resin by normal pressure method in softwoods

다. PEG-1000 함침처리

소재의 치수안정성 및 물리적 성질, 그리고 기계적 성질 측정용 침엽수 간벌 소경재 3수종(낙엽송, 소나무, 리기다소나무)의 두께 3mm, 5mm, 10mm, 길이 400mm, 폭 100mm인 시험편에 대하여 상온, 상압 하에서 PEG(분자량 1000)를 함침처리 하였다. 수종별, 두께별 시간의 경과에 따른 함침량 변화는 그림 2-8, 그림 2-9, 그리고 그림 2-10에 나타낸 바와 같다. 또한 192시간이 경과한 후 PEG 함침량을 식 (1)따라 측정하였으며, 측정한 결과는 표 2-14와 그림 2-11에 나타낸 바와 같다. 표와 그림에서 보는 바와 같이 PEG 함침량은 페놀수지 함침시와 마찬가지로 처리재의 두께가 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었으며, 처음 24시간 동안에 처리전 보다 약 20%정도 증가하였으며 그 후 시간의 경과에 따라 증가율은 점차 감소하는 경향을 나타내었다. PEG 함침 처리의 경우에 있어서는 페놀수지함침처리와는 달리 낙엽송에서 다른 수종에 비하여 식(1)에 따라 구한 수지함침량이 가장 낮게 나타나 낙엽송이 처리가 가장 곤란한 수종으로 나타났다. 처리전 소재의 함수율은 낙엽송, 소나무, 리기다소나무에서 각각 27.53%, 43.88%, 그리고 37.18% 이었다.

표 2-14. PEG-1000 함침량
Table 2-14. Polymer loading of PEG-1000

수 종	무처리재의 전건중량(g)	처리재의 전건중량(g)	PEG-1000 함침량(%)
낙엽송 3mm	13.46	16.37	21.65
낙엽송 5mm	22.86	27.08	18.48
낙엽송 10mm	39.12	46.91	19.90
소나무 3mm	13.78	19.12	38.76
소나무 5mm	20.58	27.28	32.57
소나무 10mm	34.72	44.89	29.30
리기다소나무 3mm	14.74	20.68	40.30
리기다소나무 5mm	23.26	30.52	31.20
리기다소나무 10mm	42.18	52.38	24.19

- ※ 1. 각 5반복의 평균값임
- 2. 중량증가율 측정용 시험편은 가로 10cm x 세로 10cm임

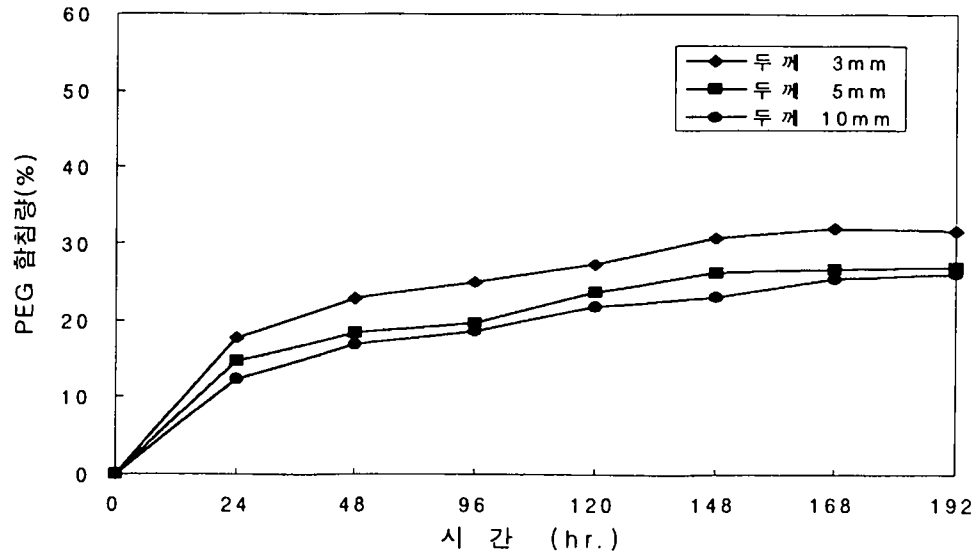


그림 2-8. 상압식 처리에 의한 낙엽송 두께 3mm, 5mm, 10mm에서 PEG-1000 함침량.

Fig. 2-8. Polymer loading of PEG-1000 resin by normal pressure method in 3, 5, 10mm thickness of *Larix gmelini*.

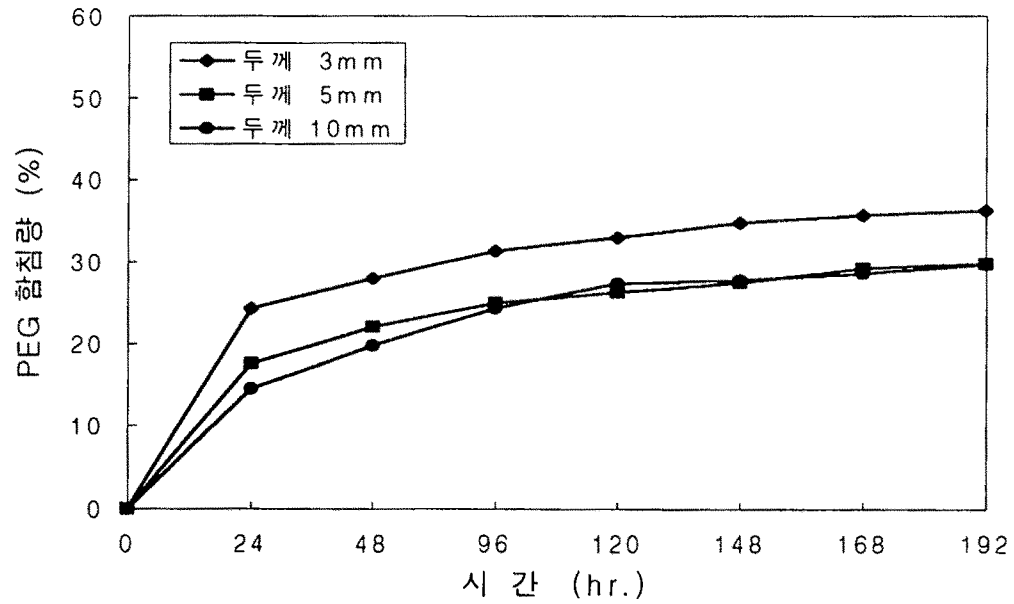


그림 2-9. 상압식 처리에 의한 소나무 두께 3mm, 5mm, 10mm에서 PEG-1000 함침량

Fig. 2-9. Polymer loading of PEG-1000 resin by normal pressure method in 3, 5, 10mm thickness of *Pinus densiflora*

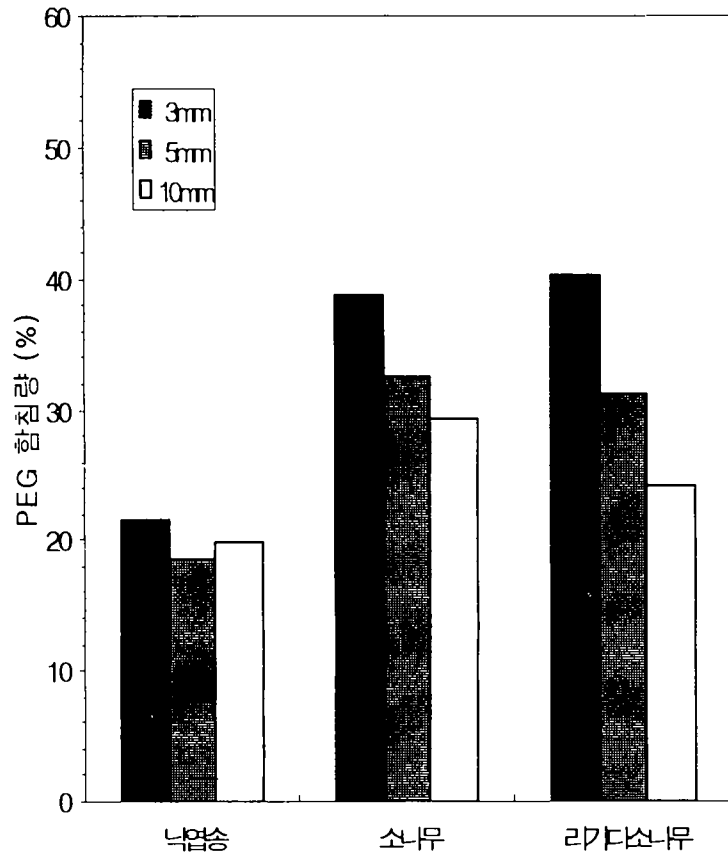


그림 2-10. 상압식 함침처리에 의한 침엽수재의 PEG-1000 함침량(%)

Fig. 2-10. Polymer loading of PEG-1000 by normal pressure method in softwood

라. 열압축처리목재(Staypak)

열압축처리는 침엽수 소경재 3수종에 대하여 온도 150, 160, 170, 그리고 180℃, 압력 15, 30, 50, 70, 그리고 100kgf/cm², 시간 30분, 60분을 적용하여 열압축처리를 함으로써 열압축처리목재 제조가능성 및 그 재질개량효과를 분석하고자 하였다. 처리결과 침엽수 3수종 모두 압력 70, 100kgf/cm²에서는 열압시간 30분, 60분, 120분에서 모두 목재조직이 심하게 파괴되었다. 또한 목재의 열압축방향이 접선방향인 경우에 있어서는 더욱 심한 조직의 파괴가 확인되었다. 이는 온도나 시간의 영향보다는 가해주는 압력이 과대하고 반복되는 춘재와 추재의 성질차이에 기인한 것으로 판단된다. 또한 온도 170℃이상에서는 수지의 용출 및 변색이 심하게 나타났다. 한편 온도 160℃, 압력 50kgf/cm², 그리고 시간 90분으로하여 열압축목재를 제조한 결과 용이가 없는 판목재의 경우 매우 양호한 상태의 열압축목재를 제조할 수 있었다. 그러나 낙엽송에서는 일부 처리재에서 전과 같이 조직이 파괴되었다. 사진 2-2는 소나무재로 양호하게 제조된 열압축 처리재의 모습을 보여주고 있다.

마. 페놀수지함침 열압축목재(Compreg)

페놀수지함침 열압축목재(Compreg)는 앞에서 240시간 동안 상압 하에서 함침처리한 소재를 가지고 실험실 내에서 1주일간 방치하여 기건상태로 건조한 후 열압기 내에서 열압축처리하였다. 열압축처리는 온도 160℃, 압력 50kgf/cm², 그리고 열압시간 60분으로하여 제조하였다. 수지처리 열압축목재에서도 열압축처리 목재 제조시와 마찬가지로 압력을 70kgf/cm² 이상으로 가하였을 경우 조직이 심하게 파괴되는 현상을 나타내었다. 따라서 낙엽송, 소나무, 리기다소나무를 이용한 열압축처리목재나 수지함침 열압축목재 제조시에 소재는 용이가 없는 판목재에 압력은 70kgf/cm² 이하로 가하는 것이 바람직 한 것으로 판단된다. 사진 2-2는 페놀수지함침 열압축처리로 양호하게 제조된 소나무재를 보여주고 있다.

바. 재질개량화처리 목재의 치수안정성

침엽수 3수종과 앞에서 처리한 각 종 처리재의 치수안정성을 평가하기 위하여 수분흡수율(%), 용적팽윤율(%), 항흡수효율(%)과 항팽윤효율(%)을 측정하였다. 본 연구에서 사용한 3 수종의 흡습성 및 흡수

량. 그리고 방사방향과 접선방향 팽윤율(%)은 표 2-14에 나타난 바와 같다.

소재, PEG처리재, 수용성 페놀-포름알데하이드수지 처리재(Impreg), 열압축처리재(Staypak), 수지처리 열압축목재(Compreg), 그리고 소재와 PEG 처리재에 미국 Thompson's Co에서 제조한 방수처리제인 "Water Seal"을 표면에 스프레이로 분무하여 도포처리한 시험편의 비중, 흡수율, 수분흡수율, 용적팽윤율, 항팽윤효율과 항흡수효율을 측정하였다. 항팽윤효율과 항흡수효율은 다음의 식 (2)와 (3)에 의거하여 계산하였으며, 측정된 결과는 표 2-15와 그림 2-11, 2-12, 2-13, 그리고 2-14에 나타난 바와 같다. 표와 그림에서 보는 바와 같이 낙엽송, 소나무, 리기다소나무에 처리를 함으로써 소재의 치수안정성을 크게 향상시킬 수 있는 것으로 나타났으며, 항흡수효율의 경우에 있어서는 PEG처리를 함으로써 리기다소나무에서 최대 약 60%의 항흡수효율을 높일 수 있었으며, 전체적으로도 평균 45.27% 정도 항흡수효율을 높일 수 있는 것으로 나타났다. 그리고 열압축처리와 페놀수지함침 열압축처리를 함으로써 항흡수효율을 각각 평균 37.1%와 43.53% 향상시킬 수 있는 것으로 나타났다.

$$RWA(\%) = \frac{W_c - W_t}{W_c} \times 100 \quad (2)$$

여기서, RWA(%) : 항흡수효율
 W_c : 무처리재의 흡수율
 W_t : 처리재의 흡수율

$$ASE(\%) = \frac{S_c - S_t}{S_c} \times 100 \quad (3)$$

여기서, ASE(%) : 항팽윤효율
 S_c : 무처리재의 용적팽윤율
 S_t : 처리재의 용적팽윤율

또한 처리별 항팽윤효율을 보면 PEG처리를 시험편에서 평균 62.29%의 높은 항팽윤효율을 나타내었으며, Compreg에서 46.2%, PEG 처리후 Water seal로 표면피복 처리한 시험편이 42.27%, Impreg에서 35.00%, 그리고 소재에 Water seal 처리한 시험편에서 34.47% 향상된 것으로 나타났다. 그러나 수종별로는 모든 처리에서 소나무와 리기다소나무는 30%이상 항팽윤효율이 향상된 것으로 나타났으나 낙엽송에 있어서는 PEG 처리를 제외하고는 30%이하로 향상되었다.

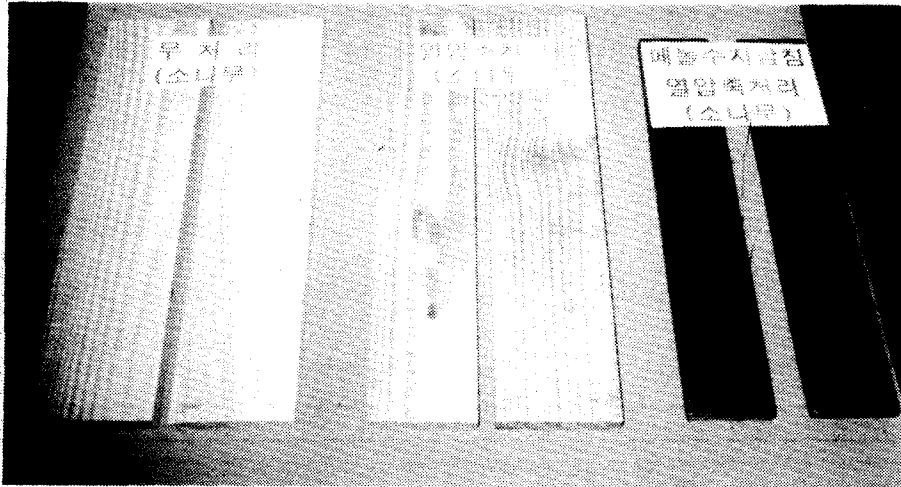


사진 2-2. 소나무재로 제조한 무처리재(왼쪽), 열압축처리재(가운데), 그리고 수지함침처리 열압축처리재(오른쪽)

Photo 2-2. Untreated wood(left), Stable untreated compressed wood (center), and resin-treated compressed wood(right) made with *Pinus densiflora*.

표 2-14. 침엽수재의 흡습성 및 흡수성

Table 2-14. Hygroscopicity and absorptiveness of softwood

수 종	평형함수율 (40℃, 65%)	평형함수율 (40℃, 90%)	방사방향 팽윤율(%)	접선방향 팽윤율(%)	흡수량 (%)	흡수율 (%)
낙엽송	12.66±0.300	14.44±0.144	0.14±0.026	0.26±0.049	8.02±0.254	30.73
소나무	11.80±0.592	13.29±0.745	0.19±0.084	0.27±0.115	10.84±1.610	39.92
리기다소나무	11.67±0.675	13.41±0.665	0.20±0.077	0.27±0.105	13.70±1.694	42.20

- ※ 1. 평균 ± 표준편차
- 2. 각 8반복의 평균값임

표 2-15. 처리종류별 수분흡수율, 용적팽윤율, 항흡수효율, 항팽윤효율

Table 2-15. Water absorption, volumn swelling, reduction in water absorptivity and antismwelling efficiency by treatment methods.

처리종류	기건비중	함수율 (%)	수분흡수율 (%)	용적팽윤율 (%)	항흡수효율 (%)	항팽윤효율 (%)
무처리						
낙엽송	0.48	12.66	30.73	4.28	-	-
소나무	0.36	11.80	39.92	7.40	-	-
리기다소나무	0.42	11.67	42.20	7.96	-	-
PEG처리						
낙엽송	0.62	8.95	20.90	2.90	31.99	32.31
소나무	0.55	8.89	22.37	1.25	43.98	83.14
리기다소나무	0.51	8.49	16.95	2.28	59.83	71.42
Inpreg						
낙엽송	0.66	8.86	28.07	3.58	28.66	16.29
소나무	0.76	12.69	18.21	3.99	54.39	46.12
리기다소나무	0.67	11.16	30.28	4.57	28.25	42.59
Compreg						
낙엽송	0.87	0.67	20.89	3.42	32.02	20.16
소나무	0.85	0.77	18.94	2.64	52.55	64.32
리기다소나무	0.85	1.65	22.78	3.65	46.02	54.13
Water seal						
낙엽송	-	-	14.91	4.06	37.49	15.14
소나무	-	-	23.22	4.01	41.84	45.81
리기다소나무	-	-	22.33	4.58	47.09	42.46
PEG-Water seal						
낙엽송	-	-	17.92	3.48	41.69	18.62
소나무	-	-	25.93	3.53	35.04	52.35
리기다소나무	-	-	24.08	3.48	42.94	56.27

※ 6반복의 평균값임.

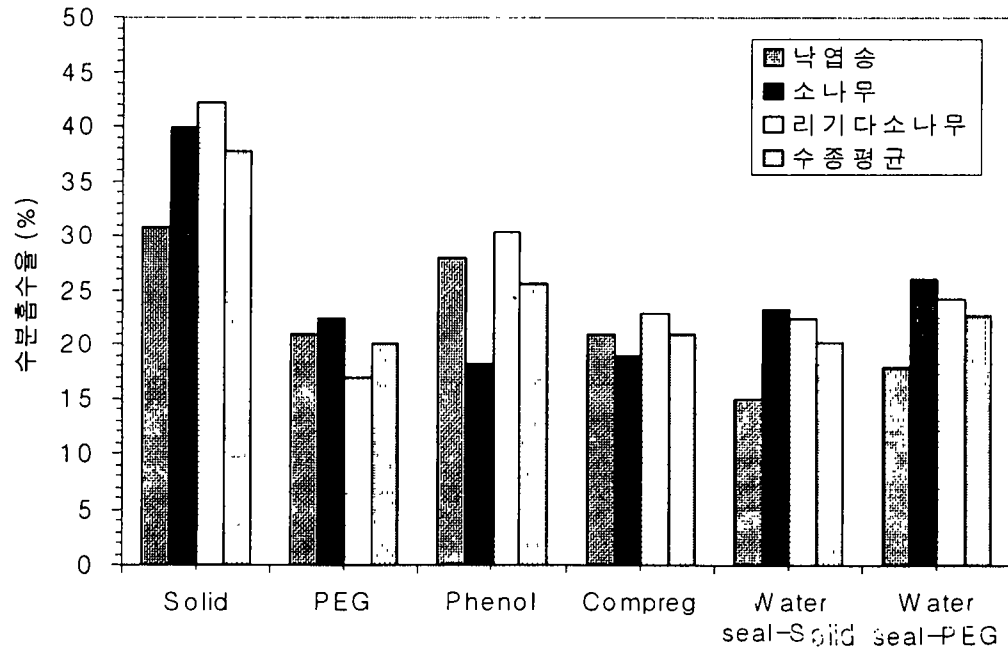


그림 2-11. 처리별 침엽수재의 수분흡수율

Fig. 2-11. Water absorption of softwood by treatment methods

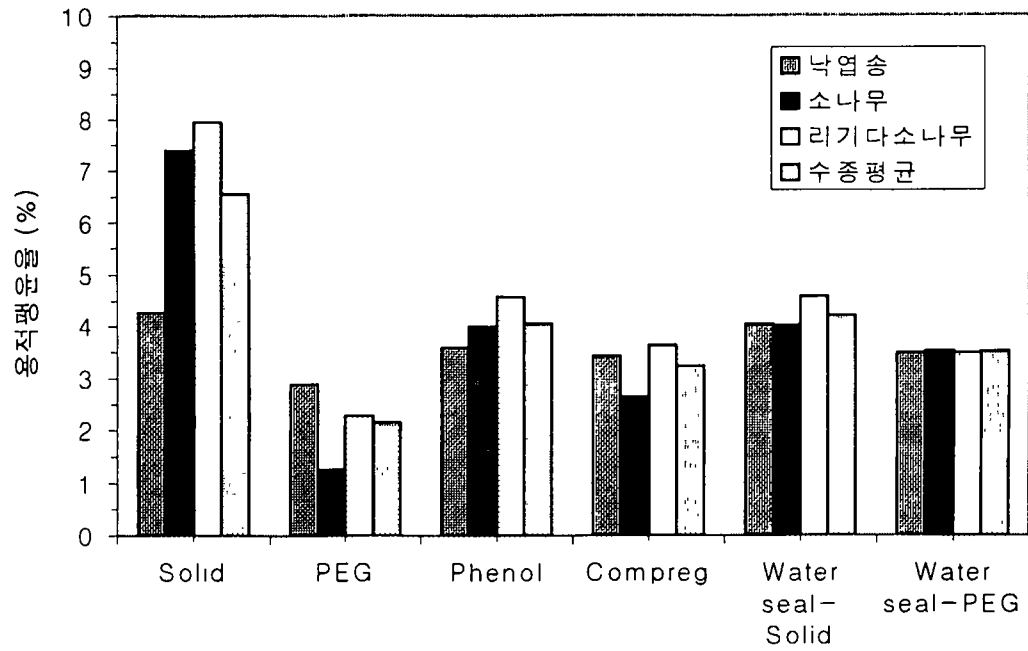


그림 2-12. 처리별 침엽수재의 용적팽윤

Fig. 2-12. Volumn swelling of softwood by treatment methods

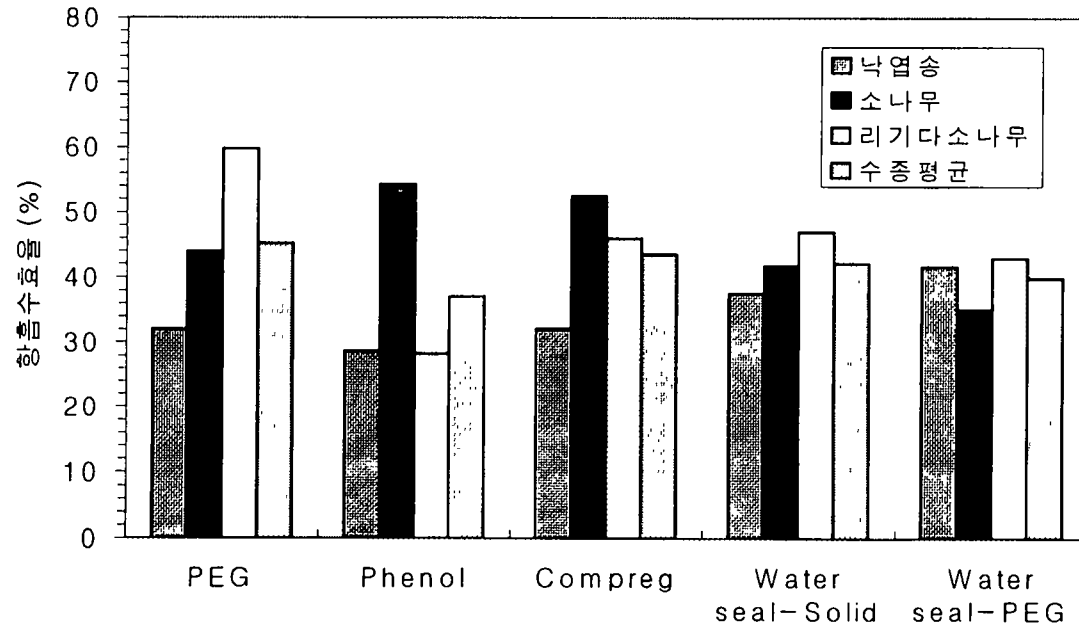


그림 2-13. 처리별 침엽수재의 항흡수효율

Fig. 2-13. Reduction in water absorptivity of softwood by treatment methods

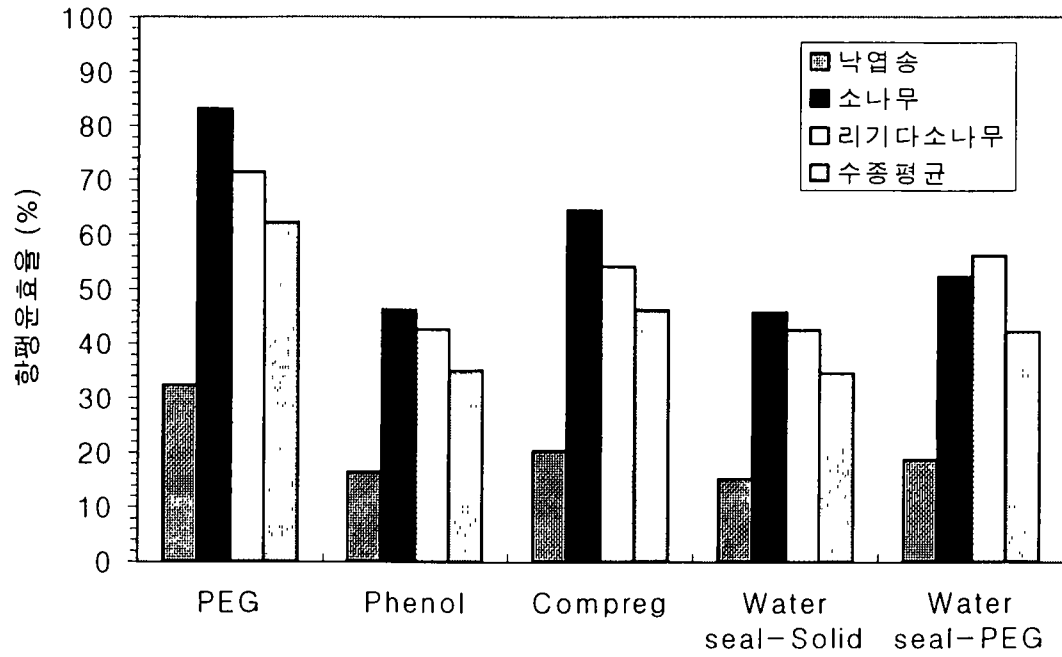


그림 2-14. 처리별 침엽수재의 항팽윤효율

Fig. 2-14. Antiswelling efficiency of softwood by treatment methods

사. 재질개량화처리 목재의 기계적 성질

침엽수 간벌 소경재 3 수종과 이들 수종으로 수용설 페놀-포름알데하이드수지함침 처리목재, 수용성 페놀-포름알데하이드수지함침 열압축목재, 열압축목재를 제조하여 휨강도적 성질과 충격강도를 측정하였으며, 측정한 결과는 표 2-16과 표 2-17, 그리고 그림 2-14와 2-15에 나타난 바와 같다. 이들 수종으로 열압축목재와 수지처리함침목재를 제조하는데 있어서 압력을 70kgf/cm² 이상으로 가하였을 경우에 조직이 심하게 파괴되는 경향을 나타내었으며, 파괴정도는 낙엽송에서 가장 심하게 나타났다. 낙엽송의 경우에는 50kgf/cm²의 압력에서도 파괴되는 경향을 나타내었으며, 그 정도는 재료의 폭과 두께가 증가할수록 심한 경향을 나타내었다. 처리에 따른 재료의 휨강도는 수지처리 열압축목재와 열압축처리목재에서 가장 높은 휨강도의 증가를 나타내었으며, 리기다소나무의 경우에는 열압축목재에서 2035.08kgf/cm²를 나타내어 소재에 비하여 306.3%의 높은 강도증가를 나타내었으며, 낙엽송에서 186.1%, 그리고 소나무에서 182.8%의 증가를 나타내었다. 수지처리 열압축목재의 경우에는 리기다소나무에서 250.2%, 낙엽송에서 170.1%, 그리고 소나무에서 126.9%의 휨강도 증가를 나타내었다. 그러나 PEG처리나 페놀수지함침의 경우에는 소재보다는 증가한 값을 나타내었으나 그 증가정도는 다른 처리재에 비하여 작은 것으로 나타났다. 이와같은 결과로 볼 때 국산 침엽수 소경재에 열압축처리 및 수지처리 열압축목재를 제조함으로써 강도적 성능을 크게 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다. 또한 사진 2-3은 열압축처리재를 이용하여 선삭가공품을 제조한 모습이다. 현재까지 침엽수재는 선삭가공시 털솨음이 많이 발생하고 특히 낙엽송의 경우에는 부서지거나 깨어지는 현상이 많이 발생하여 목공예품 제작자들이 사용불가능한 수종으로 여겨온 것이 사실이다. 그러나 앞으로 값싼 이들 침엽수재를 열압축처리 또는 수지함침 열압축처리를 함으로써 공예용재로 적합한 비중, 절삭성, 치수안정성, 그리고 강도적 성질을 갖춘 재료로 공급이 가능하여 기존의 고가의 목공예용재를 침엽수재로 대체가 가능할 것으로 기대된다. 또한 현재 가구제작용 및 실내 건축내장재로 사용되고 있는 집성판은 칠레송(Radiata Pine)으로 제조한 것으로 대부분을 수입에 의존하고 있으나 사용 중 결함(변형, 접착층 파괴 등)이 발생하고, 무늬가 국산재에 비하여 단순하며 가격도 고가인 점을 고려한다면 앞으로 국산 소경재를 이용하여 본 연구에서와 같은 집성재를 제조한다면 품질면에서나 가격면에서 충분한 경쟁력을 갖춘

우수한 고부가가치 상품을 제조할 수 있을 것으로 기대된다.

사진 2-4는 본 과제에서 침엽수 간벌 소경재를 이용하여 제조한 집성판의 모습이다.

표 2-16. 휨강도

Table 2-16. Bending properties.

(단위: kgf/cm²)

수 종 (Species)	소 재 (Solid)	페놀수지함침 (Impreg)	페놀수지함침 열압축처리 (Compreg)	열압축처리 (Staypak)	PEG 처리 (PEG-1000)
낙엽송	924.23	932.43	1572.26	1719.97	962.26
소나무	943.22	1016.98	1196.70	1724.32	978.53
리기다소나무	664.39	929.95	1662.18	2035.08	938.98

주) 16반복의 평균값임

표 2-17. 충격강도

Table 2-18. Impact Strength

(단위: kgf-m/cm²)

수 종 (Species)	소 재 (Solid)	페놀수지함침 (Impreg)	페놀수지함침 열압축처리 (Compreg)	열압축처리 (Staypak)	PEG 처리 (PEG-1000)
낙엽송	0.83	0.95	1.34	1.13	0.86
소나무	0.60	0.73	1.28	1.31	0.83
리기다소나무	0.75	0.77	1.25	1.30	0.80

주) 8반복의 평균값임

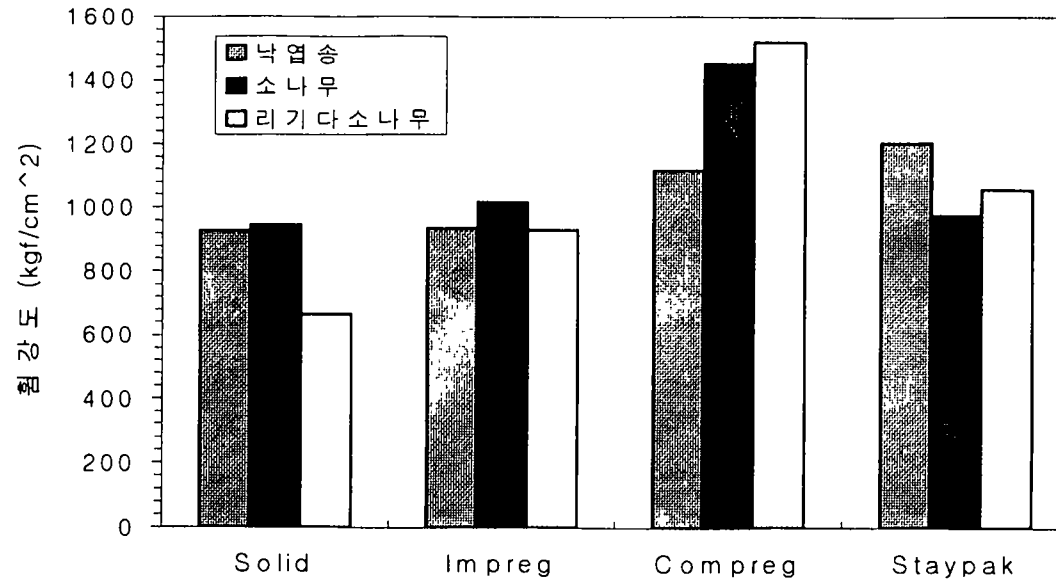


그림 2-15. 재질개량화 처리별 휨강도

Fig. 2-15. Bending strength by modification methods

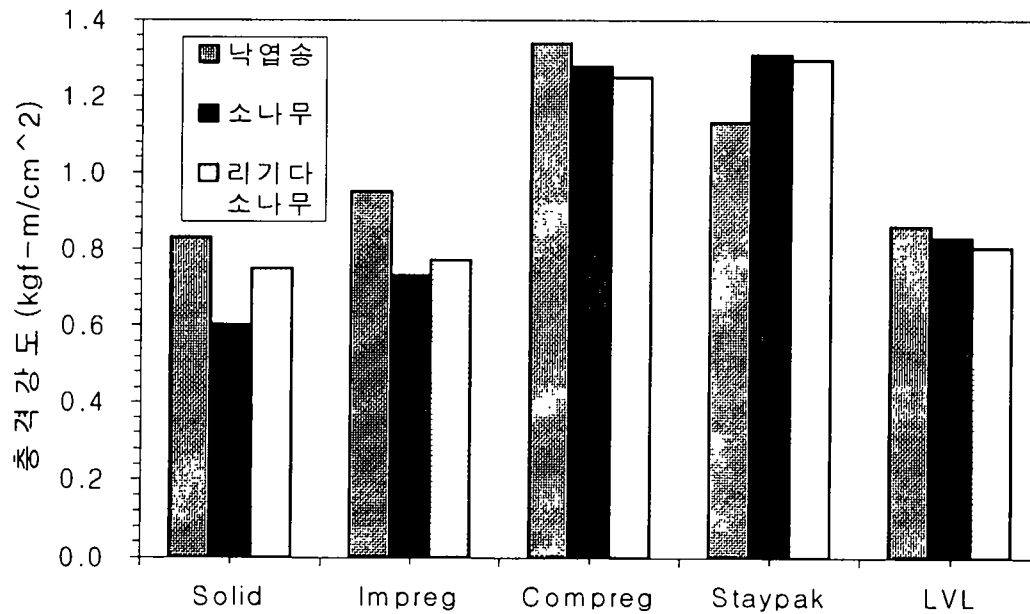


그림 2-16. 재질개량화 처리별 충격강도

Fig. 2-16. Impact strength by modification methods

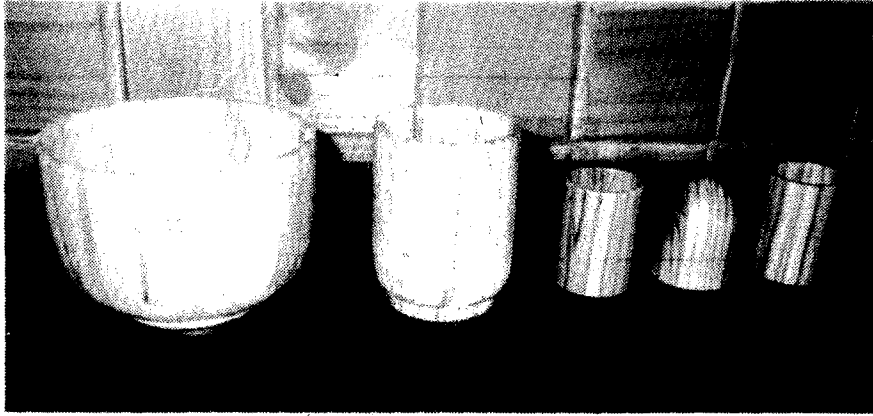


사진 2-3. 침엽수 열압축목재로 제조한 선삭가공품

Photo 2-3. Spindle turning products made with softwood compressed wood

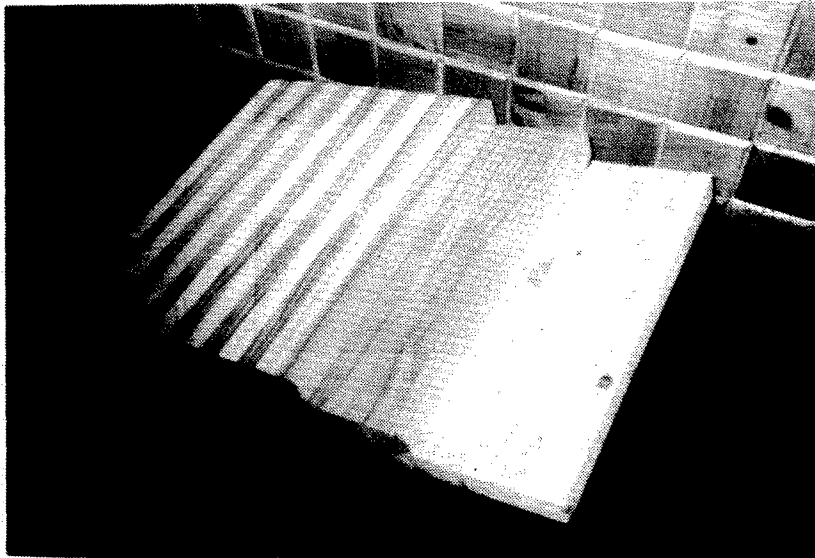


사진 2-4. 침엽수 간벌재로 제조한 집성판

Photo 2-4. Glued laminated timber made with thinned softwood

제 4 절 결 론

국내 원목 공급량의 약 83%를 차지하고 있는 침엽수재를 이용한 목공예용재 대체수종을 개발하고자 수행한 본 연구의 결과 대표적인 침엽수 간벌재(낙엽송, 리기다소나무, 소나무)는 남원지역에서 주로 사용하고 있는 목공예용재(물푸레나무, 오리나무, 사방오리나무, 느티나무 등)가 심변재가 뚜렷하지 않고 조직이 치밀한 산공재나 환공재인 반면에 이들 수종은 모두 연륜이 뚜렷하고, 심변재의 구분이 명확했으며, 춘추재의 이행이 급하고, 리기다소나무와 소나무에서 수지용출이 심하게 나타났다. 또한 활엽수 목공예용재에 비하여 비중이 낮고, 수축율이 큰 것으로 측정되어 치수안정성이 열등한 것으로 측정되었으며, 절삭시 털솨음이 많이 발생하고 거친 절삭면을 나타내었다.

한편, 이들 침엽수 3수종의 접착성 및 우레탄수지, 불소수지 도장성에 있어서는 수종에 따른 차이는 나타나지 않았으며, 접착성 및 도장성은 우수한 것으로 측정되었다.

리기다소나무와 소나무는 제재 및 건조과정을 거치면서 청변이 심하게 발생하였으며, 이는 제재직 후 바로 보존재를 분무해 줌으로써 청변을 예방할 수 있는 것으로 나타났다. 이들 수종을 공예용재로 적용하기 위해서는 열압축처리 및 수지함침열압축 처리를 해 줌으로써 비중을 높이고 춘추재 및 심변재 간의 차이를 줄이고, 털솨음 및 절삭성을 향상시킬 수 있었으며, 소재에 비하여 강도적 성능을 월등히 향상시킬 수 있는 것으로 나타났다. 열압축 처리는 방사방향으로 열압축하는 것이 가장 바람직한 것으로 나타났으며, 두께 15mm 판재의 경우에 열압온도 160℃, 압력 50kgf/cm², 열압시간 60분이 최적의 열압축 조건이었다. 열압축시 리기다소나무에서는 수지용출이 심하게 나타나 표면에 오염이 발생하였으며, 다음이 소나무, 그리고 낙엽송에서 일부 관측되었다.

이상과같이 낙엽송, 리기다소나무, 소나무에 일정한 압력으로 열압축처리를 함으로써 비중을 높여주고 강도적 성능을 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라 조직을 균일화시킬 수 있어 공예용재로 이용이 가능할 것으로 기대되며, 또한 제6장의 목공예용 특성화 디자인 개발에서 보여주는 것과 같이 이들 침엽수재와 기존의 공예용 활엽수재를 집성접착시킴으로써 새로운 공예용재, 가구 및 건축 내장재로의 이용이 가능할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. Kollmann, F. F. P., Edward, W. K., and Alfred J. S. 1975. Principles of wood science and technology II. Springer - Verlag, 61p.
2. Marra, A. A. 1992. Technology of wood bonding - Principles in practice-. Van Nostrand Reinhold, 447p.
3. Mitchell, H. L. 1972. How PEG helps the hobbyist who works with wood. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 20p.
4. Rowell. R. M. 1987. Treatments that enhance physical properties of wood. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-55.
5. Stamm, A. J., Seborg, R. M. 1951. Resin-treated laminated, compressed wood-Compreg. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Rep. No. 1381.
6. Stamm, A. J., Seborg, R. M. 1962. Resin treated wood-Impreg. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Rep. No. 1380.
7. 박문재외 2인. 1991. 국산재의 용도별 재질평가 및 품질기준(II)-리기다소나무와 잣나무 간벌재에 대하여-. 임업연구원 연구보고 43: 28-37.
8. 산림청 임업시험장. 표준임업시험실시요령(이용분야).
9. 소원택 외 5인. 1979. 개량소나무의 재질에 관한 시험. 임업연구원 연구보고 26: 5-28.
10. 심근 외 3인. 1990. 국산재의 용도별 재질평가 및 품질기준(I) - 참나무류, 낙엽송 간벌재에 대하여-. 임업연구원 연구보고 40: 46-58.
11. 임업연구원. 1994. 한국산 주요목재의 성질과 용도. 임업연구원 연구자료 제95호
12. 임업연구원. 1997. 한국의 목재수급실태. 임업연구우너 연구자료 제 133호

제 4 장

관형 목공예용 활엽수재 원판 및 특수운동구용재의 진공건조기술 개발

세부연구책임자 : 이 남 호
연구 원 : 김 종 만
보 조 원 : 이 등 진
최 광 복
이 준 호

제 1 절

목공예용 원판의 압체식고주파진공건조의 가능성 검토

1. 서 설

원판(圓板)의 횡단면상에는 아름다운 문양과 수목이 성장해온 기록이 모두 담겨져 있기 때문에 원판은 관행적인 제재품인 판재나 각재에 비해서 외관적인 면에서 뿐아니라 내면적인 면에서도 목공예용 재료로서의 가치가 훨씬 우수하다. 그래서 과거부터 테이블의 床板, 음식용기, 장식용품, 기타 관광이나 각종 이벤트의 기념품 제작용으로 원판을 이용코저하는 시도가 끊임없이 계속되고 있다. 특히 최근 목재자원이 점점 소경재화 또는 저질화 되어가는 시점에서 이들 자원을 원판의 형태로 활용하는 것은 자원의 집약적 이용이라는 측면에서도 유리하다.

그러나 원판에 반드시 포함되어 있는 수(pith)부위에는 생장응력이나 횡절응력(crosscut stresses)등에 의해 접선방향으로 인장응력이 크게 형성되어 있기때문에 건조중이거나 저장중에 섬유방향으로의 수분경사가 미미하게 형성되더라도 심재할렬이 발생할 위험성이 매우 높다(Kubler 1974, 1975, 1977; Lee 등 1992; wilhelmy등 1973a, 1973b). 뿐만아니라 횡단방향의 수축이방성에 의해서 야기되는 수축응력이 목재의 횡인장강도를 초과할 경우 판재나 각재에서는 틀어짐이 발생되지만 원판에서는 V형크랙이라는 파괴로 나타나기 때문에 건조재의 품등손상에 미치는 영향이 훨씬 치명적이다. 특히 원판의 경우 그 용도상 미관성이 중요시되어 건조특등품 이외에는 별 유용가치가 없는 점 또한 원판의 건조가 더욱 어려운 한 요인이 되고 있다. 알루미늄 호일로 횡단면을 감싸거나 PEG를 주입처리한 후 실내에서 음건하거나 저온으로 건조하는 등의 방식이 시도되어 왔으나, 이 경우 처리나 건조에 소요되는 시간이 너무 길고, V형크랙이나 변재변색의 우려가 크며, 도장성과 같은 2차가공성의 불량, 촉감불량 및 잔적작업의 불편함 등이 문제점으로 지적되고 있다(Kubler 1974 and Lee 등 1992).

최근 Lee 등 (1992)은 호도나무, 오리나무, 은행나무 등의 원판을 진공 건조하므로써 진공건조의 일반적인 잇점인 자유수 유동속도의 증진효과 및 저온건조에 의한 습열회복응력(hygrothermal recovery stresses)의 저하효과(Kubler 1973a, 1973b)에 힘입어 심재할렬에 의한 손상없이 10일 이내에 건조가 가능하다고 보고한 바 있다. 진공건조는 實積(solid pile)을 적용하기 때문에 형상이 불규칙하고 소형인 원판의 잔적에 적합하다. 특히 진

공건조는 투과성이 불량한 수종에 부적합하고, 건조비용이 비싼 단점을 지니고 있으나 원판은 목재의 3단면중 투과성이 가장 양호한 횡단면이 모두 수분증발면으로 이용되고, 건조후 고부가가치용재로 활용되기 때문에 원판의 경우 진공건조의 단점이 극복될 수도 있다.

이처럼 진공건조는 원판의 건조에 적합한 면들이 많으나, 이방성수축응력과 심·변재간의 건조속도의 큰 차이에 의해 변재부에 형성되는 접선방향인장응력 등의 영향으로 V형크랙의 예방에는 아직 한계가 있다.

따라서 본 연구에서는 심재할렬이나 V형크랙이 없이 원판을 진공건조하기 위해서는 건조중 횡단방향 수축율의 저하는 물론이고, 원판 양 횡단면의 심·변재 부위를 통한 수분 증발속도의 균형을 유지하는 것이 중요하다라는 가설을 설립하고 이를 검토코저하였다. 특히 고주파진공건조(Radio-frequency/Vacuum Drying)는 건조중 수분경사를 완화시키는데 효과적이기 때문에(Kanagawa 1989; Liu 등 1994), 원판의 건조결함 예방에 효과적일 것으로 기대된다.

본 연구에서는 두께 75mm 호도나무(*Platycarya strobilacea*) 원판을 전단면 엔드테이핑처리(ETSH) 또는 변재부 엔드래핑처리(EWS)한 후 고주파진공건조하거나 또는 생재에서 함수율 약 50%까지는 고주파진공건조하고, 이 이후부터 건조종료시까지의 열판건조, 즉 고주파진공-열판건조(RF/V-to-press Drying)하면서 건조중 수축율, 재온분포 및 건조결함 등을 조사하였다. 이 결과로부터 건조결함 예방을 위한 각 처리의 효과 및 원판의 압체식 고주파진공건조(Radio-frequency/vacuum plus mechanical pressure drying; RFP/V drying)의 가능성을 구명하여, 목공예용 원판의 RFP/V 건조기술 개발을 위한 기초자료로 활용코저 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 시험편 준비

호도나무(*Platycarya strobilacea*) 입목 1本을 벌채하여 길이 1.4m 원목 4本을 조재해서 RF/V건조 및 RF/V-to-press 건조용으로 각각 2本씩을 사용하였다. 각 원목의 양단으로 부터 10cm씩을 거단하여 ASTM수축율시험편(접선방향 30mm×방사방향 30mm×섬유방향 5mm)을 10개씩 준비하였다. 그리고 나머지 부분에서 두께 75mm(섬유방향)의 건조시험용 원판을 3개씩 엔드매치되게 채취하여 각각 무처리, ETS처리 및 EWS처리용으로 사용하였다(그림 3-1-1). 동일처리의 건조시험용 원판중에서 직경이 가장 큰 것 1개씩을 선별하여 RF/V건조중의 재온분포를 조사하거나 또는 RF/V-to-press 건조중의 건조속도를 추정하는데 이용하였다. RF/V건조중의 재온변화는 테프론(teflon)코팅을 한 백금측온저항체로 측정하여 데이터집적장치로 수집하였다. 재온은 양 횡단면으로 부터 각각 10mm 떨어진 지점과 원판두께의 중앙지점 등 3지점에서 측정하였다(그림 3-1-2A). 온도센서는 원판의 횡단면과 평행을 이루도록 삽입한 다음, 실리콘으로 밀봉하고서 다시 플라스틱 캡을 씌웠다. 이때 구멍의 깊이는 온도센서의 선단이 원판의 심재부위까지 삽입될 수 있도록 조절하였다.

재온분포조사용 원판을 제외한 나머지 원판에는 수피측 횡단면상에 접선방향과 방사방향의 수축을 측정기준선을 2개부위에 그려 건조 전후의 길이를 화상처리기와 NEXUS프로그램을 이용하여 $\pm 0.01\text{mm}$ 까지 측정하였다.

ETS처리는 원판의 양 횡단면의 전부위를 밀가루 풀을 사용하여 한지 2매씩으로 테이핑한 반면에 EWS처리는 횡단면상의 변재부위만을 음식물 포장용 비닐랩으로 감싼 다음 약간의 칼집을 내어 이곳을 통해서 수분증발이 이루어지도록 처리하였다. 그러나 열판건조중에는 비닐랩 대신 한지 2매로 변재부위만을 테이핑하였다. 건조시험용 원판의 직경은 21~23cm 였고, 생재비중과 초기함수율은 각각 0.53과 75%였다.

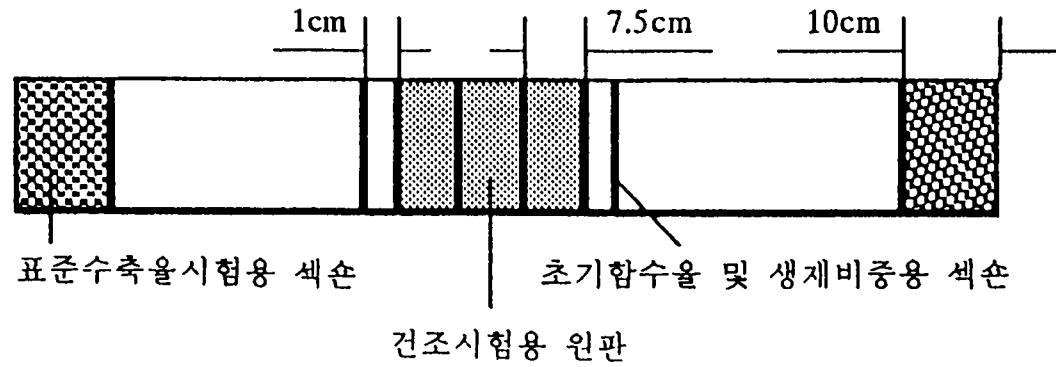


그림 3-1-1. 건조시험용 원판과 초기함수율, 생재비중 및 ASTM수축율시험용 섹션의 채취
Fig. 3-1-1. Preparation of the tree disks for drying test and specimen for initial MC and Sp.Gr based on green volume and ASTM shrinkage.

나. RF/V건조

RF/V건조는 직경 50cm×길이 100cm의 크기로서 1KW의 고주파발전기가 7분 작동 - 3분 정지 사이클로 작동되는 진공건조기내에서 수행되었다. 고주파발전기의 주파수와 전압은 각각 27MHz와 4.3kV로서 건조중 일정하게 고정되었다. 각각 8개씩의 무처리, ETSH 및 EWS처리 원판들은 각 처리별로 독립적으로 잔적하였는데, 각 경우 공히 1단에 4개씩 2단으로 실적하되 ⊕ ⊖ 알루미늄전극판과 잔적층 사이에는 합판을 끼워 잔적하였다. 단 무처리 원판의 경우에는 하부잔적층과 하부 알루미늄전극판 위의 합판사이에 두께 3mm의 목재산대를 끼워 하부 횡단면을 통한 수분증발이 보다 용이하게 이루어지게 잔적한 반면에, ETSH처리나 EWS처리 원판을 잔적할때는 이러한 산대를 사용하지 않으므로써 양 횡단면을 통한 수분증발의 영향을 보다 분명하게 관찰코저하였다(그림 3-1-2 B와 C). 재온분포조사용 원판은 항상 하부잔적층에 잔적하였다.

건조중 절대수증기압은 약 50mmHg를 유지하였고, 원판 내층의 재온을 생재~함수율 20%까지는 38℃, 20%MC~15%MC는 42℃, 그리고 15% MC 이하부터 건조종료시까지 45℃로 조절하였다. 건조중 적절한 시간간격으로 건조기의 작동을 중지하고, 잔적된 각 원판의 무게를 평량하여 건조중 함수율을 구하였고, 이때 적산전력계를 이용하여 소요된 전기에너지도 측정하였다. 건조종료후 재온분포조사용 원판을 제외한 나머지 원판들의 양 횡단면에 나타난 심재할렬 및 V형크랙의 발생정도를 조사하였다.

다. RF/V-to-press건조

무처리, ETSH 및 EWS 처리한 모든 원판들은 생재에서 함수율 약 50%까지는 RF/V건조때와 동일한 잔적과 건조조건으로 RF/V건조하였고, 이때까지 V형크랙이 발생하지 않은 원판들에 한해서 건조종료시까지 열판건조하였다. 열판건조기는 열판의 크기가 31×36cm이고, ±1kgf까지 압력조절이 가능하였다. 열판의 압력과 온도는 각각 5.25kgf/cm²와 120℃로 고정하였으며, 열판과 원판사이에 직경 3mm의 환기구멍이 관통되어있는 알루미늄 배기 카울과 80메쉬의 철사망을 끼워 수분증발이 용이하게 이루어지도록 조치하였다.

각 처리에 있어서 생재~함수율 50%까지 RF/V건조하는 동안 재온콘트롤용으로 사용되었던 원판을 열판건조하면서 적절한 시간간격으로 열압을 해제하고서 원판의 건조중 무게를 평량하여 함수율 약 5%까지의 각 처리별 건조속도곡선을 구하였다. 이 건조속도곡선으로부터 각 처리별 원판의 함

수율 8%까지의 건조시간을 추정하였다. 건조시간추정용으로 사용된 원판을 제외한 나머지 원판들은 추정된 건조시간동안 연속열판건조하여 건조를 종료하였다. RF/V 건조때와 동일한 요령으로 심재할렬, V형크랙 및 수축을 등을 조사하였다.

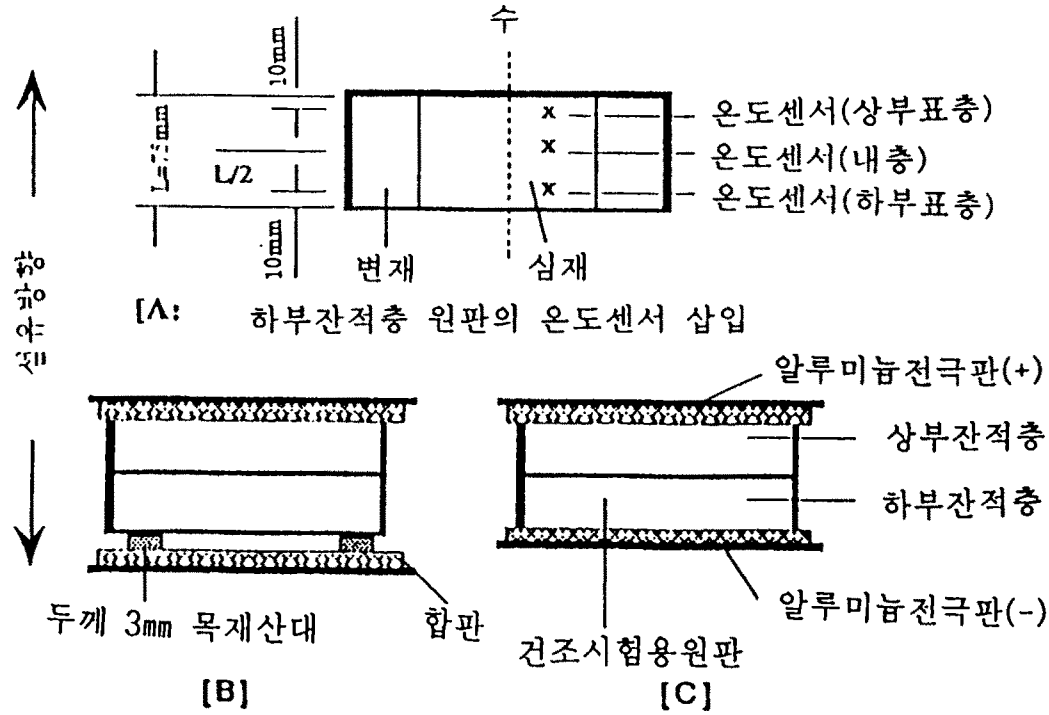


그림 3-1-2. 재온분포조사용 온도센서의 삽입위치[A]와 무처리[B] 또는 ETSH 및 EWS 처리 원판[C]의 잔적 정면도

Fig. 3-1-2. Locations of the temperature sensors in longitudinal section of tree disk [A] and front views of stacking the tree disks for control[B] and ETSH or EWS[C].

3. 결과 및 고찰

가. 건조시간과 건조속도

생재에서 함수율 약 10%까지 RF/V건조하는데 소요된 시간은 무처리 118시간, ETSH처리 174시간 EWS처리의 경우 323시간이었다(그림 3-1-3). 이 시간은 두께 1인치 미송원판을 실내음건하는데 소요된 시간 약 5주일(Kubler 1974)의 1/10~2/5에 불과할 정도로 건조시간이 크게 단축되었고, 이 때문에 모든 원판들은 변재변색을 피할수 있었던 것으로 생각된다. EWS처리 원판의 건조소요시간은 ETSH처리의 약 2배에 가깝고, 생재에서 최종 함수율까지의 평균건조속도 또한 0.20%/hr로 ETSH처리 원판의 0.37%/hr보다 상당히 느렸다(그림 3-1-4). 이것은 원판 횡단면의 변재부 영역을 통한 수분증발이 원판의 건조속도에 절대적인 영향을 미치고 있음을 의미하는 것으로서 원판의 경우 판재나 각재와는 달리 심재부와 변재부가 건조중 각각 독립적인 수분증발면으로 작용하기 때문인 것으로 해석된다. 그리고 각 처리에 관계없이 모두 건조속도가 건조개시 4시간 이후 급격하게 감소하고 있음을 볼 수 있다. 이것은 진공하에서 수분의 모세관유동의 부가적인 기동력을 부여하는 재내외간의 절대압력의 차가 건조개시 당시에는 거의 1기압이었던 것이 이후 세포내강속의 기포수가 감소함에 따라 급격하게 약화되기 때문인 것(Liu 등 1994)으로 설명될 수 있을것이다.

무처리와 ETSH처리 원판의 RF/V건조중의 평균건조속도는 기복이 크고, 건조시간이 경과함에 따라 급속하게 감소된 반면에 EWS처리 원판은 전 건조기간내내 안정적이면서 거의 균일한 모습을 나타내었다. 이러한 사실은 EWS처리 원판의 경우 변재부 횡단면을 비닐로 래핑하므로써 내부수분의 표층으로의 수분유동속도와 횡단면을 통한 수분증발속도간에 거의 차이가 없었음을 시사하는 것으로서, 이로 미루어 보아 섬유방향이나 방사방향으로의 수분경사 또한 무처리나 ETSH처리 원판보다 완만하였을 것으로 추측된다.

그림 3-1-5는 RF/V건조중 동일처리의 각 원판들간의 건조속도의 변이를 나타낸 것이다. EWS처리 원판들의 경우 무처리나 ETSH처리 원판들의 건조속도 변이보다 더 작았다. 특히 무처리 원판은 건조중 평균함수율이 58%, 42.5% 및 24%에서, 그리고 ETSH처리 원판에서는 함수율 60%에서 변이가 급증하는 피크를 보인 반면에 EWS처리의 경우는 건조후기인 함수율 20.2%에서 비교적 낮은 피크를 보였을 뿐이다. 이 피크들은 건조중에 V형크랙이 발생되고, 이 크랙면을 통해서 수분증발이 왕성하게 이루어졌기 때문인 것으로 생각된다. 실제로 무처리나 ETSH처리 원판을 RF/V건조하는 동안 섬유

포화점보다 훨씬 높은 함수율인데도 불구하고 V형크랙이 발생된 원판들을 볼 수 있었다. 이것은 동일 원판내에서 심·변재부간의 건조속도의 차이때문에 방사방향으로의 수분경사가 심하게 형성된다면 비록 건조초기라 할지라도 변재부 영역에 접선방향 인장응력이 형성될 수 있음을 의미한다. RF/V-to-press 건조의 건조시간과 최종함수율은 표 3-1-1에 나타내었으나, RF/V와 기계적압체력에 의한 건조결함 예방효과를 검토하는 것 이외에는 RF/V-to-press건조가 지니는 의미가 없기 때문에 건조시간에 대한 고찰은 생략하였다.

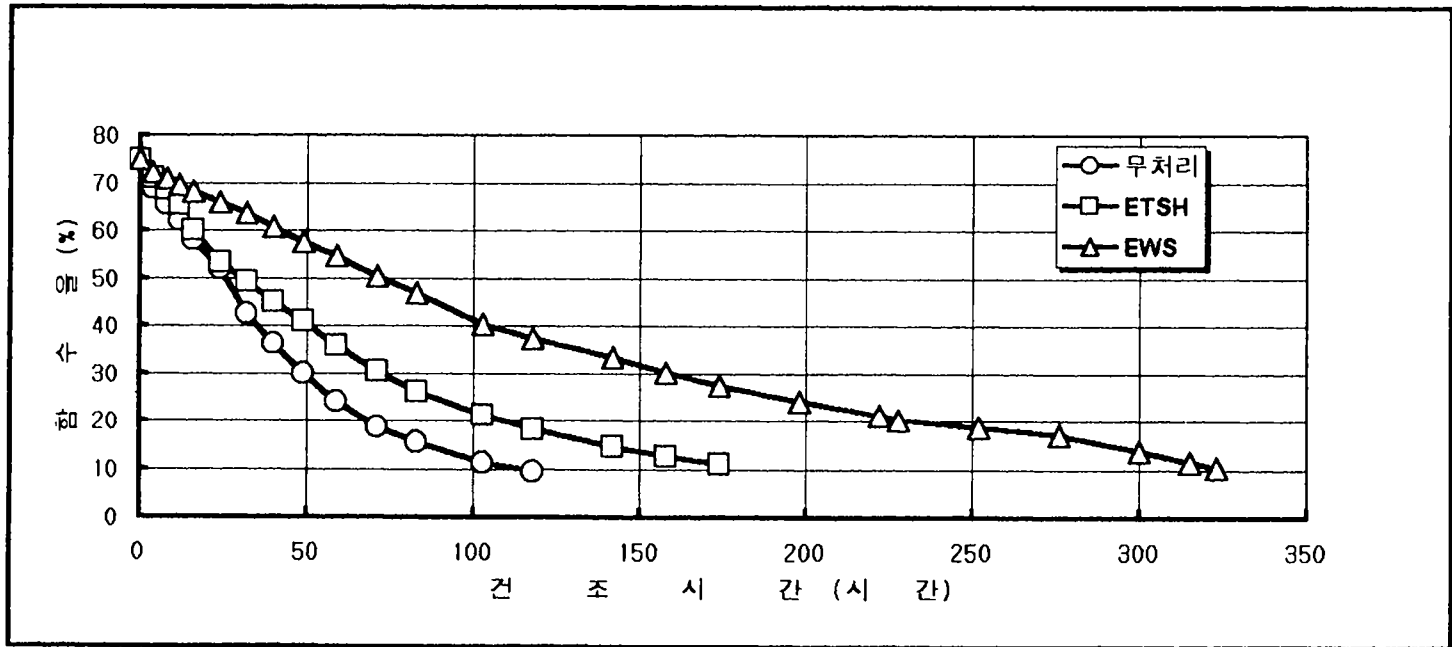


그림 3-1-3. 두께 75mm 호도나무 원판의 RF/V 건조곡선
Fig. 3-1-3. RF/V drying curves for 75mm-thick walnut disks.

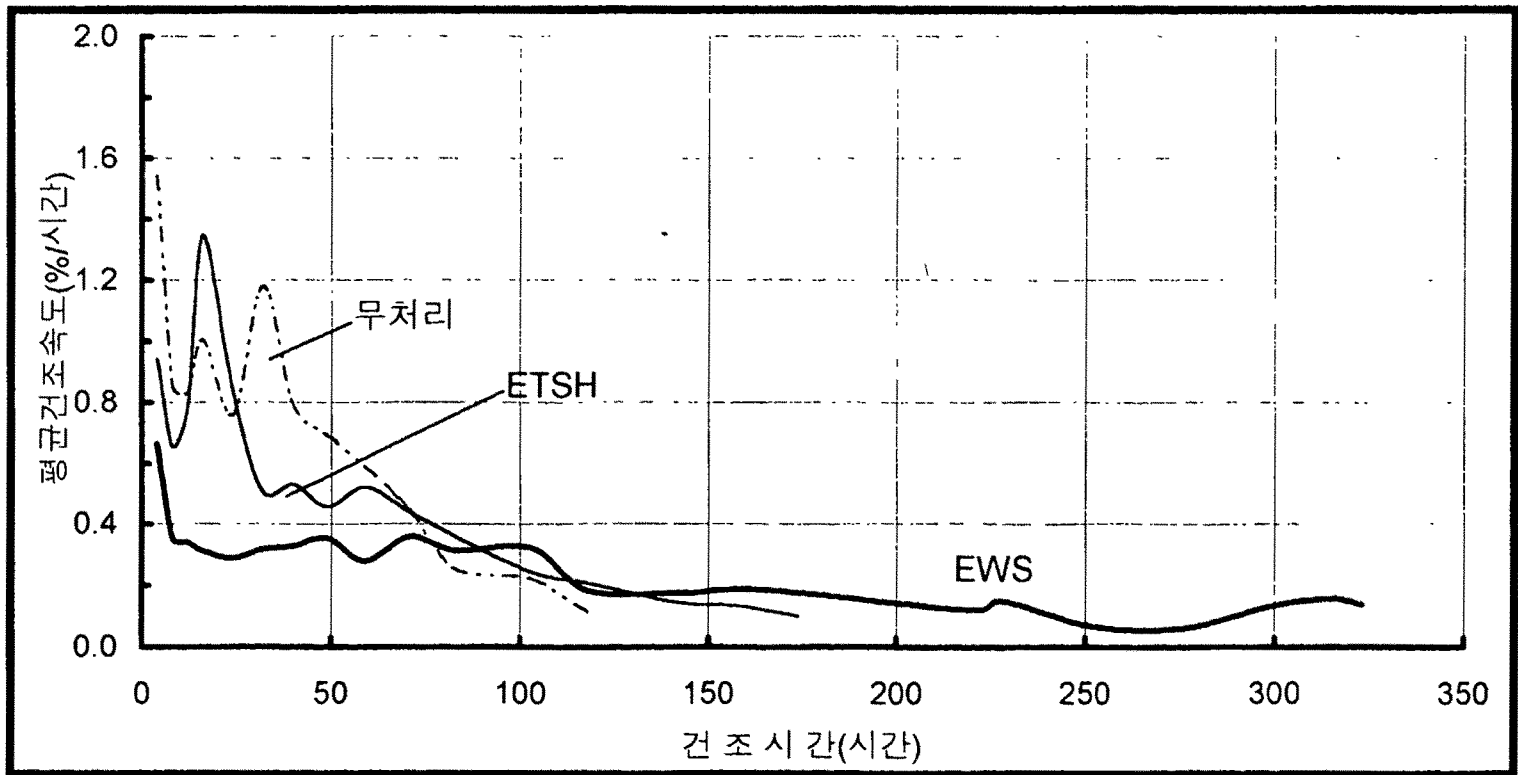


그림 3-1-4. 두께 75mm 호도나무 원판의 RF/V건조중의 평균건조속도

Fig. 3-1-4. Average drying rates for 75mm-thick walnut disks during RF/V drying.

표 3-1-1. 건조속도 추정용 원판의 RF/V-to-press건조의 건조시간과 최종함수를
 Table 3-1-1. Drying times and final MCs of the tree disks for
 determining the drying rates during RF/V-to-press drying.

처 리	건 조 시 간 (시 간)			함 수 율 (%)	
	고주파진공건조	열판건조	계	열판건조前	건조종료後
무처리	42	33	75	57.3	5.8
ETSH	60	75	94	49.4	5.7
EWS	143	28	171	48.3	4.6

나. RF/V건조중 재온분포

무처리와 EWS처리 원판의 RF/V건조중 재온분포를 각각 그림 3-1-6과 그림 4-1-7에 나타내었다. 두 처리 모두 건조초기의 상부표층의 온도는 내층의 온도와 거의 같았고, 건조시간이 경과함에 따라 내층의 온도보다 점점 더 높아진 반면에 하부표층의 온도는 전 건조기간 내내 항상 내층온도보다 낮은 분포를 보였다. 이것은 재온분포조사용 원판의 상부측 횡단면은 바로 위층에 잔적된 원판의 하부측 횡단면과 직접 접촉하고 있기 때문에 원판내 수분의 대부분이 반대측 횡단면을 통해서 증발되므로써 증발잠열에 의한 열손실로 하부표층의 온도는 컨트롤온도인 내층의 온도보다 낮아지게 된 것으로 판단된다. 특히 무처리 원판의 하부표층의 온도는 38℃정도로 EWS 처리 원판의 하부표층의 온도 40℃보다 더 낮게 나타난 사실로부터도 이러한 설명은 뒷받침된다. 즉 EWS처리의 경우 재온분포조사용 원판의 하부측 횡단면과 하부 알루미늄전극판 사이에 목재산대를 끼우지 않고 잔적하였을 뿐 아니라 수분증발이 상대적으로 용이한 변재부위를 비닐로 래핑처리하므로써 무처리원판보다 원판의 하부측 횡단면을 통한 수분증발량이 적었고, 따라서 증발잠열에 의한 열손실량도 무처리의 경우보다 적어 하부표층의 온도가 더 높게 나타난 것으로 해석된다. 그러므로 원판건조시 섬유방향 수분경사를 보다 완만하게 유지하기 위해서는 상·하층에 잔적된 두 원판의 횡단면들이 직접 접촉하지 않도록 주의해야할 것으로 생각된다.

건조시간이 경과함에 따라 원판의 상부표층의 온도는 급격하게 증가하는 양상을 보였는데, 고주파발전기로 부터 투입된 전기에너지의 대부분이 하부표층보다 고함수율상태인 상부표층에 흡수되어졌기 때문인 것으로 판단된다(Dwinell 등 1994). 따라서 상부표층과 하부표층간의 온도의 차이도 건조말기에는 무처리의 경우 8℃, EWS처리의 경우 약 6℃까지 증가하였다.

이상의 재온분포 모형을 미루어 볼때 EWS처리 원판은 잔적방법이나 변재부의 엔드래핑처리에 의해서 무처리 원판보다 섬유방향으로의 수분경사가 더 완만하였을 것으로 추측된다.

한편 EWS처리 원판의 경우 건조경과시간 222시간에서 투입에너지의 급증에도 불구하고 표층과 내층의 온도가 모두 1℃이상씩 급락한 것을 볼 수 있다. 이 시기는 건조중 평균건조속도의 변이(그림 3-1-5)가 피크를 이루는 시기와 일치하는데, 재온분포조사용 원판에 V형크랙이 발생하여 이 크랙면을 통해서 수분증발량이 갑작스럽게 증가한 결과인 것으로 생각된다.

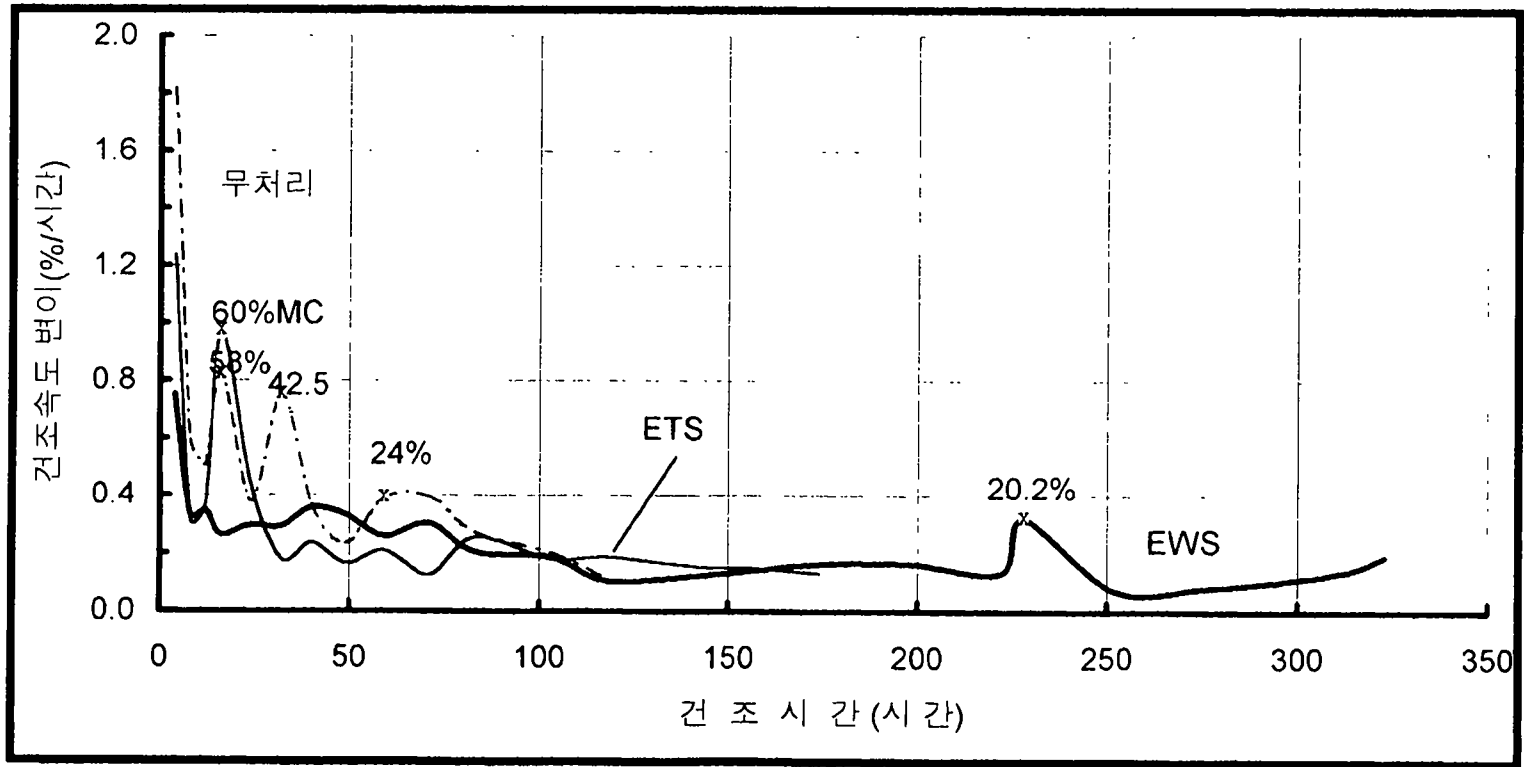


그림 3-1-5. 두께 75mm 호도나무 원판의 RF/V건조중의 건조속도변이

Fig. 3-1-5. The variations of drying rates for 75mm-thick walnut disks during RF/V drying.

다. 심 재 할 렬

RF/V건조의 경우 ETSH처리 원판에서는 심재할렬이 전혀 발생하지 않았고, 무처리와 EWS처리 원판의 경우 심재할렬에 의해 손상된 원판의 출현율이 각각 57%와 29%였으며, 원판 1개당 심재할렬의 발생개수와 총길이는 매우 작았다(표 3-1-2). Lee 등(1992)은 원판을 진공건조할 경우 재내외간의 절대압력의 차이에 의해 섬유방향으로의 수분경사를 보다 완만하게 유지할 수 있기 때문에 심재할렬은 효과적으로 예방이 가능하다고 보고한 바 있다. 특히 ETSH처리의 경우 횡단면의 심재부위가 한지로 테이핑되었기 때문에 다른 처리 원판들에 비해서 수부위의 섬유방향 수분경사가 더욱 완만하여 심재할렬이 전혀 발생되지 않은 것으로 생각된다. 그러나 횡단면의 심재부위만을 또는 횡단면 전체를 테이핑처리할 경우 심재할렬 예방에는 효과적이지만 동일 횡단면내에서 심재부위와 변재부위간의 건조속도의 차이를 완화시킬수 없거나 더욱 심화시키기 때문에 V형크랙이 보다 쉽게 발생할 수 있는 점에 주의해야 할 것으로 판단된다. 또한 무처리나 EWS처리 원판이라 할지라도 상·하 잔적층에 놓여있는 두 원판들의 횡단면이 직접 접촉되지 않도록 잔적하여 동일 원판의 양 횡단면을 통한 수분증발의 균형을 유지한다면 RF/V 건조에 의한 심재할렬 예방효과는 더욱 증진될 것으로 기대된다. 한편 RF/V-to-press건조재의 경우 열판건조중 고온의 건조조건과 원판의 횡단면에 대하여 수직으로 가해진 기계적 압체력 때문에 처리에 관계없이 심재할렬의 발생정도는 그 수와 크기를 셀 수 없을 정도로 극심하였다.

표 3-1-2. RF/V건조와 RF/V-to-press 건조원판의 심재할렬의 발생빈도 및 원판 1개당 총 발생개수와 총 길이

Table 3-1-2. Frequencies of the tree disks with heart checks and their numbers and lengths per each tree disk after RF/V drying and RF/V-to-press drying.

건 조 방 식	처 리	심 재 할 렬		
		발생빈도(%)	총개수(개)	총길이(cm)
RF/V 건조	무처리	57	1.4	3.9
	ETSH	0	0	0
	EWS	29	0.3	0.8
RF/V-to-press 건조	무처리	100	극심	극심
	ETSH	100	극심	극심
	EWS	100	극심	극심

라. 수축율과 V형크랙

RF/V건조 또는 RF/V-to-press건조 중에 V형크랙에 의해 손상되지 않은 원판들의 함수율 8%까지의 접선방향 수축율은 방사방향 수축율과 같거나 오히려 더 작았다(표 3-1-3). RF/V-to-press건조의 경우는 기계적 압체력에 의해서 횡단방향 수축이 억제되어졌을 뿐아니라 방사조직을 따라서 발생한 표면할렬때문에 접선방향 수축율이 과소평가된 것으로 보인다. RF/V건조 원판이라 할지라도 V형크랙에 의해 손상된 원판에서는 두 횡단방향간의 수축율의 역전현상은 전혀 나타나지 않았다. 그러나 두 횡단방향간의 수축율의 차이는 ASTM수축율의 경우와 비교하여 훨씬 작았다. 특히 RF/V건조된 無V크랙 원판의 접선방향 수축율은 ASTM수축율시험의 접선방향 수축율의 약 절반정도에 불과한 반면에 방사방향수축율은 2배정도에 이른 것으로 나타나, 결과적으로 두 횡단방향의 수축율의 합(S_t+S_r)은 ASTM수축율의 경우에 비해서 10~22%정도 작게 나타났다. 이것은 RF/V건조의 경우 찌그러짐량이 감소한 결과에 기인한 것으로 생각된다. Hayashi 등(1977)은 진공하에서는 세포의 액체장력이 소멸된 이후 찌그러짐의 복원이 대기압하의 경우 보다 용이하다고 보고한 바 있다. 찌그러짐이 건조재의 수축에 미치는 영향은 방사방향보다는 접선방향 수축의 경우가 훨씬 크고 (Terazawa 등 1972), 따라서 RF/V건조된 원판은 정상적인 경우에 비해서 접선방향 수축율이 작고, 반대로 방사방향수축은 포아송효과에 의해서 약간 증가된 것으로 해석된다. Harris 등(1984)도 RF/V건조재의 수축율은 열기건조재의 수축율보다 작은 것으로 보고한 바 있다. 그러나 진공 또는 RF/V 조건하에서의 목재의 수축메카니즘은 목재의 진공건조기술 개발에 있어서 대단히 중요한 것으로서 앞으로 물리적인 접근을 통한 보다 분명한 메카니즘 구명이 필요한 것으로 생각된다.

RF/V건조 또는 RF/V-to-press건조후 V형크랙의 발생정도를 표 3-1-4에 나타내었다. RF/V-to-press건조의 경우는 어떤 원판에서도 V형크랙이 발생하지 않았는데, Kubler(1975)에 의해서 제시된 아래식 (1)에서 (S_t-S_r)가 (-)값을 나타내므로써 횡단방향간 수축율의 차이에 의해서 나타나는 건조응력(σ)이 압축응력 상태였기 때문인 것으로 생각된다.

$$\sigma = E(S_t-S_r)/(1-S_r) \text{ -----(1)}$$

- σ : 건조응력(kgf/cm²)
- E : Young률
- S_t : 접선방향수축율
- S_r : 방사방향수축율

RF/V건조중에도 (S_i-S_r)이 감소함에 따라 이 건조응력은 완화되었겠다고 생각되나 무처리나 ETSH처리 원판들중 상당수가 V형크랙에 의해 손상되었다. 이것은 횡단면상에서 심재부와 변재부간의 건조속도의 차이, 특히 무처리의 경우는 여기에다 상하 횡단면간의 건조속도의 차이까지 가미되어 건조초기에 변재부 영역에는 미세한 할렬이 발생하게 되고, 건조후기에 원판이 수축하면서 형성되기 시작하는 이방성 수축응력이 이 미세할렬부에 집중되므로써 RF/V건조에 의해서 얻어진 건조응력 완화에도 불구하고 V형크랙 예방에는 큰 소득을 얻지 못한 것으로 판단된다. 따라서 V형크랙의 발생은 이방성 수축응력 뿐아니라 방사방향이나 섬유방향 수분경사에 의해 형성된 표면응력과도 밀접한 관련이 있는 점에 주목해야 한다.

RF/V건조중 오로지 심재할렬 없이 V형크랙에 의해서만 손상된 원판(그림 3-1-8 위-왼쪽)과 무결점재(그림 3-1-8 위-오른쪽), 그리고 RF/V-to-press 건조중 V형크랙은 없지만 심재할렬이 매우 극심하게 발생한 원판(3-1-8 아래) 사진을 그림 3-1-8에 나타내었다. RF/V건조에 의해서 심재할렬은 매우 효과적으로 예방되어졌고, V형크랙도 동일 원판의 횡단면내에서 심·변재간 또는 상하횡단면간 건조속도의 균형을 유지하도록 조치한다면 어느 정도 예방이 가능할 것으로 판단되지만 역시 RF/V건조만으로는 V형크랙의 예방에 불완전하다. 반대로 RF/V-to-press건조는 심재할렬 예방에는 무의미하였지만 V형크랙 예방에는 완전무결한 것으로 나타났다.

따라서 원판을 심재할렬이나 V형크랙에 의한 손상이 없이 건조하는 데에는 기계적 압체력을 가하면서 RF/V건조하는 것이 바람직할 것으로 생각된다. 건조중 틀어짐을 방지할 목적으로 이와 유사한 고주파진공건조기가 이미 시판되고 있기때문에 실용적으로도 큰 문제가 없을 것으로 판단된다.

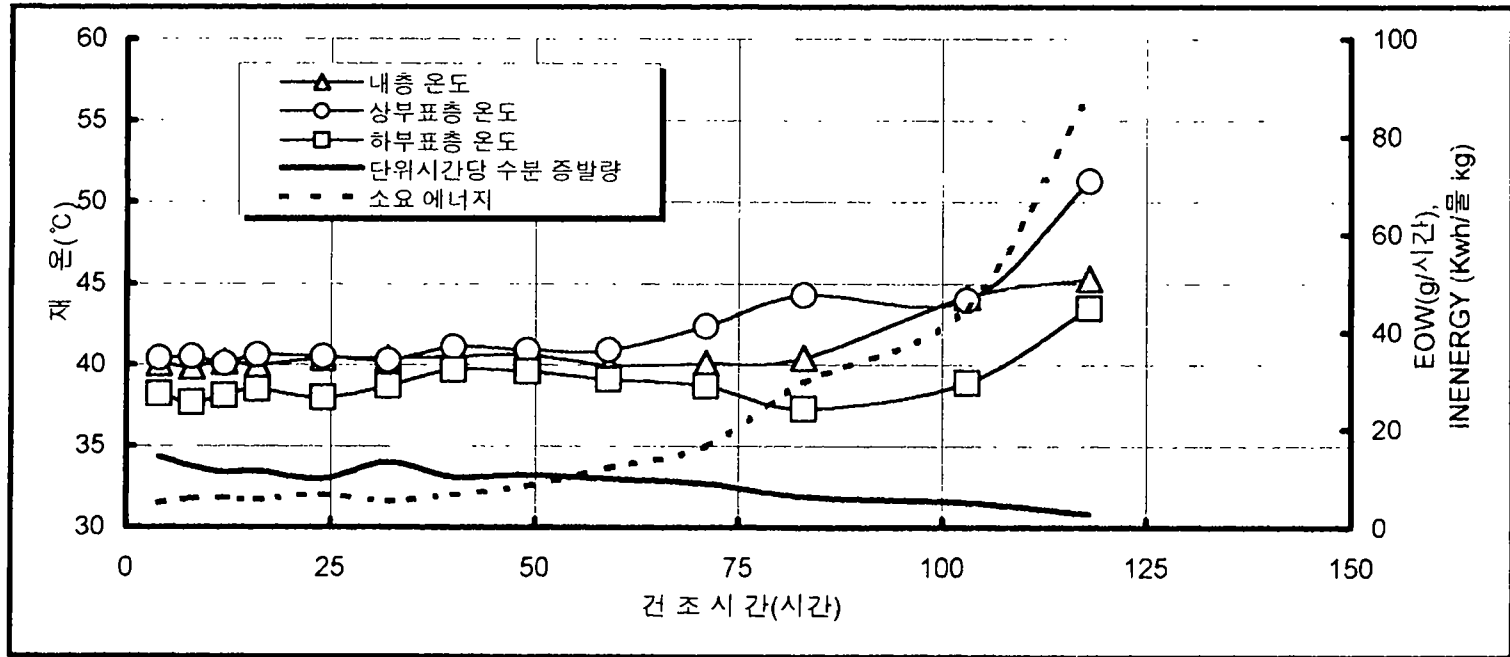


그림 3-1-6. 호도나무 75mm 무처리 원판의 고주파진공건조중 재온의 분포, 재온 측정용 원판의 단위시간당 수분증발량(EWS) 및 수분 1kg 증발에 소요된 에너지(INENERGY)

Fig. 3-1-6. The distribution of wood temperatures, evaporated water per hour in the tree disk with temperature sensors(EOW) and the input electrical energy for evaporating of water 1kg (INENERGY) for control during RF/V drying.

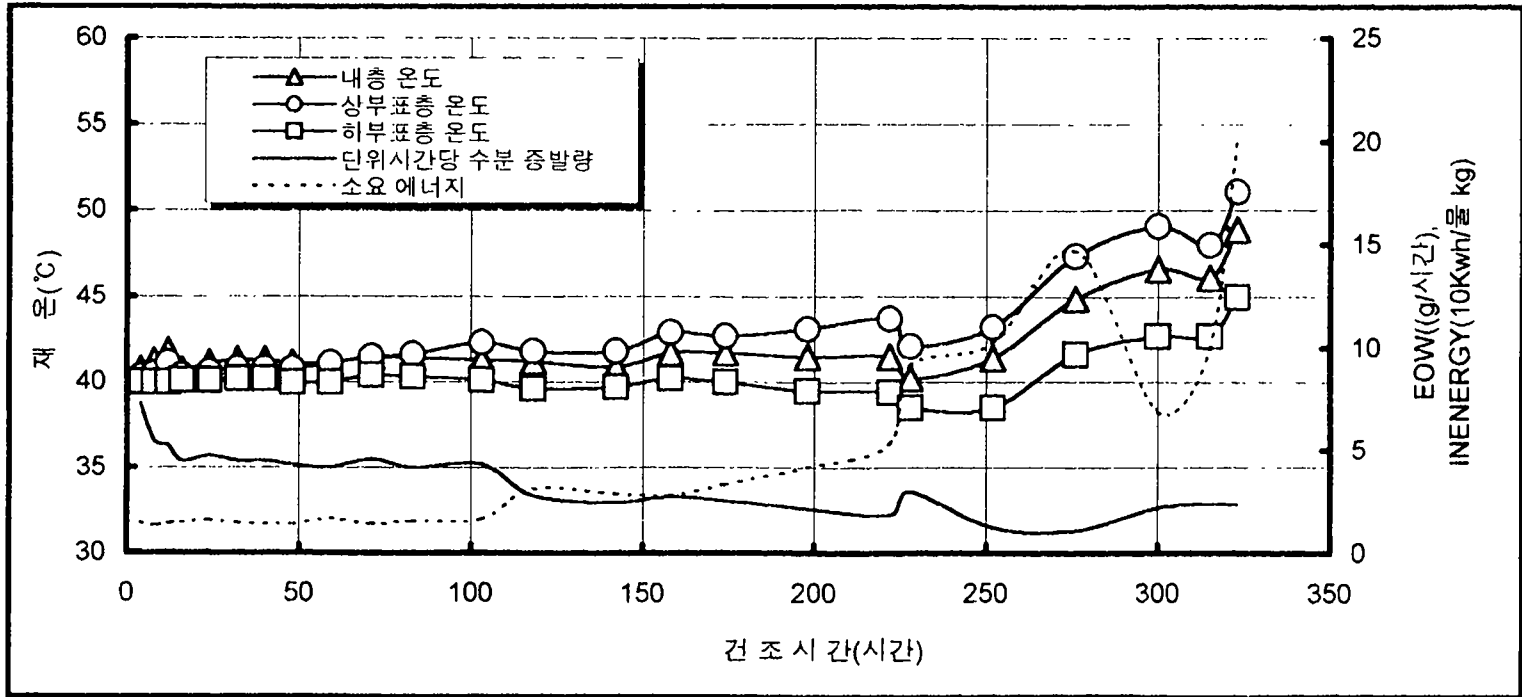


그림 3-1-7. 호도나무 75mm EWS처리 원판의 고주파진공건조중 재온의 변화, 재온측정용 원판의 단위시간당 수분증발량(EOW) 및 수분 1kg 증발에 소요된 에너지(INENERGY)

Fig.3-1-7. The distribution of wood temperatures, evaporated water per hour in the tree disk with temperature sensors(EOW) and the input electrical energy for evaporating of water 1kg (INENERGY) for EWS during RF/V drying.

표 3-1-3. RF/V건조 원판과 RF/V-to-press건조 원판 및 ASTM 수축율 시험재 (횡단면 3×3cm)의 함수율 8%까지의 수축율(%)

Table 3-1-3. Corrected drying shrinkages(%) of the tree disks dried by RF/V and by RF/V-to-press methods and ASTM shrinkage(%) measured with the specimens of 3cm×3cm in cross section from green to 8% MC.

	RF/V 건조						RF/V-to-press 건조			ASTM 수축율
	無 V-크랙 원판			V-크랙 손상 원판			無 V-크랙 원판			
	무처리	ETSH	EWS	무처리	ETSH	EWS	무처리	ETSH	EWS	
S _t	4.17 (0.54)	3.99 (0.52)	4.47 (0.58)	5.89 (0.76)	5.58 (0.72)	7.32 (0.95)	2.06 (0.27)	2.13 (0.28)	2.05 (0.27)	7.71
S _r	5.57 (1.72)	5.85 (1.81)	4.41 (1.36)	3.78 (1.17)	4.33 (1.34)	5.79 (1.79)	2.66 (0.82)	3.68 (1.14)	3.71 (1.15)	3.24
S _t +S _r	9.74 (0.89)	9.84 (0.90)	8.88 (0.81)	9.67 (0.88)	9.90 (0.90)	13.11 (1.20)	4.72 (0.43)	5.80 (0.53)	6.42 (0.59)	10.95
S _t -S _r	-1.39	-1.85	0.06	2.12	1.25	1.53	-0.60	-1.55	-1.66	4.47

주) 1. S_t와 S_r은 각각 접선방향과 방사방향 수축율임

2. ()는 ASTM 수축율에 대한 비임

표 3-1-4. RF/V건조와 RF/V-to-press 건조 원판의 V형크랙 발생빈도 및 원판 1개 당 총 발생개수, 총 폭 및 총 길이

Table 3-1-4. Frequencies of the tree disks with V-cracks and their numbers, widths and lengths per each tree disk after RF/V drying and RF/V-to-press drying.

건조 방식	처리	발생빈도 (%)	V형 크랙		
			개수 (개)	총 폭 (cm)	총길이 (cm)
RF/V 건조	무처리	86	0.86	1.46	8.69
	ETSH	71	0.71	0.66	6.00
	EWS	43	0.43	0.44	3.13
RF/V-to-press 건조	무처리	0	0	0	0
	ETSH	0	0	0	0
	EWS	0	0	0	0

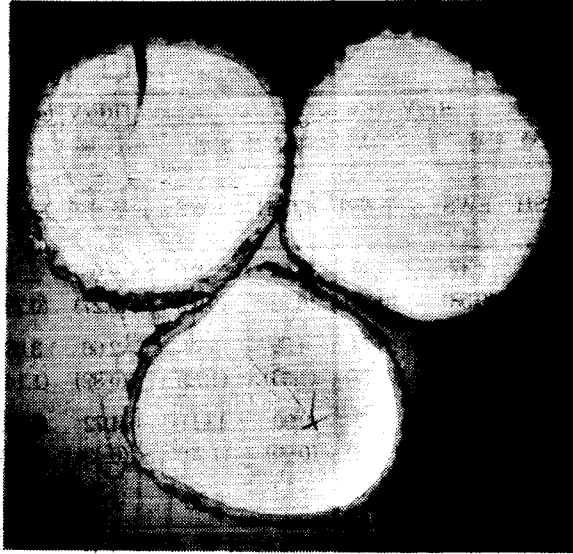


그림 3-1-8. RF/V건조중 V형크랙에 의해 손상된 원판(위-왼쪽)과 무결함재 (위-오른쪽) 및 RF/V-to-press 건조중의 심재할렬에 의해 손상된 원판(아래)의 모습

Fig. 3-1-8. Tree disks RF/V-dried without heart checks but with V-crack (above, left) and with no defects (above, right), and tree disk RF/V-to-press dried without V-crack but with severe heart checks(below)

4. 결 론

EWS처리 원판의 RF/V건조중 평균건조속도는 전 건조기간에 걸쳐 거의 균일하고, 안정적이었던 반면에 무처리와 ETSH처리 원판의 경우는 상당히 기복이 심하였고, 또 건조시간이 경과함에 따라 건조속도가 급속하게 저하되었다. 이것으로 미루어볼 때 EWS처리 원판의 경우 심재부보다 수분유동이 상대적으로 용이한 횡단면의 변재부를 비닐로 래핑처리하므로써 내부수분의 유동속도와 표면에서의 수분증발 속도간에 거의 차이가 없었던 것으로 생각된다.

원판의 상부표층과 하부표층간의 온도경사는 EWS처리 원판이 무처리원판 보다 완만하였는데, 이는 적절한 잔적과 횡단면 변재부의 래핑처리에 의한 효과인 것으로 판단된다.

RF/V건조 원판들중 V형크랙에 의해 손상되지 않은 원판들의 접선방향 수축율은 ASTM수축율 시험편의 접선방향 수축율의 절반 정도에 불과한 반면, 방사방향 수축율은 반대로 약 2배정도로 크게 나타나, 결과적으로 두 횡단방향의 수축율의 합은 ASTM수축율의 경우에 비해서 10~20% 정도 더 작게 나타났다.

원판을 RF/V건조할 경우 심재할렬은 매우 효과적으로 예방되어졌고, V형크랙도 동일 원판의 횡단면내에서 심·변재간 또는 상하횡단면간 건조속도의 균형을 유지하도록 조치한다면 상당한 예방효과를 거둘수 있을것으로 생각되지만 역시 RF/V건조만으로는 V형크랙의 예방에 불완전하다. 반대로 RF/V-to-press건조는 심재할렬 예방에는 무의미하였지만 V형크랙 예방에는 완전무결한 것으로 나타났다. 그러므로 원판을 심재할렬이나 V형크랙에 의한 손상이 없이 건조하는 데에는 기계적 압체력을 가하면서 RF/V건조하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Dwinell, L.D., S. Avramidis, and J.E. Clark. 1994. Evaluation of a radio-frequency/vacuum dryer for eradicating the pinewood, *Forest Prod. J.* 44(4):19-24.
2. Harris, R.A. and M.A. Taras. 1984. Comparison of moisture content distribution, stress distribution, and shrinkage of red oak lumber dried by a radio-frequency/vacuum drying process and a conventional kiln. *Forest Prod. J.* 34(1):44-54.
3. Hayashi, K. and S. Terazawa. 1977. Studies on cell-collapse of water-saturated balsa wood(V). *Mokuzai Gakkaishi* 23(1):30-34.
4. Kanagawa, Y. 1989. Resin distribution in lumber dried by vacuum drying combined with radio-frequency. *Proceedings of IUFRO, Wood Drying 1989*:158-164.
5. Kubler, H. 1973a. Role of moisture in hygrothermal recovery of wood. *Forest Prod. J.* 5(3):198-204.
6. _____. 1973b. Hygrothermal recovery under stress and release of inelastic strain. *Forest Prod. J.* 6(1):78-85.
7. _____. 1974. Drying tree disks simply without defects. *Forest Prod. J.* 27(1):33-35.
8. _____. 1975. Study on drying of tree cross sections. *Wood Science.* 7(3):173-181.
9. _____. 1977. Formation of checks in tree stems during heating. *Forest Prod. J.* 27(1):41-46.
10. Lee, N.H. and H.S. Jung. 1992. Effects of end-taping with Korean traditional paper on the distribution of vacuum drying stresses in wood disks. *Proceedings of the 3rd IUFRO Drying Conference*: 227-234.
11. Liu, F., S. Avramidis, and R.L. Zwick. 1994. Drying thick western hemlock in a laboratory radio-frequency/vacuum dryer with constant and variable electrode voltage. *Forest Prod. J.* 44(6):71-75.

12. Terazawa, S and K. Hayashi. 1972 Collapse in wood drying process. Wood Industry 27(11):2-7.
13. Wilhelmy, V. and H. Kubler. 1973a. Probe for measurement of strains inside solid bodies. Experimental Mechanics 13(3):142-144.
14. _____ and _____. 1973b. Stresses and checks in log ends from relieved growth stresses. Wood Science 6(2):136-142.

제 2 절

관형 목공예용 활엽수재 원판의 압체식고주파진공건조기술 개발

1. 서 설

제1절에서 목공예용원판의 압체식고주파진공건조(Radio-frequency/vacuum plus mechanical pressure drying; RFP/V drying)의 가능성을 검토한 시험결과 목공예용 원판의 고주파진공건조는 심재할렬 예방에는 매우 효과적이지만, V형크랙 예방에는 다소 불완전한 것으로 나타났다. 물론 고주파진공만으로도 건조중 원판의 횡단방향 수축율을 크게 줄일 수 있어 V형크랙 예방에 어느 정도의 효과가 있는 것으로 분석되었다. 한편 목공예용원판을 열판건조할 경우 심재할렬은 매우 극심하게 발생한 반면에 V형크랙은 전혀 발생하지 않았다. 이는 건조중 원판의 횡단면에 대하여 수직으로 가해진 압체력에 의해 횡단방향 수축이 크게 억제되었기 때문인 것으로 해석되었다. 따라서 목공예용원판을 횡단면에 대하여 수직으로 압체력을 가하면서 고주파진공건조할 경우 심재할렬은 물론 V형크랙 예방에도 효과적일것으로 판단되었다.

이에 본 연구에서는 목공예용 활엽수재 원판으로 널리 이용되고 있는 호도나무와 물푸레나무의 두께 50mm와 75mm원판에 대하여 RFP/V건조를 실시하여 건조시간과 건조속도, 심재할렬과 변재할렬 및 V형크랙 예방효과 등을 조사·분석하여 RFP/V건조기술을 개발코저하였다.

2. 재료 및 방법

가. 공시수종과 공시재료

목공예용재로 널리 이용되고 있는 국산 호도나무(Korean walnut)와 수입산 물푸레나무(white ash)원목 수 본을 시중 목상으로부터 구입하여 두께 50mm원판과 두께 75mm원판으로 구분하여 절동하되, 그림 3-2-1과 같이 무처리, 박피처리, 전단면엔드레이핑처리(ETSH), 변재엔드레이핑처리(ETS) 및 변재엔드레이핑처리용(EWS) 원판을 엔드매치시켜 채취하였고, 각 엔드매치시리즈의 양단에서 두께 10mm의 원판을 채취하여 생재비중과 초기함수율등을 조사하였다. 각 처리별로 호도나무는 1매씩을, 물푸레나무는 2매씩을 선정하여 건조시간추정시험용원판으로 활용하였다. 박피처리는 원판의 접선단면상의 수피를 모두 제거하였다. ETSH처리는 원판의 양 횡단면에 한지 2매씩을 밀가루

플을 사용하여 테이핑하였고, ETS처리는 횡단면의 변재부위만을 한지 2매로 테이핑하였다. 그리고 EWS처리는 식품포장용 비닐랩으로 역시 횡단면의 변재부위만을 감싼 다음 약간의 칼자국을 내었다. 각 공시수종별 두께별 건조시간 추정시험용 원판의 직경, 생재비중 및 초기함수율은 표 3-2-1과 같고, 건조결합시험용원판의 개수, 직경 및 초기함수율은 표 3-2-2와 같다.

나. RFP/V건조와 잔적

RFP/V건조는 상부의 덮개가 유연한 고무시트로 이루어져 진공이 작용할 경우 건조기 内外간의 절대압력차 만큼의 압제력인 약 $10,000\text{kgf}/\text{m}^2$ 가 건조기 내부에 잔적된 원판에 전달되는 타입으로서 그 크기는 길이 $300\text{cm} \times$ 폭 $83\text{cm} \times$ 깊이 26cm 의 각형이다. 고주파발전기의 출력전압은 7kV 로서 주파수는 13.56MHz 로 고정하였고, 7분-on 3분-off로 작동되도록 콘트롤하였다. 동일수종의 동일두께의 원판들은 같은 층에 잔적하되, 잔적층은 1단 또는 2단으로 하였다. 2단 잔적층인 경우에는 중앙부에 양극알루미늄판을, 그리고 상부와 하부에 각각 음극알루미늄판을 배치하였다. 각 잔적층과 전극알루미늄판 사이에는 배기망과 차습판을 끼워 횡단면을 통한 수분증발을 용이하게하였다.

다. 건조시간추정시험

동일수종 동일두께의 원판들만을 동일로드에 잔적하여 각 두께의 무처리 원판을 재온콘트롤용 원판으로 활용하였다. 재온은 무처리 원판의 내층에 테프론(teflon)코팅한 백금측온저항체 100Ω 센서를 수피측으로부터 수를 향하여 심재부위 깊이까지 삽입한 다음 실리콘으로 밀봉하여 측정하였다. 호도나무 원판은 재온 44°C 에서 건조를 개시하여 건조시간의 경과에따른 건조속도의 변화를 관찰하여 46°C 로 상승시켰고, 건조말기에는 48°C 까지 높였으며, 물푸레나무 원판은 44°C 에서 건조를 개시하여 46°C 까지 상승시켰다. 진공도는 $40 \sim 150\text{mmHg}$ 로 유지하였다.

건조중 적절한 시간간격으로 압제력을 해제한 다음 원판의 건조중무게를 측정하여 건조중함수율과 건조속도곡선을 산출하였고, 이 결과로 부터 건조결합시험의 시간건조스케줄을 작성하였다.

라. 건조결합시험

건조시간추정시험에서 작성된 시간건조스케줄에 따라 표 3-2-3의 조건으로 마무리함수율까지 압제력의 해제없이 연속건조하였다. 건조종료후 원판의 양 횡단면에 나타난 심재할렬과 변재할렬 및 V형크랙의 발생빈도, 총 개수 및 총 길이 등을 조사하였다.

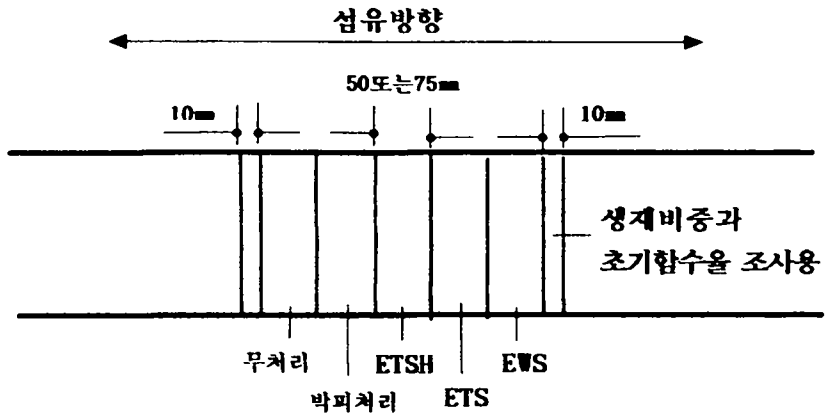


그림 3-2-1. RFP/V 건조시험용 원판 및 생재비중과 초기함수율 조사용 원판의 채취
 Fig 3-2-1. Preparation of the tree disks for RFP/V drying test and specific gravities based on green volume and initial MC.

표 3-2-1. 공시수종별, 두께별 건조시간추정시험용 원판의 직경, 생재비중 및 초기함수율

Table. 3-2-1. Diameters, specific gravities based on green volume and initial MC the tree disks for estimating RFP/V drying times.

수	종	두께 50mm					두께 75mm				
		무처리	박피처리	ETSH	ETS	EWS	무처리	박피처리	ETSH	ETS	EWS
호도나무	직경(cm)	26	24	25	25	25	25	22	24	25	24
	생재비중	-	-	0.39	-	-	-	-	-	-	-
	초기함수율(%)	91.4	90.4	87.7	81.7	86.6	90.1	86.0	91.0	91.6	94.5
물푸레나무	직경(cm)	15	13	14	14	14	15	15	14	16	15
	생재비중	-	-	0.66	-	-	-	-	0.67	-	-
	초기함수율(%)	42.3	43.2	41.8	40.2	41.2	56.2	56.2	45.9	51.0	45.8

표 3-2-2. 공시수종별, 두께별 건조결함시험용 원판의 개수, 직경 및 초기함수율

Table. 3-2-2. Number, diameters and initial MC of tree disks for measuring drying defects after RFP/V drying

수	종	두께 50mm					두께 75mm				
		무처리	박피처리	ETSH	ETS	EWS	무처리	박피처리	ETSH	ETS	EWS
호도나무	반복수(개)	6	6	5	5	5	4	4	4	4	4
	직경(cm)	27.7	24.8	28.4	28.0	28.0	23.3	21.3	23.8	23.8	23.8
	초기함수율(%)	113.8	114.9	107.8	106.4	106.1	80.9	64.6	65.8	64.6	67.9
물푸레나무	반복수(개)	10	10	10	10	10	5	6	5	5	5
	직경(cm)	16.6	16.1	16.1	16.2	16.9	16.0	16.5	15.6	15.9	16.5
	초기함수율(%)	43.1	48.1	37.1	42.6	46.1	91.4	60.2	63.1	38.1	22.1

표 3-2-3. 건조결합시험을 위한 연속 RFP/V건조스케줄

Table 3-2-3. The drying schedules of continuous RFP/V drying test for investigating the drying defects.

수	종	두께50mm원판		두께75mm원판	
		건조시간(시간)	재온(℃)	건조시간(시간)	재온(℃)
호도나무		0~152	44	0~152	44
		152~341	46	152~341	46
		341~349	48	341~349	48
물푸레나무		0~152	44	0~152	44
		152~200	46	152~200	46

3. 결과 및 고찰

가. 건조시간과 건조속도

호도나무와 물푸레나무의 두께 50mm 및 두께 75mm 원판의 건조시간 추정시험으로부터 얻은 RFP/V건조곡선은 그림 3-2-2 ~ 그림 3-2-5와 같다.

호도나무의 두께 50mm원판은 349시간만에 평균생재함수율 87.6%에서 15.0%까지 건조되었고, 두께 75mm원판은 동일 건조시간에 평균생재함수율 90.6%에서 16.8%까지 건조되었다. 이는 현재 목공예제조업체에서 절대적으로 의존하고 있는 실내음건시 소요되는 건조시간 2~3개월과 비교해볼 때 건조시간의 단축효과는 괄목할만하다. 두께 50mm원판의 경우 무처리와 박피처리원판은 평균건조속도가 0.22%/hr로써 ETSH, ETS 또는 EWS처리 원판의 0.20%/hr보다 약간 빠른 것으로 나타났다. 특히 건조초기에 8시간 동안의 건조속도는 각각 무처리 1.16%/hr, 박피처리 1.51%/hr, ETSH처리 0.59%/hr, ETS처리 0.91%/hr, EWS처리 0.89%/hr 로서 엔드처리원판들의 건조속도가 무처리나 박피처리원판들의 건조속도보다 크게 낮은 것으로 나타났다. 엔드레이핑처리원판과 엔드레이핑처리원판은 표면에서의 수분증발이 억제되었기 때문인것으로서 건조초기에 주로 발생하는 변재할렬이나 심재할렬 예방에도 기여할 것으로 예측된다. ETSH, ETS 또는 EWS처리간에는 평균건조속도가 큰 차이가 없으나, 건조초기의 건조속도는 심재부와 변재부 전횡단면을 레이핑한 ETSH처리 원판이 매우 느린 것으로 나타났는데, 이는 호도나무의 경우 변재율이 매우 낮기 때문인 것으로 생각된다. 이처럼 변재율이 낮은 수종의 경우 ETSH처리나 ETS처리 또는 EWS처리간에 심재할렬 예방효과에도 차이가 있을 것으로 기대된다.

물푸레나무의 두께 50mm원판은 평균함수율 41.7%에서 약 10.9%까지 건조 되는데 200시간이 소요되었고, 두께 75mm원판은 동일 건조시간에 48.7%에서 16.2%까지 건조되었다. 평균건조속도는 두께 50mm원판 0.15%/hr, 두께 75mm원판의 경우 0.16%/hr로서 호도나무에 비해서 느린 편이었다. 이것은 물푸레나무의 경우 호도나무와 비교하여 비중이 큰것에도 그 원인이 있지만 초기함수율이 낮아 진공하에서의 자유수 유동속도 증진효과가 발휘될 기회가 크지 않았기 때문인 것으로 해석된다.

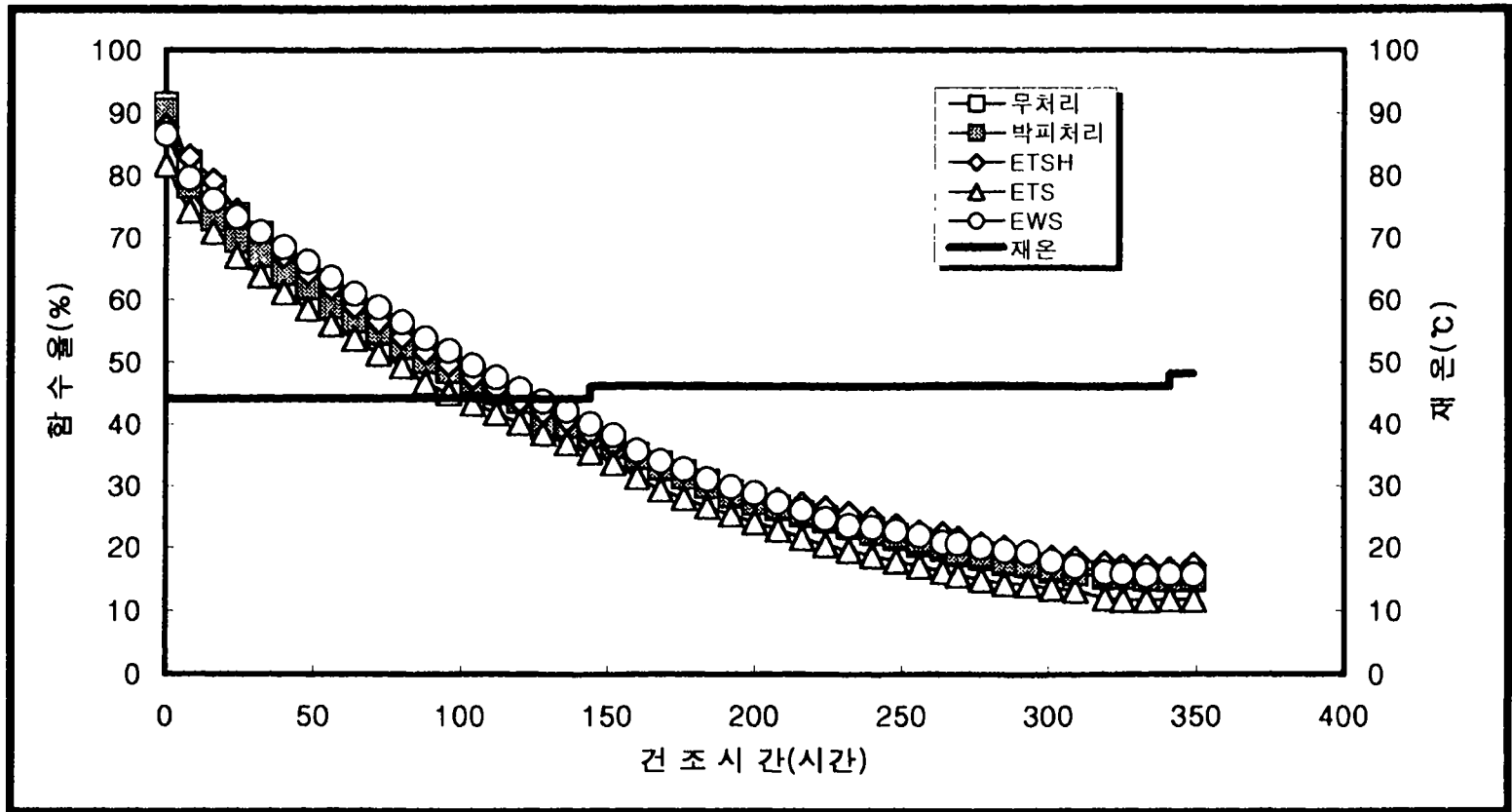


그림 3-2-2. 두께 50mm 호도나무 원판의 건조시간 추정시험의 RFP/V건조곡선

Fig. 3-2-2. RFP/V drying curves for 50mm-thick walnut disks from estimating drying times test.

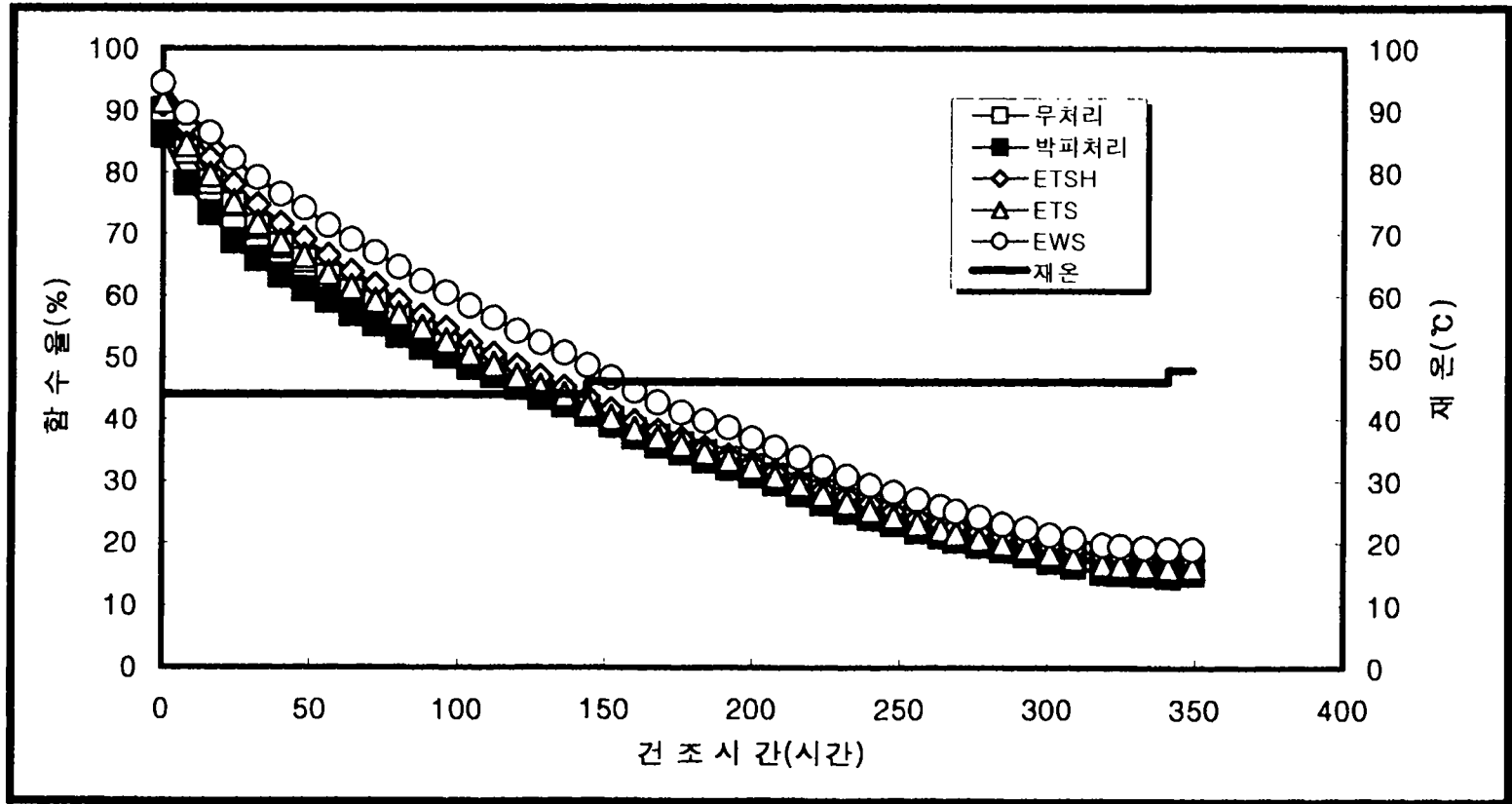


그림 3-2-3. 두께 75mm 호도나무 원판의 건조시간 추정시험의 RFP/V건조곡선

Fig. 3-2-3. RFP/V drying curves for 75mm-thick walnut disks from estimating drying times test.

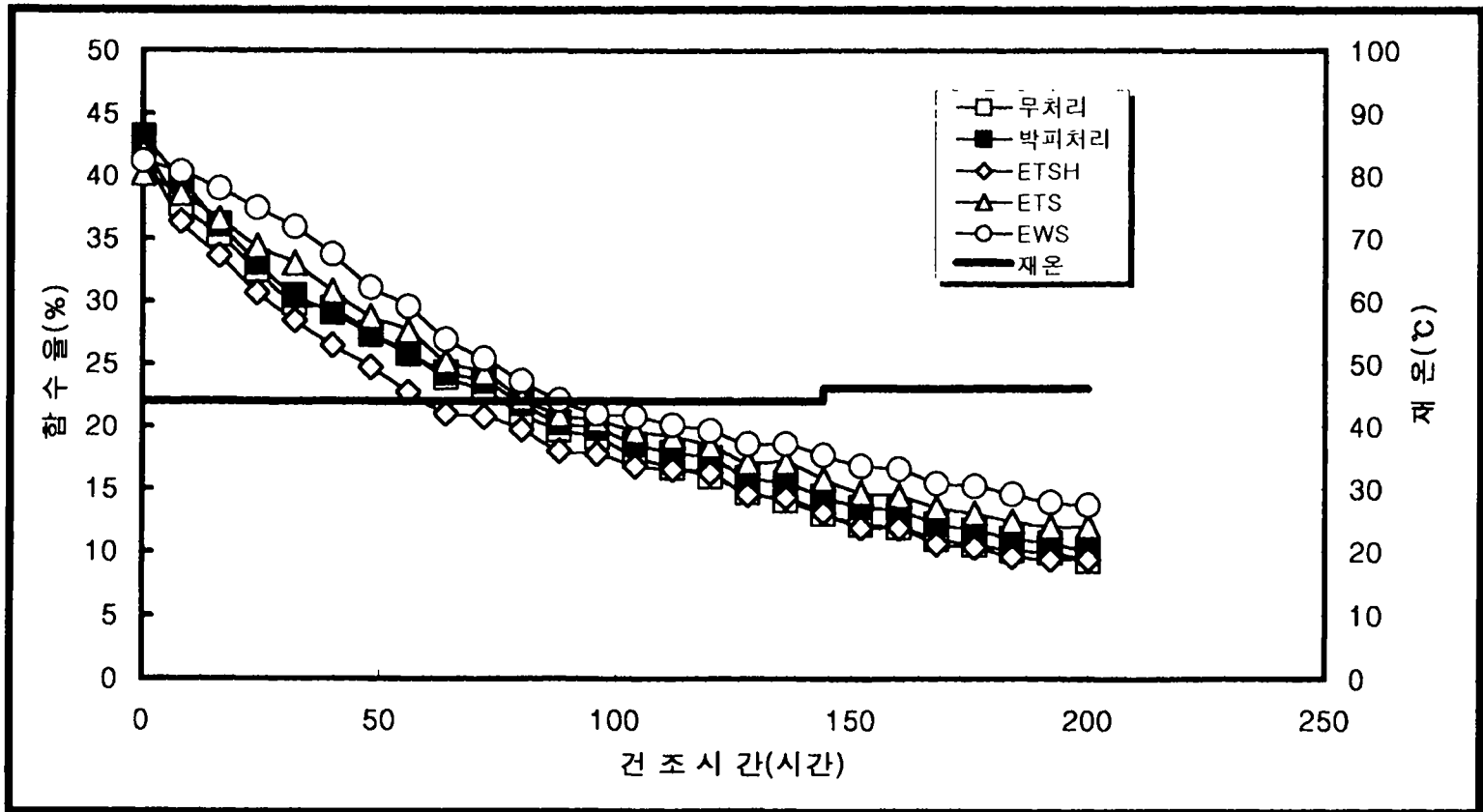


그림 3-2-4. 두께 50mm 물푸레나무 원판의 건조시간 추정시험의 RFP/V건조곡선

Fig. 3-2-4. RFP/V drying curves for 50mm-thick ash disks from estimating drying times test.

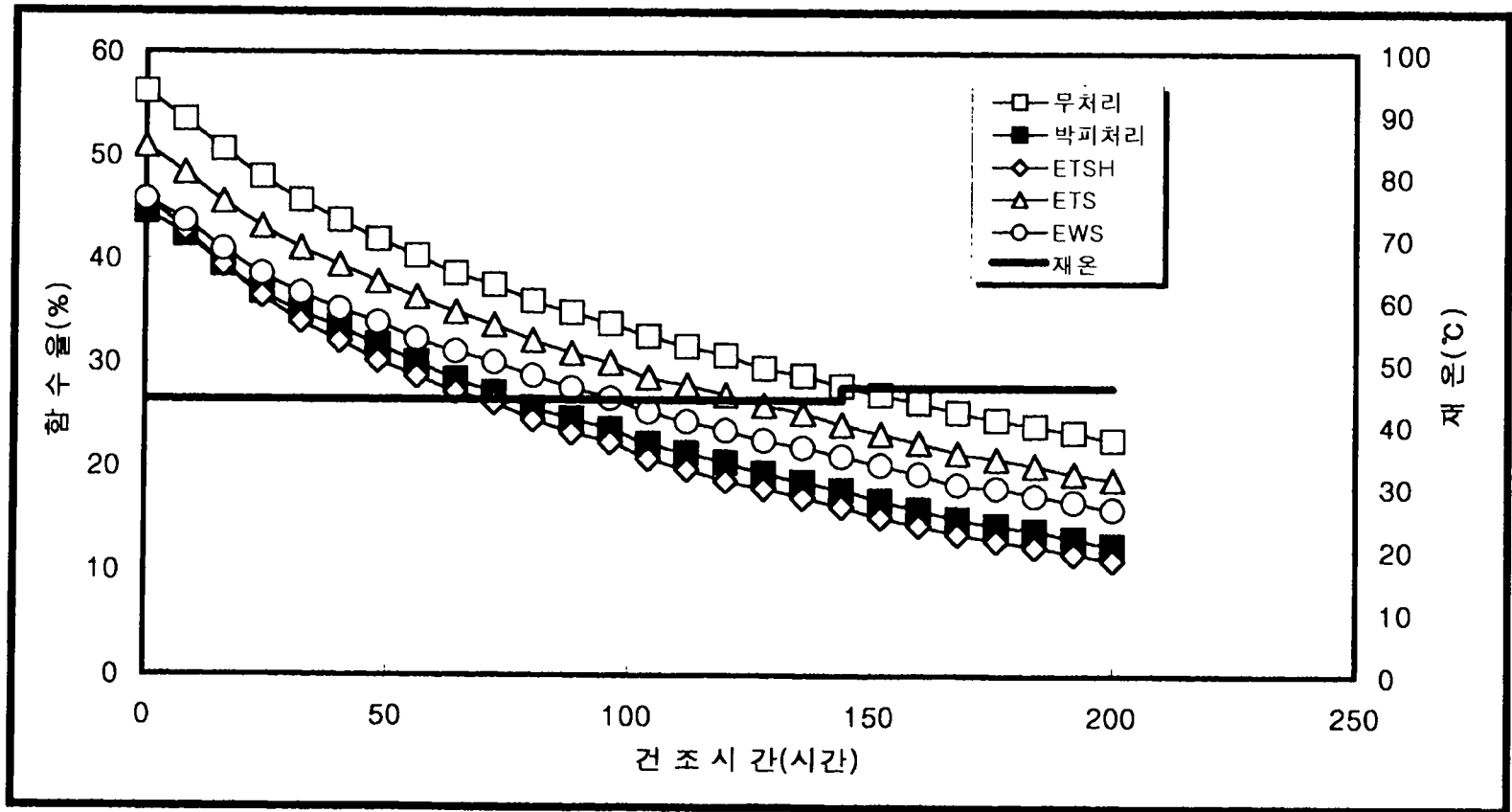


그림 3-2-5. 두께 75mm 물푸레나무 원판의 건조시간 추정시험의 RFP/V건조곡선

Fig. 3-2-5. RFP/V drying curves for 75mm-thick ash disks from estimating drying times test.

나. 심재할렬과 변재할렬

연속 RFP/V건조한 호도나무와 물푸레나무 원판의 심재할렬과 변재할렬의 발생정도를 각각 표 3-2-4와 표 3-2-5에 나타내었다.

변재할렬은 호도나무의 두께 50mm원판에서만 경미하게 발생하였을뿐 나머지 원판에서는 전혀 발생하지 않았다. 이는 원목의 저목상태의 양호, 배기망과 차습판을 활용한 잔적 및 건조시 벽체의 보온에 의한 건조중 結露방지 등이 종합적으로 작용하여 얻어진 결과로 해석된다. 건조초기에 발생된 변재할렬은 건조후기에 V형크랙을 유발시킨다는 점에 주목해야하며 따라서 변재할렬을 유발시키는 영향인자들에 대한 체계적인 연구가 요구된다. 한편 심재할렬은 물푸레나무 원판에서는 전혀 발생하지 않았고, 호도나무 원판에서도 경미하게 발생한 편이었다. 이는 고주파진공에 의한 내부수분의 유동속도증진에 기인한 것으로 판단된다. 특히 적절한 잔적과 건조중 완벽한 결로방지 등이 이루어진다면 고주파진공에 의해서 얻어지는 효과들의 반감을 극소화시킬수 있어 심재할렬에 의한 손상은 더욱 줄일수 있을것으로 생각된다.

호도나무의 경우 ETSH처리에 의해서 심재할렬이 어느 정도 억제되어지는 것으로 나타났는데, 이것은 횡단면의 심재부위를 통한 수분증발이 지연되므로써 표층과 내층간에 수분경사를 더욱더 완만하게 유지할수 있었기 때문인 것으로 사료된다(Lee 등 1992, 1995).

다. V형크랙

연속 RFP/V건조한 물푸레나무 원판의 V형크랙 발생정도를 표 3-2-6과 표 3-2-7에 각각 나타내었다.

V형크랙은 두께 50mm호도나무 원판에서 경미하게 발생하였을뿐 두께 75mm 호도나무 원판과 두께 50mm와 두께 75mm물푸레나무 원판에서는 극히 경미하거나 전혀 발생하지 않았다. 특히 두께 75mm호도나무원판을 고주파진공 건조한결과 V형크랙에의한 원판의 손상빈도율이 무처리 86%, ETSH처리 71%, EWS처리 43%인것과 비교하면(Lee 등 1995) RFP/V건조에 의한 V형크랙 예방효과는 매우 우수하였다. 이는 변재할렬의 경미한 발생, 고주파진공에 의한 수축을 감소효과(Harris 등 1984; Lee 등 1995)와 더불어 건조중 약 10,000kgf/m²의 압체력을 원판의 횡단면에 대하여 수직으로 가하므로써 횡단 방향의 수축이 추가 억제되고, 이로 인해 접선방향과 방사방향간의 수축율의 차가 감소하였기 때문인 것으로 생각된다.

RFP/V건조원판의 경우 건조중 장시간 압체하에서 건조되었기 때문에 잔류응력의 완화에도 크게 기여하였을것으로 예측되며, 이것은 건조된 원판

의 목제품이 사용중에 V형크랙에 의해 손상될 위험이 적다는 것을 의미하는 것으로서 중요한 의의를 가진 것으로 평가된다. 앞으로 RFP/V건조에 의한 잔류응력의 완화효과 등에 관해서 보다 깊이있는 과학적연구가 이루어져야할 것으로 생각된다.

표 3-2-4. 연속 RFP/V건조한 호도나무 원판의 심재할렬과 변재할렬 발생정도

Table 3-2-4. Heart checks and sapwood checks in the continuous RFP/V-dried walnut disks.

두께(mm)	처 리	심재할렬			변재할렬		
		발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)	발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)
50	무 처 리	34	1.2	3.3	없음	없음	없음
	박피처리	50	1.0	3.5	없음	없음	없음
	ETSH	40	0.6	4.8	20	0.4	0.6
	ETS	40	2.8	11.4	없음	없음	없음
	EWS	60	1.4	5.1	없음	없음	없음
75	무 처 리	75	1.0	4.1	없음	없음	없음
	박피처리	25	0.3	0.6	없음	없음	없음
	ETSH	25	0.3	0.4	없음	없음	없음
	ETS	25	0.3	0.4	없음	없음	없음
	EWS	50	0.5	1.7	없음	없음	없음

표 3-2-5. RFP/V건조한 물푸레나무 원판의 심재할렬과 변재할렬 발생정도

Table 3-2-5. Heart checks and sapwood checks in the continuous RFP/V-dried ash disks.

두께(mm)	처 리	심재할렬			변재할렬		
		발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)	발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)
50	무 처 리	없음	없음	없음	없음	없음	없음
	박피처리	없음	없음	없음	없음	없음	없음
	ETSH	없음	없음	없음	없음	없음	없음
	ETS	없음	없음	없음	없음	없음	없음
	EWS	없음	없음	없음	없음	없음	없음
75	무 처 리	없음	없음	없음	없음	없음	없음
	박피처리	없음	없음	없음	없음	없음	없음
	ETSH	없음	없음	없음	없음		없음
	ETS	없음	없음	없음	없음	없음	없음
	EWS	없음	없음	없음	없음	없음	없음

표 3-2-6. 연속 RFP/V건조한 호도나무 원판의 V형크랙 발생빈도(%),
총 개수 및 총 길이

Table 3-2-6. Frequencies, average total number and average total lengths of V-cracks in the continuous RFP/V-dried walnut disks.

처 리	두께 50mm			두께 75mm		
	발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)	발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)
무 처 리	17	0.2	1.7	20	0.2	0.8
박피처리	34	0.3	2.1	없음	없음	없음
E T S H	20	0.4	3.2	없음	없음	없음
E T S	20	0.2	1.2	없음	없음	없음
E W S	40	0.4	2.8	없음	없음	없음

표 3-2-7. 연속 RFP/V건조한 물푸레나무 원판의 V형크랙 발생빈도(%),
총 개수 및 총 길이

Table 3-2-7. Frequencies, average total number and average total lengths of V-cracks in the continuous RFP/V-dried ash disks.

처 리	두께 50mm			두께 75mm		
	발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)	발생빈도 (%)	총개수 (개)	총길이 (cm)
무 처 리	없음	없음	없음	40	0.4	1.8
박피처리	9	0.1	0.5	20	0.2	1.1
E T S H	18	0.2	0.6	없음	없음	없음
E T S	9	0.1	0.2	없음	없음	없음
E W S	없음	없음	없음	없음	없음	없음

4. 결 론

생재에서 이용함수율까지 건조되는데 호도나무 원판의 경우 349시간이, 물푸레나무 원판의 경우 200시간이 각각 소요되었는데 현재 지리산지역 목공예제조업체들이 절대적으로 의존하고 있는 실내음건에 소요되는 시간 2~3개월과 비교해 볼 때 건조시간의 단축은 괄목할만하였다.

두께 50mm 호도나무 엔드처리원판들의 건조초기 건조속도가 무처리나 박피처리원판들의 건조속도보다 크게 낮은 것으로 나타났는데, 이는 엔드처리원판들의 횡단면을 통한 수분증발이 억제되었기 때문인 것으로 적절한 잔적과 결로방지 등이 뒷받침된다면 변재할열이나 심재할열 예방에도 기여할 것으로 예측된다.

물푸레나무의 평균건조속도는 두께50mm원판 0.15%/hr, 두께75mm원판 0.16%/hr로서 호도나무에 비해서 느린 편이었다.

변재할열은 호도나무의 두께 50mm원판에서만 경미하게 발생하였을뿐 나머지 원판에서는 전혀 발생하지 않았다. 심재할열도 물푸레나무 원판에서는 전혀 발생하지 않았고, 호도나무 원판에서도 경미하게 발생한 편이었다. 이는 고주파진공에 의한 내부수분의 유동속도 증진에 기인한 것으로 판단되며, 특히 적절한 잔적과 건조중 완벽한 결로방지 등이 이루어진다면 고주파진공에 의해서 얻어지는 효과들의 반감을 최소화할 수 있을 것으로 생각된다.

V형크랙은 두께 50mm 호도나무 원판에서 경미하게 발생하였을뿐, 두께 75mm호도나무 원판과 물푸레나무 원판에서는 극히 경미하거나 전혀 발생하지 않았다. 이는 경미한 변재할열 및 고주파진공에 의한 수축을 감소효과와 더불어 압체력에 의한 횡단방향 수축의 추가적인 억제효과 등에 기인한 것으로 해석된다.

RFP/V건조는 원판의 잔류응력의 완화에도 기여하여 목제품이 사용중 V형크랙에 의해 손상될 위험을 감소시키는 효과를 얻을 수 있는 것으로 생각 된다.

참 고 문 헌

1. Dwinell, L.D., S. Avramidis, and J.E. Clark. 1994. Evaluation of a radio-frequency/vacuum dryer for eradicating the pinewood Forest Prod. J. 44(4):19-24.
2. Harris, R.A. and M.A. Taras. 1984. Comparison of moisture content distribution, stress distribution, and shrinkage of red oak lumber dried by a radio-frequency/vacuum drying process and a conventional kiln. Forest Prod. J. 34(1):44-54.
3. Hayashi, K. and S. Terazawa. 1977. Studies on cell-collapse of watersaturated balsa wood(V). Mokuzai Gakkaishi 23(1):30-34.
4. Kanagawa, Y. 1989. Resin distribution in lumber dried by vacuum drying combined with radio-frequency. Proceedings of IUFRO Wood Drying 1989:158-164.
5. Kubler, H. 1973a. Role of moisture in hygrothermal recovery of wood. Forest Prod. J. 5(3):198-204.
6. _____. 1973b. Hygrothermal recovery under stress and release of strain inelastic strain. Forest Prod. J. 6(1):78-85.
7. _____. 1974. Drying tree disks simply without defects. Forest Prod. J. 27(1):33-35.
8. _____. 1975. Study on drying of tree cross sections. Wood Science. 7(3):173-181.
9. _____. 1977. Formation of checks in tree stems during heating. Forest Prod. J. 27(1):41-46.
10. Lee, N. H. and H. S. Jung. 1991. Model of drying stress distribution in disks end-wrapped in Korean traditional paper and effects of end-wrappings on prevention of drying defects for vacuum drying of disks. Mokchae Konghak 19(1):31-63
11. _____ and _____. 1992. Effects of end-taping with Korean traditional paper on the distribution of vacuum drying stresses in wood disks. Proceedings of 3rd IUFRO Drying Conference: 227-234.

12. _____, K. Hayashi and H. S. Jung. 1995a. Possibility of drying of walnut disk for wooden arts in radio-frequency/vacuum dryer with mechanical pressure system. Proceedings of Vacuum Drying of Wood '95: 270-279
13. _____ and _____. 1995b. RF/V drying characteristics of 75mm-thick Japanese Cedar disks. Unpublished
14. _____ and _____. 1996. The effects of low pressure steam explosion treatment on the improvement of permeability in the softwoods.
15. Liu, F., S. Avramidis, and R.L. Zwick. 1994. Drying thick western hemlock in a laboratory radio-frequency/vacuum dryer with constant and variable electrode voltage. Forest Prod. J. 44(6):71-75.
16. Terazawa, S and K. Hayashi. 1972 Collapse in wood drying process. Wood Industry 27(11):2-7.
17. Wilhelmy, V. and H. Kubler. 1973. Probe for measurement of strains inside solid bodies. Experimental Mechanics 13(3) :142-144.
18. _____ and _____. 1973. Stresses and checks in log ends from relieved growth stresses. Wood Science 6(2):136-142.

제 3 절

특수운동구용재의 진공건조기술 개발

1. 서 설

야구방망이, 골프클럽, 볼링핀 및 게이트볼 헤드 등과 같은 특수운동구용재들은 사용중에 강한 충격하중이 반복적용되므로 말미암아 높은 충격강도가 요구된다. 그러나 이들 목제품의 재료로 널리 사용되고 있는 물푸레나무, 감나무, 단풍나무 등은 비중이 높아 내부수분의 유동거리가 클 뿐 아니라 대부분 두꺼운 재목이 요구되기 때문에 건조중 표층과 내층간에 수분경사가 급하게 형성된다. 이로 인해 재면 또는 내부에 할렬의 발생이 용이하여 재료의 충격강도의 손실로 운동구용재의 품질저하가 수반되고 있다. 그래서 건조중 할렬의 발생과 열열화에 의한 강도저하를 최소화하기 위하여 고온의 과격한 건조조건을 적용하는 것이 곤란하다. 이에 따라 저온의 고강도 특수열기건조스케줄이 추천되어 이용되고 있으나, 건조에 장기간이 소요되어 소요에너지의 증가와 변색 등의 문제가 뒤따른다.

고주파진공건조는 진공에 의한 재내외간의 절대압력차와 고주파가열에 의한 표층과 내층간의 완만한 온도경사 또는 易온도경사 등의 기동력에 의하여 내부수분의 표면으로의 유동속도 촉진으로 할렬예방과 건조시간단축에 효과적이다. 또 저온으로 고온의 효과를 얻을 수 있어 목재 고유의 강도 및 재색유지가 가능한 등(Kanagawa 1989; Lee 등 1992, 1995; Liu 등 1994) 고강도가 요구되는 두꺼운 운동구용재의 건조에 적절한 것으로 기대되나 아직 이에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 야구방망이 용재로 널리 이용되고 있는 횡단면 66mm×길이 100cm의 물푸레나무를 고강도 열기건조스케줄을 적용한 열기건조 및 압체식고주파진공건조(Radio-frequency/vacuum plus mechanical pressure drying; RFP/V drying)를 실시하여 건조시간, 건조결함, 건조재의 충격강도 및 소요에너지 등 두 건조방법간에 건조특성을 비교·분석하여 적정건조방법을 제시코저하였다.

2. 재료 및 방법

가. 공시재료

길이 1.8m의 물푸레나무 원목 22本을 시중 목상에서 구입하여 열기 건조시험용과 RFP/V건조시험용으로 각각 11本씩을 사용하였다. 각 원목으

로부터 수(pith)를 포함하지 않도록 접선방향 66mm×방사방향 66mm의 정확한 방사단면을 갖는 正角材 1대씩을 얻은 다음 중앙부위에서 길이 100cm의 건조시험편을 준비하고, 열기건조시험재의 양횡단면은 은분페인트로 수회 엔드코팅하였다. 각 건조시험재의 양단에서 각각 폭 1cm의 시험편 1개씩을 채취하여 각 건조시험재의 생재비중과 초기함수율을 구하였다. 열기건조시험재의 생재비중과 초기함수율은 각각 0.65와 35.3%였고, RFP/V건조시험재는 각각 0.67과 35.2%였다.

나. 열기건조시험

열기건조실은 폭 100cm×깊이 180cm×높이 80cm크기의 측면송풍식으로 재간 풍속은 약 1.5~2m/sec이고, 온·습도가 자동으로 조절되는 타입이다. 열기건조시험재는 3열씩 4단으로 잔적하였고, 잔적층의 상단과 하단은 각각 차풍판과 가잔적재(Dummy board)를 사용하여 잔적하였다.

열기건조스케줄은 미국임산물연구소(1988)가 물푸레나무 야구방망이의 고강도 스케줄로 제시하였던 T3-B2를 적용하였다(표 3-3-1).

열기건조 시험재중 5本을 시험재로 선정하여 적절한 시간간격으로 건조중 무게를 측정하여 건조중함수율을 구하였고, 최습함수율에 근거하여 건조조건을 변경하였다.

표 3-3-1. 물푸레나무 야구방망이용 고강도 열기건조스케줄

Table 3-3-1. High strength kiln-drying schedule of ash square boards for baseball bat(T₃-B₂).

함수율(%)	건구온도(℃)	건습구온도차(℃)	습구온도(℃)	평형함수율(%)	상대습도(%)
생재~35	45	2.0	43	18.0	89
35~30	45	3.0	42	16.3	84
30~25	50	4.5	45.5	13.0	76
25~20	55	8.0	47	9.7	63
20~15	60	17	43	5.7	38
15~종말	70	28	42	3.0	20
이쿼라이징	70	13	57	7.0	53
콘디숀닝	70	4	66	13.0	83

다. RFP/V건조시험

RFP/V건조기는 길이 300cm×폭 83cm×깊이 26cm크기의 각형으로 상부 덮개가 유연한 고무시트로 이루어져 건조중 진공이 적용될 경우 약 10,000kgf/m²의 압체력이 내부에 잔적된 건조목에 수직하중이 가해지도록 설계되어 있다. 고주파발진기는 출력이 7kW로서 건조중 7분-on 3분-off 되도록 조절하였고, 주파수는 13.56MHz로 고정하였다.

건조시험재는 압체력이 각 시험재의 접선단면에 대하여 수직으로 가해지도록 잔적하되 2단으로 잔적하여 중앙부에 양극알루미늄판을, 그리고 상·하단에 음극알루미늄 전극판을 배치하였다. 건조중 재온은 건조속도의 추이를 관찰해가며 건조개시후 54시간까지는 44.5℃로, 그 이후부터 종료시까지는 46.5℃로 콘트롤 하였으며, 진공도는 40~150mmHg 범위로 유지시켰다. 건조중 적절한 시간간격으로 건조기의 작동을 중지하여 압체력을 해제하고 시험재 5本の 무게를 측정하여 건조중함수율을 구하였다.

라. 건조수축율, 건조결합 및 충격강도 조사

건조시험재중 건조중함수율 산출에 사용하였던 시험재 5本에 대하여 건조전과 종료후 접선방향과 방사방향 측정기준선의 길이를 각각 측정하여 건조수축율을 구한 다음 함수율 8%까지의 수축율로 보정하였다.

네 재면에 나타나는 재면할렬의 발생개수와 총 길이 및 양 횡단면에 발생한 양 횡단면에 발생한 횡단면할렬의 발생개수와 총 길이는 건조종료후 전 건조시험재를 대상으로 조사하였다. 또한 건조시험재중 무작위로 5本씩을 추출하여 찌그러짐, 내부할렬 및 충격강도 등을 조사하였다.

충격강도 시험편은 무작위로 추출한 5本씩의 건조시험재로부터 2cm×2cm의 정확한 방사단면을 갖는 길이 30cm의 크기로 제작하여 실내에서 장기간 조습처리한 다음 표준임업시험 실시요령에 준하여 실시하였다.

마. 소요전력량 조사

건조중 무게를 평량할 때 적산전력량계로부터 소요전력량을 측정하였으며, RFP/V건조시험의 경우 고주파발진기 소요전력과 기타 소요전력으로 구분하여 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 건조시간과 건조속도

열기건조 및 RFP/V건조곡선을 각각 그림 3-3-1과 그림 3-3-2에 나타내었다. 열기건조의 경우 평균 생재함수율 37.2%에서 평균 마무리함수율 11.3%까지 510시간이 소요되었고, RFP/V건조의 경우 평균 생재함수율 28.4%에서 평균 마무리함수율 14.1%까지 건조되는데 148시간이 소요되어 열기건조 시간의 약 3/10밖에 소요되지 않았다. 이는 열기건조의 경우 건조재의 할렬예방과 열열화에 따른 강도손상을 최소화하기 위하여 비교적 완만한 건조조건의 고강도 특수스케줄을 적용한 반면에, RFP/V건조는 비록 건조조건은 재온을 44.5℃~46.5℃의 저온을 적용하였다 할지라도 진공하에서의 재내외간에 형성되어지는 절대압력차(Kanagawa 1989; Dinwell 1994)와 고주파가열에 의한 표층과 내층간의 역온도경사(Kanagawa, 1989) 등에 힘입어 내부의 수분이 보다 빠른 속도로 표층으로 유동할 수 있었기 때문인 것으로 생각된다.

열기건조의 평균건조속도는 0.05%/hr이었고, RFP/V건조의 평균건조속도는 0.10%/hr로서 열기건조의 2배에 달하였다. 특히 건조초기 12시간 동안의 건조속도는 각각 0.01%/hr와 0.15%/hr로서 RFP/V건조의 건조속도가 열기건조의 무려 15배나 되었다. 이처럼 건조 초기에서 RFP/V건조의 건조속도가 매우 빠른 것은 세포내강에 기포가 가장 많이 존재하여 재내외간에 절대압력이 가장 크게 형성되는 시기이고(Dinwell 1995), 물의 끓는 점이 낮아 건조재나 건조재내의 수분을 가열시키는데 소요되는 시간이 상대적으로 작기 때문인 것으로 해석된다.

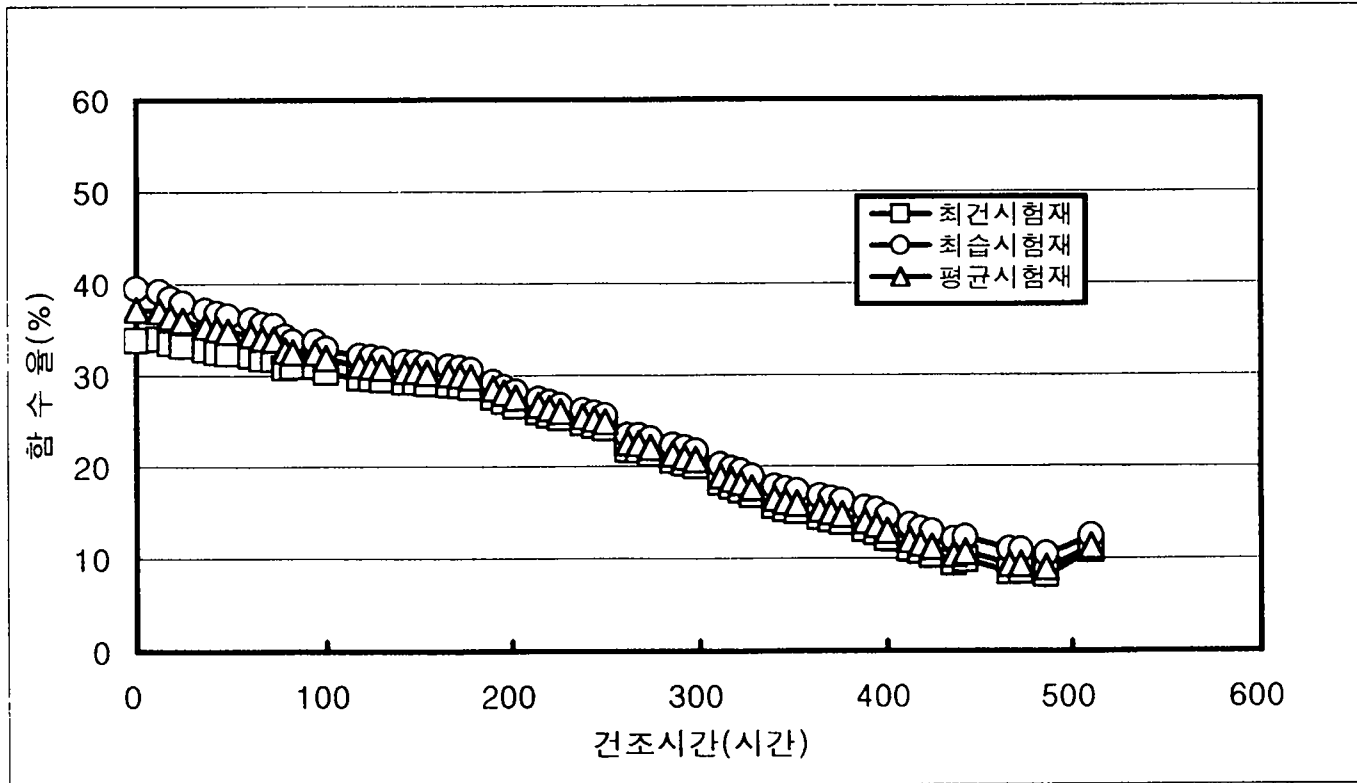


그림 3-3-1. 물푸레나무 야구방망이재의 열기건조곡선

Fig. 3-3-1. Kiln-drying curves of ash square boards for baseball bat.

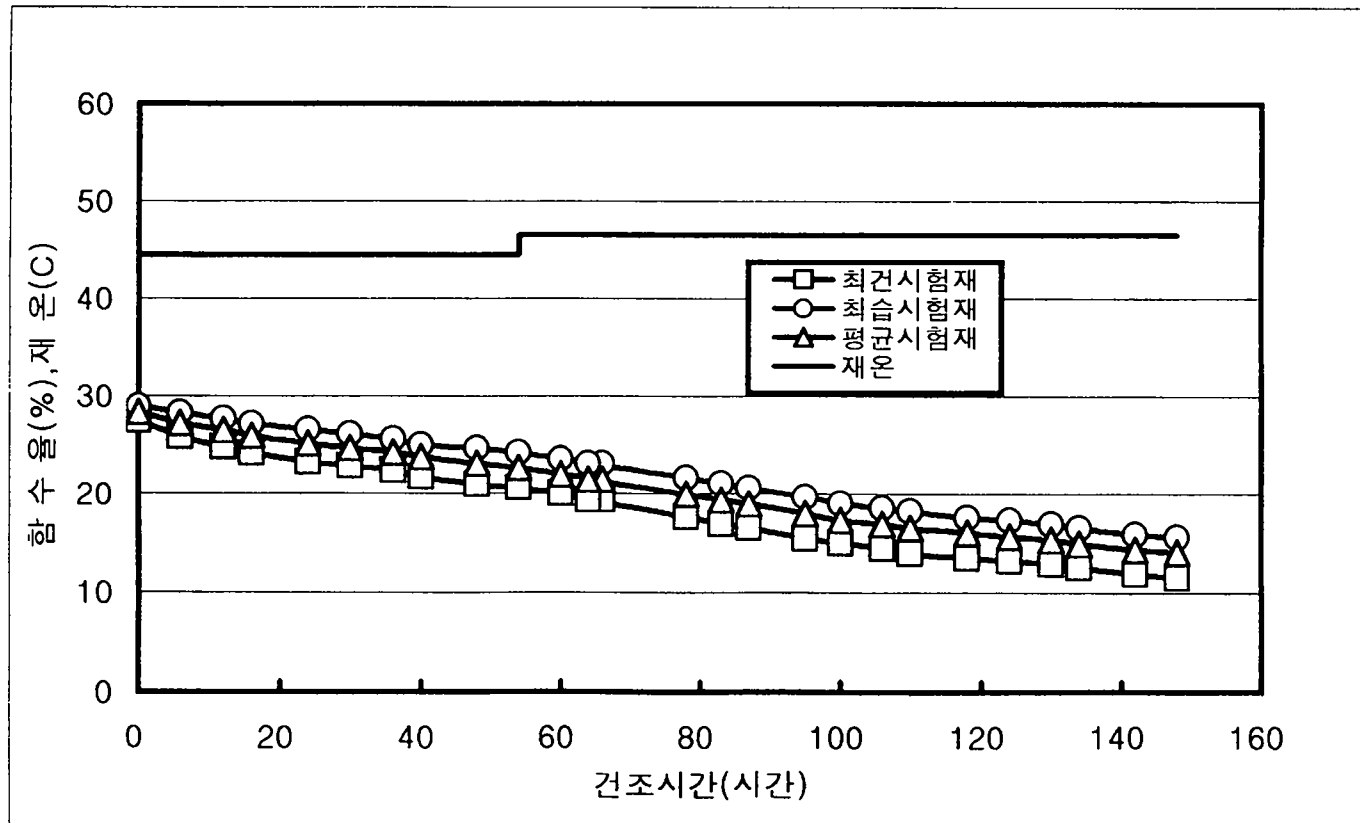


그림 3-3-2. 물푸레나무 야구방망이재의 RFP/V건조곡선

Fig. 3-3-2. RFP/V-drying curves of ash square boards for baseball bat.

나. 건조수축율과 찌그러짐

열기건조 및 RFP/V건조재의 함수율 8%까지의 수축율은 표 3-3-2와 같다.

RFP/V건조재의 접선방향과 방사방향 수축율은 각각 2.65%와 2.84%로서 열기건조재의 4.39%와 3.50%보다 40~20%정도 작았고, 두 횡단방향 수축율의 합(T+R)도 RFP/V건조재가 열기건조재보다 30%정도 작은 것으로 나타났다. Harris 등(1984)과 Lee 등(1995)도 이와 유사한 결과를 보고한 바 있다. Lee 등은 고주파진공건조의 경우 상대적으로 저온이 적용되기 때문에 찌그러짐의 발생이 적고, 또 액체장력이 소멸된 이후 찌그러짐의 복원이 용이하기 때문이라고 설명한 바 있다. 본 연구의 결과에서도 RFP/V건조재의 찌그러짐량은 5.1mm로서 열기건조재의 6.6mm보다 23%정도 적은 것으로 나타나 위의 설명을 뒷받침하고 있다.

RFP/V건조재의 경우 방사방향 수축율이 접선방향 수축율 보다 오히려 약간 크게 나타나 T/R비가 0.97이었다. 이는 건조중 접선방향에 대하여 수직으로 약 10,000kgf/m² 크기의 압체력이 가해지므로써 접선방향 수축이 억제되었기 때문인 것으로 생각된다. 방사방향의 경우 포아송효과에 의해 증가하여야하나 고주파진공에 의한 감소효과에 의해서 어느정도 상쇄되어진 것으로 판단된다. 이는 RFP/V건조재의 접선방향 수축율이 열기건조재보다 40%감소한 반면에 방사방향 수축율은 19%밖에 감소하지 않은 것에서 증명되어진다.

표 3-3-2. 물푸레나무 야구방망이재의 열기건조 및 RFP/V건조재의 함수율 8%까지의 수축율

Table 3-3-2. Corrected shrinkages from green to 8% MC during Kiln- and RFP/V-drying ash square boards for baseball bat.

건조방식	접선방향(T) (%)	방사방향(R) (%)	T/R比	T+R	찌그러짐 (mm)
열기건조(K)	4.39	3.50	1.42	7.89	6.6
RFP/V(V)	2.65	2.84	0.97	5.49	5.1
V/K ^{*1}	0.60	0.81	0.68	0.70	0.77

주)*1: RFP/V건조재의 수축율/열기건조재의 수축율임

다. 할렬과 충격강도

열기건조재와 RFP/V건조재의 횡단면할렬, 재면할렬 및 내부할렬의 발생 정도와 충격흡 흡수에너지를 표 3-3-3에 나타내었다.

횡단면할렬은 열기건조재와 RFP/V건조재 모두 경미한 편이었으나 RFP/V건조재가 약간 심하였다. 이는 열기건조재의 경우 건조전에 양 횡단면을 엔드코팅하므로써 횡단면을 통한 수분증발이 억제되었기 때문인 것으로 생각된다.

재면할렬은 RFP/V건조재의 경우 건조재 1본당 평균 0.64개에 총길이 5.2cm로서 매우 경미하였으나, 열기건조재는 각각 4.55개와 46.5cm로서 다소 심한 편이었다. RFP/V건조의 경우 내부수분의 표층으로의 유동속도 증진으로 건조초기에 표층에 인장응력의 형성이 상당히 억제되었기 때문인 것으로 판단된다.

내부할렬은 두 건조방법 모두에서 전혀 발생하지 않았다. 한편 RFP/V건조재와 열기건조재의 충격흡 흡수에너지는 각각 $1.44\text{kgf}\cdot\text{m}/\text{cm}^2$ 와 $1.26\text{kgf}\cdot\text{m}/\text{cm}^2$ 로서 RFP/V건조재가 약간 높았다. 이는 RFP/V건조의 경우 고강도열기건조스케줄보다 상대적으로 저온하에서 건조하므로써 열열화에 따른 강도손실이 적고, 또한 완전한 수분경사를 유지할 수 있어 미세할렬의 발생이 적은데 기인한 것으로 여겨진다.

라. 소요전력량

열기건조와 RFP/V건조중에 소요된 총 전력량과 단위시간당 전력량을 표 3-3-4에 나타내었다.

건조중 소요된 총 전력량은 열기건조의 경우 2797.9kWh로서 RFP/V건조의 401.2kWh보다 무려 약 7배나 많이 소요되었다. 이는 건조시간이 RFP/V건조의 3.5배나 길었기 때문인 것으로 생각된다. 단위시간당 소요전력량은 열기건조의 경우 5.3kWh, RFP/V건조의 경우는 2.5kWh로서 열기건조가 약 2배정도 많이 소모되었다. 이것은 물푸레나무의 경우 비중이 클뿐 아니라 건조할 재목이 두꺼워 내부수분의 표층으로의 유동거리가 증가하게 되므로써 고주파진공에 의한 건조속도 증진효과가 뚜렷하게 발휘될 수 있었기 때문인 것으로 판단된다.

표 3-3-3. 열기건조재와 RFP/V건조재의 횡단면할렬, 재면할렬, 내부할렬 및 충격흡 흡수에너지

Table 3-3-3. End checks, surface checks, internal checks and absorbed energy in impact bending test.

건조방식	횡단면할렬		재면할렬		내부할렬		충격흡 흡수 에너지 (kgf · m/cm ²)
	평균개수 (개)	평균총길이 (cm)	평균개수 (개)	평균총길이 (cm)	평균개수 (개)	평균총길이 (cm)	
열기건조	0.18	0.4	4.55	46.5	없음	없음	1.26
RFP/V 건조	1.45	1.0	0.64	5.2	없음	없음	1.44

표 3-3-4. 열기건조와 RFP/V건조중에 소요된 총 전력량과 단위 시간당 전력량

Table 3-3-4. The total consumed electric power and the consumed electric power per a hour during kiln - and RFP/V - drying.

	열기건조	RFP/V건조		
		고주파발전기	기타	계
총소요전력량(kWh)	2797.9	248.6	152.6	401.2
단위시간당 소요전력량(kWh)	5.3	1.6	1.0	2.5

4. 결 론

RFP/V건조에 소요된 시간은 148시간으로서 열기건조시간의 약 3/10에 불과하였는데, 이는 열기건조의 경우 비교적 완만한 조건의 고강도 건조 스케줄을 적용한 반면에 RFP/V건조의 경우 재내외간의 절대압력차와 표층과 내층간의 역온도경사 등에 힘입어 내부수분의 유동이 급속하게 이루어졌기 때문인 것으로 생각된다.

건조초기 12시간동안의 RFP/V건조의 건조속도는 열기건조의 경우보다 무려 15배나 빠르게 나타났다. 이것은 이 시기에 재내외간에 절대압력이 가장 크게 형성되고, 물의 끓는점이 낮아 건조재 또는 건조재내의 수분을 가열시키는데 소요되는 시간이 상대적으로 작기때문인 것으로 해석된다.

RFP/V건조의 횡단방향 수축율은 열기건조재보다 20~40%정도 작았고, 두 횡단방향 수축율의 합도 열기건조재보다 30%정도 작았다. 고주파진공의 경우 상대적으로 저온하에서 건조가 이루어지므로써 찌그러짐의 발생이 적고, 또 액체장력이 소멸된 이후 찌그러짐의 복원이 용이하기 때문인 것으로 판단된다.

RFP/V건조재의 방사방향 수축율은 접선방향 수축율보다 오히려 약간 크게 나타났는데, 이것은 건조중 접선방향에 대하여 수직으로 압체력이 가해지므로써 접선방향 수축이 억제되었기 때문인 것으로 생각된다.

횡단면할렬은 열기건조재나 RFP/V건조재의 경우 경미하였으나 RFP/V건조재가 약간 심하였다.

재면할렬은 RFP/V건조재의 경우 매우 경미하였으나, 열기건조재는 다소 심한 편이었다.

충격힘 흡수에너지는 RFP/V건조재가 $1.44\text{kgf} \cdot \text{m}/\text{cm}^3$ 로서 열기건조재의 $1.26\text{kgf} \cdot \text{m}/\text{cm}^3$ 보다 약간 높았다. RFP/V건조의 경우 열열화에 따른 강도손실이 적고, 또한 완만한 수분경사 때문에 미세할렬의 발생이 적은 것에 기인한 것으로 여겨진다.

열기건조중 소요된 총 전력량은 RFP/V건조의 경우보다 무려 7배가량이나 많았고, 단위시간당 소요전력량은 약 2배정도 많이 소모되었다.

참 고 문 헌

1. Dwinell, L.D., S. Avramidis, and J.E. Clark. 1994. Evaluation of a radio-frequency/vacuum dryer for eradicating the pinewood Forest Prod. J. 44(4):19-24.
2. Harris, R.A. and M.A. Taras. 1984. Comparison of moisture content distribution, stress distribution, and shrinkage of red oak lumber dried by a radio-frequency/vacuum drying process and a conventional kiln. Forest Prod. J. 34(1):44-54.
3. Hayashi, K. and S. Terazawa. 1977. Studies on cell-collapse of watersaturated balsa wood(V). Mokuzai Gakkaishi 23(1):30-34.
4. Kanagawa, Y. 1989. Resin distribution in lumber dried by vacuum drying combined with radio-frequency. Proceedings of IUFRO Wood Drying 1989:158-164.
5. Kubler, H. 1973a. Role of moisture in hygrothermal recovery of wood. Forest Prod. J. 5(3):198-204.
6. _____. 1973b. Hygrothermal recovery under stress and release of strain inelastic strain. Forest Prod. J. 6(1):78-85.
7. _____. 1974. Drying tree disks simply without defects. Forest Prod. J. 27(1):33-35.
8. _____. 1975. Study on drying of tree cross sections. Wood Science. 7(3):173-181.
9. _____. 1977. Formation of checks in tree stems during heating. Forest Prod. J. 27(1):41-46.
10. Lee, N. H. and H. S. Jung. 1991. Model of drying stress distribution in disks end-wrapped in Korean traditional paper and effects of end-wrappings on prevention of drying defects for vacuum drying of disks. Mokchae Konghak 19(1):31-63
11. _____ and _____. 1992. Effects of end-taping with Korean traditional paper on the distribution of vacuum drying stresses in wood disks. Proceedings of 3rd IUFRO Drying Conference: 227-234.

12. _____, K. Hayashi and H. S. Jung. 1995a. Possibility of drying of walnut disk for wooden arts in radio-frequency/vacuum dryer with mechanical pressure system. Proceedings of Vacuum Drying of Wood '95: 270-279
13. _____ and _____. 1995b. RF/V drying characteristics of 75mm-thick Japanese Cedar disks. Unpublished
14. _____ and _____. 1996. The effects of low pressure steam explosion treatment on the improvement of permeability in the softwoods.
15. Liu, F., S. Avramidis, and R.L. Zwick. 1994. Drying thick western hemlock in a laboratory radio-frequency/vacuum dryer with constant and variable electrode voltage. Forest Prod. J. 44(6):71-75.
16. USDA. 1988. DRY Kiln Operator's Manual.
USDA, Forest Service Forest Products Laboratory, Madison WI:7~18
17. Terazawa, S and K. Hayashi. 1972 Collapse in wood drying process. Wood Industry 27(11):2-7.
18. Wilhelmy, V. and H. Kubler. 1973. Probe for measurement of strains inside solid bodies. Experimental Mechanics 13(3) :142-144.
19. _____ and _____. 1973. Stresses and checks in log ends from relieved growth stresses. Wood Science 6(2):136-142.

제 5 장

간벌 소경재를 활용한 목재복합 옥조 제조기술 개발 분야

세부연구책임자 : 박 희 준
연구 원 : 윤 재 창
연구보조원 : 남 기 등
황 경 원
서 종 현

제 1 절 서 설

목재는 천연적인 재료로서의 장점으로 인하여 인류가 지구상에 등장한 이래로 없어서는 안 될 필수불가결한 재료로 이용되어 왔다. 특히, 목재는 습도조절기능이나 보온성 등이 우수하여 여타의 타재료에 비하여 인간생활에 매우 중요한 건축재나 건축내장재 등에서 매우 우수한 성능을 발휘하는 것으로 알려져 왔다. 그러나 생물학적 열화와 함수율 변화에 따른 치수의 불안정 등 몇가지의 단점으로 인하여 목재를 이용한 제품의 개발 중 수분을 많이 접하는 장소에서는 그 이용에 큰 제약을 받아왔다. 특히, 욕실용품(욕조, 타일, 세면대, 변기 등)과 주방용품의 제작에는 목재의 강한 흡습성에 기인하여 젖음, 썩음, 곰팡이, 냄새, 세척성 불량, 미끄러짐, 지견성, 수축과 팽윤에 따른 결합발생 등으로 제작이 거의 불가능한 것으로 인식되어 왔으며, 더우기 이들 용품제작에 비교적 적합한 수종으로 알려진 편백나무, 나한백, 벗나무 등은 그 재료가 한정되어 있을 뿐만 아니라 대경목이 부족하여 제작하여도 가격이 매우 비싸 대중화하기에는 불가능한 실정에 있는 것이 사실이다. 그러나 본 연구개발과제에서는 국산 침엽수 간벌소경재를 이용하여 집성화 기술개발을 개발하고 물리적처리 및 화학적 가공처리 또는 표면가공가공처리 등 특수처리를 함으로써 목재로부터 수분 흡수를 완전히 차단할 뿐만 아니라 내세척성, 내마모성, 보온성, 내오염성, 내열수성 등이 우수한 재료를 개발하고 이들 재료를 이용하여 고내수형 목제복합욕조 제조기술을 개발하고자 한다.

또한 이와같은 기술을 개발함으로써 목제욕조의 대중화가 가능해져 일반 가정의 욕실, 공중숙박시설(호텔, 여관, 콘도미니엄 등 기타 관광숙박시설)에 사용이 가능하고 간벌재를 집성가공함으로 크기를 자유자재로 조절이 가능하여 주문제작이나 중·개축이 용이할 뿐만 아니라 규격화가 가능하여 대량생산체제의 구축이 가능케 하고자 한다.

이와같은 목제욕조를 개발함으로써 대단위 아파트, 호텔, 여관, 관광업소 등 수요시장이 매우 넓어 산업채산성이 클 것으로 기대되며, 기존의 남원 목공예품의 명성과 더불어 목제욕조의 상품화로 여타의 남원 목공예품의 수요촉발도 기대된다. 또한 목제욕조의 개발

과 더불어 욕실, 화장실, 수영장 등의 바닥과 벽에 적용할 수 있는 목제타일 등 고도의 내수성을 필요로하는 기타용품의 개발이 가능할 것으로 기대되며, 이에따라 저급재인 국산 침엽수 간벌 소경재의 고부가가치 용재화로 산촌농가의 소득증대가 가능할 것으로 기대된다.

제 2 절 재 료 및 방 법

1. 공시재료

가. 공시원목

주요 국산 침엽수 간벌소경재 3수종, 낙엽송(*Larix gmelini* Var.), 리기다소나무(*Pinus rigida* Mill.), 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.)를 목재복합육조 제조용 공시원목으로 하여 제조기술을 개발하고자 하였다. 시험에 사용한 공시원목의 산지와 수종별 평균 직경은 표 4-1에 나타낸 바와 같다. 이들 공시원목은 제재 후 함수율 8%까지 열기건조하여 사용 하였다.

표 4-1. 육조제조용 공시원목의 산지, 흉고직경, 수령

Table 4-1. Locality, D.B.H., and tree age of sample logs

수 종 (species)	산 지 (locality)	흉고직경 (cm)	수 령 (year)
낙엽송 (<i>Larix gmelini</i> Var.)	전북 무주군 안성면 죽현리	17.20±3.44	14
리기다소나무 (<i>Pinus rigida</i> Mill.)	전북 남원시 산동면 월석리	17.12±3.57	20
소나무 (<i>Pinus densiflora</i> S. et Z.)	전북 남원시 도통동 도통리	16.50±3.99	18

※ 각 값은 20본의 평균±표준편차임

나. 접착제 및 집성재 제조

침엽수 소경재를 이용하여 목재육조 제조용 집성판을 제조하였으며, 집성판 제조용 접착제로는 열경화형 수용성 페놀-포름알데하이드수지 접착제(PF resin), 상온 경화형 이소시아네이트계 접착

제인 “KR-120”과 “Duro-Lok 270”을 사용하였다. 도포량 200g/m², 압
 체압력 10kgf/cm²으로 하였으며, 페놀-포름알데하이드 수지 접착제는
 온도 160℃, 시간 10초/mm, 그리고 “KR-120”과 “Duro-Lok 270”은 상
 온에서 2시간 압체하였다.

다. 보존제 및 표면처리용 수지

침엽수재 소경재로 제조한 목재욕조의 표면 재질개량을 위하
 여 처리한 목재보존제 및 수지는 미국 Thompson's Co.에서 제조한
 목재보존제인 “Wood Protector”와 안양소재 대한페인트·잉크(주),
 기술연구소로부터 구입한 2액형 폴리우레탄 수지(DPU-3000F)와 불소
 수지계 도료(OREFLON-203X)를 사용하였다.

제조된 목재욕조에 보존제 및 수지를 처리한 공정은 표 4-2에 나
 타낸 바와 같다.

표 4-2. 목재욕조의 표면처리 공정
 Table 4-2. Finishing process of polyurethane and
 fluoro resin on a wooden bathtub.

Process	Treated method	Remarks
Sanding	Sand paper	#120
Sanding	Sand paper	#320
Preservation	Spray	180g/m ²
First coat	Urethane resin(DPU-3000F)	20μm(dry)
Sanding	Sand paper	#320
Second coat	Urethane resin(DPU-3000F)	25μm(dry)
Final coat	Fluoro resin(OREFLON-203X)	30μm(dry)

2. 육조제조 및 육조성능 시험방법

가. 접착력 시험

육조제조용 집성판으로부터 한국공업규격 KS M 3721, 접착제의 압축 전단 접착강도 시험방법에 의거하여 상태시험, 내수시험, 내온수시험, 반복끓임시험을 수행하였다.

나. 육조제조과정

목재복합육조는 공시원목을 이용하여 제재 및 건조과정을 거친 후 초벌삭하여 두께를 일정하게(30mm)한 후 폭 25mm로 리핑(ripping)하고 길이 150mm로 횡절하여 집성판 제조용 라미나(lamina)를 제조 하였다. 선별된 라미나를 이용하여 집성판을 제조하고 스며나온 접착제 및 요철부위 제거를 위하여 자동 2면 기계대패를 이용하여 절삭한 후 연마하여 길이 1500mm x 폭 450mm x 두께 25mm인 측면판용 집성판과 길이 1500mm x 폭 700mm x 두께 25mm인 밑판용 집성판을 제조하였다. 제조된 집성판에 접합부를 가공한 후 조립하여 육조를 완성 하였다. 본 연구에서 개발한 육조의 단면 구조는 3층 구조를 이루고 있는 바 최외층에 두께 25mm 집성판, 중층에 두께 25mm 발포우레탄수지, 그리고 내층에 다시 두께 25mm 집성판을 구성하였다. 이와같이 제조한 육조는 입자가 고운 #320 연마지로 연마한 후 목재보존제인 "Wood Protector"로 스프레이한 후 건조시켰다. 건조 후 2액형 폴리우레탄 수지로 하도 및 중도를 하고 2액형 불소수지로 상도하여 목제육조를 완성하였다.

다. 목제육조 성능시험

현재 목제육조가 생산되고 있지 않은 상황이므로 이에 관한 시험항목 및 규정이 제정되어 있지 않다. 그러나 기존의 폴리에스테르 육조, 법랑육조, 스테인레스 육조, 그리고 대리석 무늬육조에 관하여서는 "한국공업규격 KS F 2826-1995, 육조의 성능시험"에 규정되어 있으므로 본 과제에서 개발한 육조도 이에 의거하여 앞자락면의 변형, 만수시의 변형, 모래주머니 충격, 낙구충격, 내비등성, 내하중성, 누수, 내오염성, 보온성, 내열성, 밀착성, 내산성, 내알카

리성 등을 시험하였으며, 또한 육조성능 시험규정에는 제시되어 있지 않으나 목제육조로써 갖추어야 될 것으로 판단되는 열수성, 내끓임성, 표면경도, 내마모성, 내세척성, 축진내후성을 “한국공업규격 KS M 3332, 열경화성 수지 화장판 시험방법”에서 제시한 방법에 의거하여 성능을 시험하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 집성판의 접착력

육조제조용 집성판은 육조의 특성상 항상 냉, 온수와 접하고 있기 마련이므로 무엇보다도 우수한 내수접착력을 부여할 수 있는 접착제의 선정과 접착기술이 요구된다 하겠다. 따라서 본 실험에서는 열경화형 페놀-포름알데하이드수지 접착제(PF resin), 이소시아네이트계 접착제인 “KR-120”과 “Duro-Lok 270”을 선정하여 수종별, 접착제별로 상태접착력, 내수접착력, 내온수접착력, 반복끓임접착력을 측정하여 접착성능을 비교분석하였다. 접착제별 시험한 결과는 표 4-3와 그림 4-1, 4-2, 4-3, 4-4에 나타낸 바와 같다.

표와 그림에서 보는 바와같이 섬유방향을 직교시킨 3매 합판의 접착력은 섬유방향을 일치시킨 2매 시험편의 접착력 보다 월등히 낮은 접착력을 나타내었으며, 상태접착력, 내수접착력, 내온수접착력, 반복끓임시험의 순으로 접착력이 낮게 나타났다. 접착제 종류에 따라서는 페놀수지접착제는 2매 시험편의 경우 상태접착력이 평균 78.85 kgf/cm², 내수접착력이 71.87kgf/cm², 내온수접착력이 50.46kgf/cm², 그리고 반복끓임시험에서 40.85kgf/cm²를 나타내어 반복끓임시험의 접착력은 가장 높은 강도를 나타낸 상태접착력의 51.8%를 나타내었고, KR-120의 경우에는 상태접착력이 평균 96.79kgf/cm², 내수접착력이 59.48kgf/cm², 내온수접착력이 36.45kgf/cm², 그리고 반복끓임시험에서 31.04kgf/cm²를 나타내어 반복끓임시험의 접착력은 상태접착력의 32.07%를 나타내었다. 그리고 Duro-Lok 270의 경우에는 반복끓임시험의 접착력이 상태접착력의 28.79% 나타내어 상태접착력과 반복끓임시험 사이에 가장 큰 접착력 감소를 나타내었으며, 수치에 있어서도 전체적으로 3 종류 접착제 가운데 가장 낮은 접착력을 나타내었다. 페놀수지접착제의 경우 접착력 시험방법에 따라 가장 변화가 적은 것으로 나타났으나, 열경화형 접착제로 접착시 열압을 하여야 한다는 단점과 접착층의 색상이 적갈색으로 변하게 되는 단점이 있어 침엽수재를 이용한 밝은 색상의 육조를 제조하는데는 적합하지 않은 것으로 판단된다. KR-120과 Duro-Lok 270은 상온경화형으로 도포가 쉽고 목재에 오염을 가져오지 않는다는 장점과함께 접착력이 우

수하여 육조제조용 접착제로 적합한 것으로 판단되며, 이들 3종류의 접착제는 모두 한국공업규격에서 제시하고 있는 시험종류별 최소기준인 7.0kgf/cm²은 훨씬 상회하는 값을 나타내었다.

표 4-3. 접착제별, 수종별 접착력

Table 4-3. Adhesive strength by the adhesive type and species.

접착제	수종	상태접착력 (kgf/cm ²)		내수접착력 (kgf/cm ²)		내온수접착력 (kgf/cm ²)		반복끊임시험 (kgf/cm ²)	
		2매	3매	2매	3매	2매	3매	2매	3매
페놀수지접착제	낙엽송	87.40	32.45	96.89	30.87	68.40	18.15	43.42	14.68
	소나무	64.24	32.29	46.59	31.90	46.62	15.32	48.82	11.09
	리기다소나무	84.91	37.58	72.14	21.04	36.35	15.46	30.31	17.66
KR-120	낙엽송	90.89	44.88	83.74	27.89	49.75	13.87	39.81	16.62
	소나무	92.55	37.88	30.98	24.97	27.42	16.47	22.57	17.24
	리기다소나무	106.94	51.72	63.71	30.50	32.17	15.58	30.74	13.34
Duro-Lok 270	낙엽송	55.28	39.86	37.68	27.19	25.37	17.55	13.19	10.13
	소나무	45.33	31.85	39.59	22.65	31.53	15.34	17.86	12.09
	리기다소나무	74.30	43.23	41.34	21.37	23.64	15.40	19.32	9.86

주) 각 10반복의 평균값임

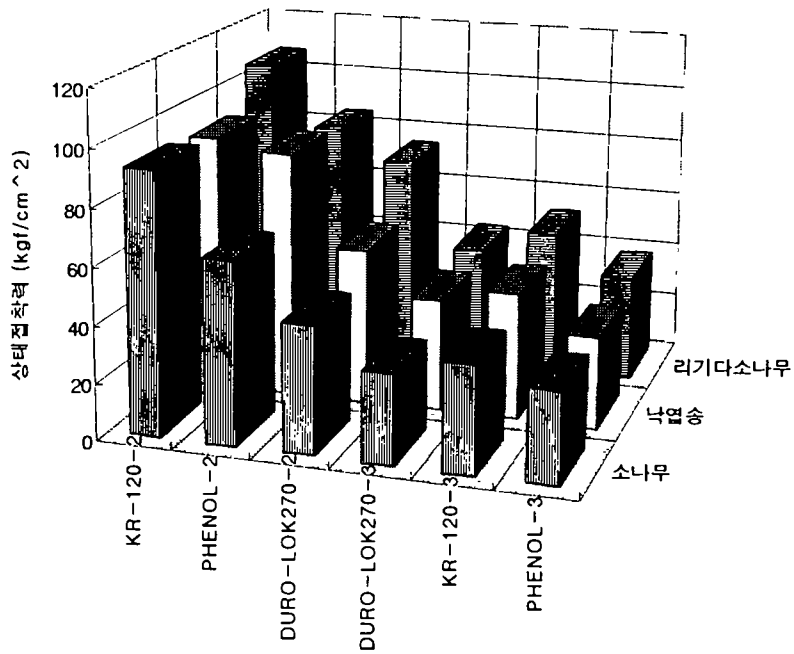


그림 4-1. 접착제 종류별 상태접착력

Fig. 4-1. Dry bonding strength by adhesive types

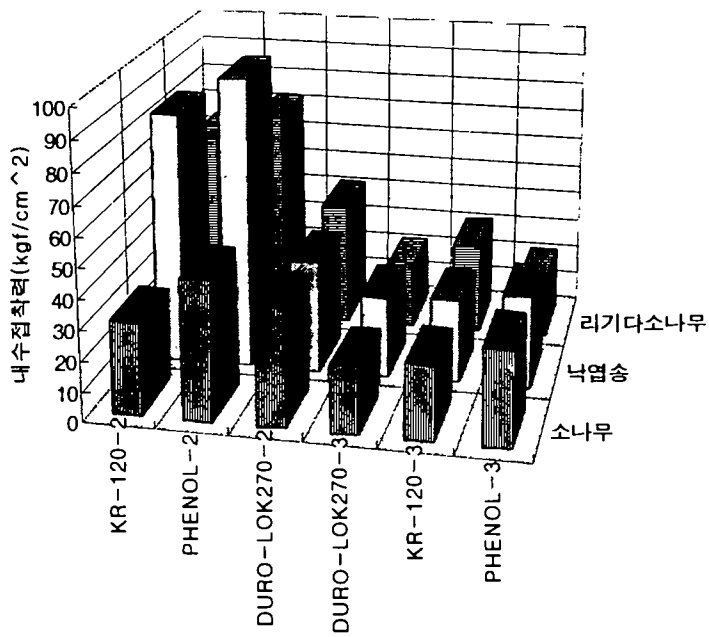


그림 4-2. 접착제 종류별 내수접착력

Fig. 4-2. Water proof bonding strength by adhesive types

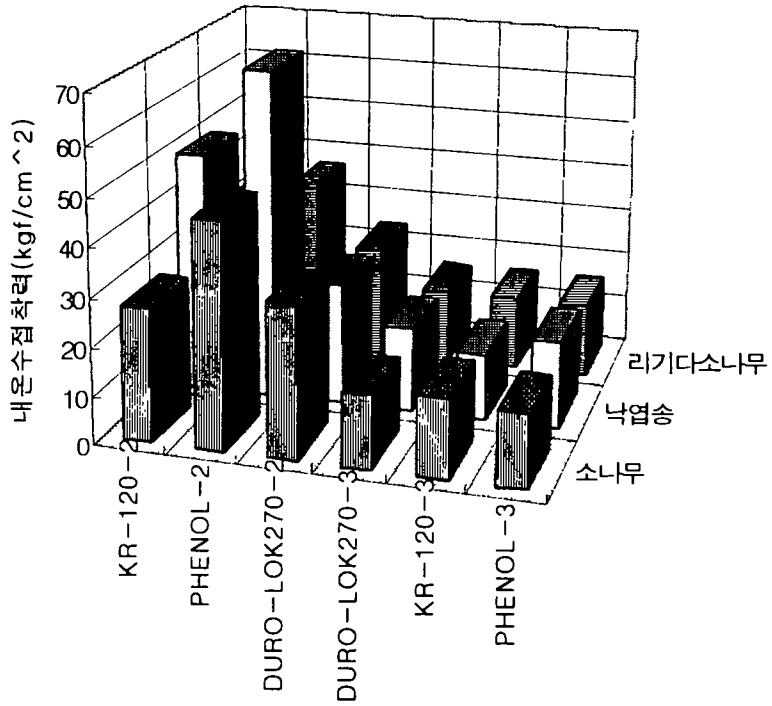


그림 4-3. 접착제 종류별 내온수접착력

Fig. 4-3. Warm-water proof bonding strength by adhesive types

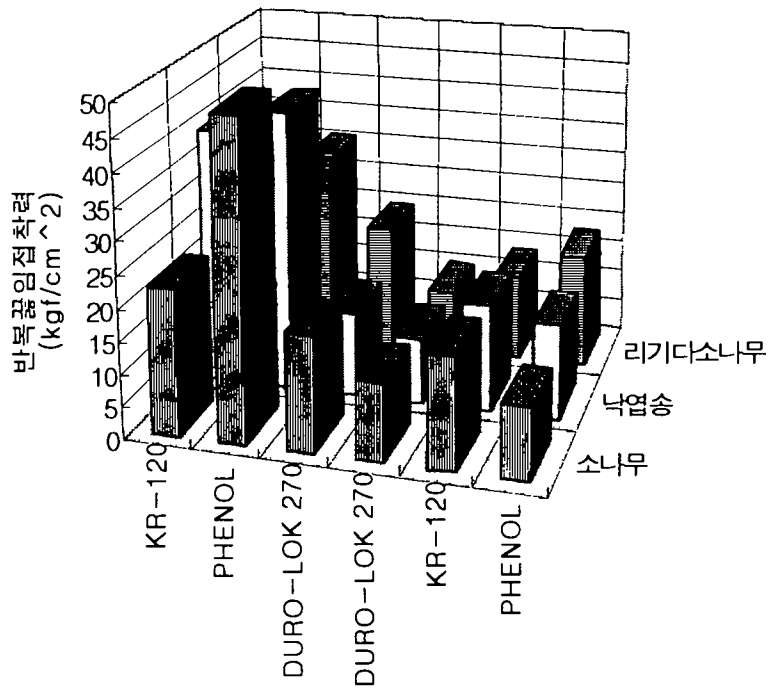


그림 4-4. 접착제 종류별 수종에 따른 반복끓임접착력

Fig. 4-4. Boil proof bonding strength by adhesive types

2. 목재육조의 성능

사진 4-1은 육조제조용으로 제조한 낙엽송 집성판으로 조립하기 전의 모습이다. 사진 4-2는 목재육조를 조립하는 모습이다. 그리고 사진 4-3은 본 연구에서 개발한 목재육조의 모습으로 낙엽송으로 제조한 육조(위)와 참나무로 제조한 육조(아래)의 모습을 보여주고 있다. 사진 4-4는 본 연구에서 개발한 목재육조 및 목제타일, 마루판으로 시공한 목재육실의 모습이다.

표 4-4, 4-5, 4-6은 한국공업규격 KS F 2826과 KS M 3332의 규정에 의거하여 시험한 목재육조의 성능을 보여주고 있다. 표 4-4는 한국공업규격 KS F 2826, 육조의 성능시험방법에 의거하여 항목별로 측정된 결과로 목재육조를 제작한 후 보존제처리, 우레탄수지로 하도, 중도 그리고 불소수지로 상도를 한 결과 표에서 보는 바와 같이 각 항목별로 이상유무를 발견할 수 없었다. 또한 표 4-5는 육조의 성능시험규정에는 제시되어 있지 않으나 열경화성 화장판 시험방법(KS M 3332), 도료 및 관련원료의 시험방법(KS M 5000), 그리고 도료의 밀착성 시험방법(KS M 5981)에 제시되어 있는 시험방법에 따라 목재육조를 시험한 결과이다. 이들 시험항목은 목재육조의 시험방법보다 가혹한 시험방법이라 판단되며, 목재육조로서 갖추어야 할 성능이라 판단되어 시험하였다. 시험결과 앞의 3장 목공예용 대체수종 개발 연구분야에서 언급한 바와 같이 현재까지 목제품에 적용한 바 없는 불소수지를 침엽수재(낙엽송, 소나무, 리기다소나무)에 적용한 결과 도장성 및 밀착성이 우수하였으며, 경화 후 도막성능 역시 매우 우수한 것으로 판정되었다. 수지처리 후 수종별 차이는 없는 것으로 나타났으며, 단지 처리 수지의 종류에 따라서는 차이를 나타내었다. 우레탄 수지와 불소수지간에는 우레탄 수지가 내세척성 및 내마모성에서 불소수지 보다 우수한 성능을 나타내었으며, 내오염성 및 촉진내후성 시험에서는 불소수지가 보다 우수한 성능을 나타내었다. 이상과 같은 결과로 우레탄 수지의 단점을 보완하고 값비싼 불소수지의 사용량을 줄여 목재육조에 우수한 성능을 부여하기 위해서는 우레탄 수지로 하도 및 중도, 그리고 상도에 불소수지처리를 하는 것이 바람직 하다고 판단된다.

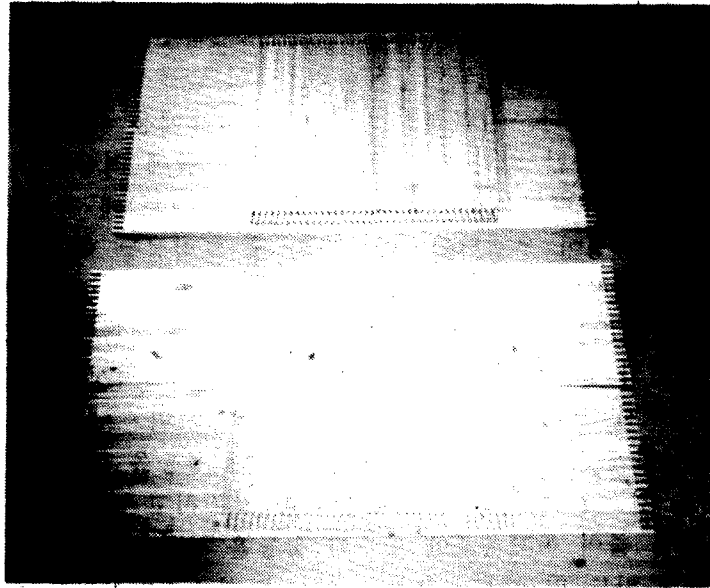
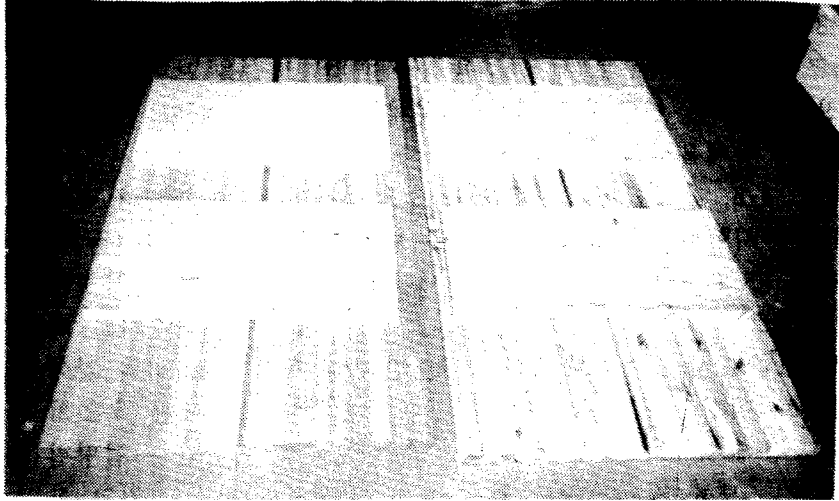


사진 4-1. 목제욕조 제조용 집성판

Photo 4-1. Glued laminated timbers for
making wooden bathtub.

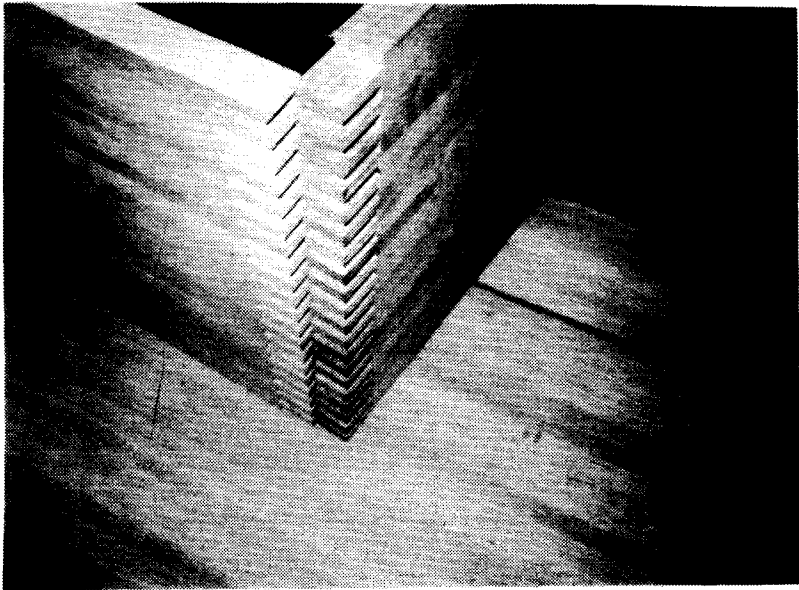


사진 4-2. 목제욕조 조립과정

Photo 4-2. Assembly process of a wooden bathtub

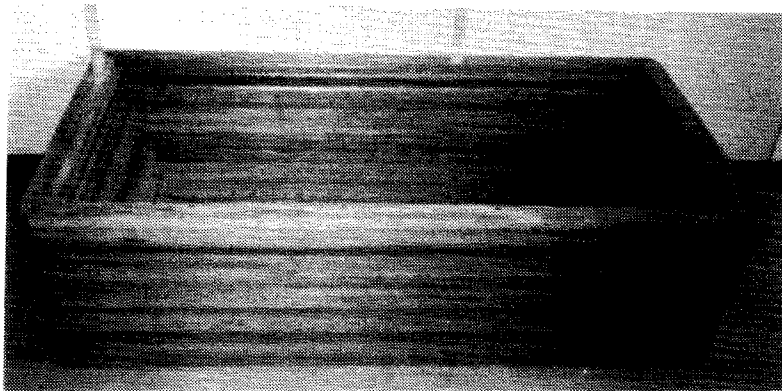


사진 4-3. 낙엽송(위)과 레드 오크(아래)로 제조한 목제욕조

Photo 4-3. Wooden bathtubs made with *Larix gmelini*(up) and *Quercus rubra*(down)

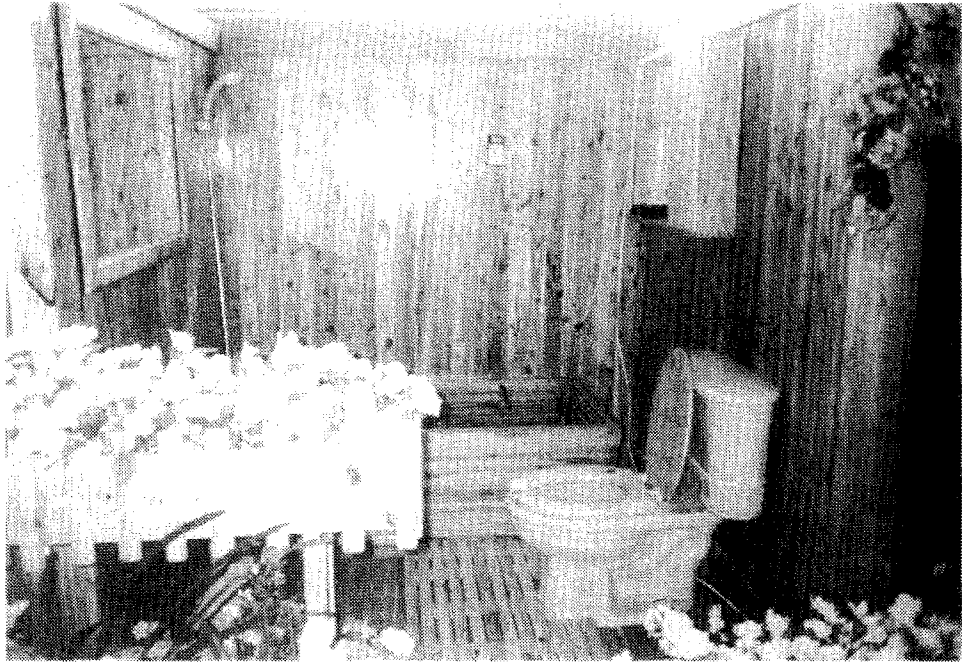


사진 4-4. 낙엽송(위)과 레드오크(아래)로 제작한
목제욕조 및 목제타일로 시공한 욕실

Photo 4-4. Bathrooms executed wooden bathtub and tiles
made with *Larix gmelini*(up) and *Quercus rubra*
(down)

표 4-4. 목제욕조 성능 시험항목 및 시험결과

Table 4-4. The performance test items and results of the wooden bathtub.

시험항목	변형도 시험	낙구충격 시험	모래주머니 충격시험	누수	내비등성	보온성	박리, 잔금, 갈라짐	내열성	밀착성	내산성	내알카리성
시험결과	변형 없음	변형없음	변형없음	없음	변화없음	-2.5℃ 감소	변화없음	변화 없음	변형 없음	변화 없음	변화없음

※ 시험규정 : 한국공업규격 KS F 2826-1995, 욕조의 성능 시험방법

표 4-5. 목제욕조의 성능시험결과

Table 4-5. The performance test results of the wooden bathtub.

수 지	수 종	밀착성 ¹	내열성 ²	열수성 ³	내끓임성 ³	표면경도 ³	내마모성 ³ (%)	내세척성 ³	광택감소율 ³ (%)	축진내후성 ³
우레탄수지	낙엽송	10	변화			B-2B	0.2380		2.6	
	소나무	10	없음	양호	양호	HB-B	0.2380	양호	7.7	미흡
	리기다소나무	10				H-HB	0.2380		7.9	
불소수지	낙엽송	10	변화	매우	매우	H-HB	0.3933		1.7	
	소나무	10	없음	양호	양호	HB	0.3933	양호	1.2	매우양호
	리기다소나무	10				H-HB	0.3933		1.9	
우레탄 + 불소수지	낙엽송	10	변화	매우	매우	HB	0.3933		5.2	
	소나무	10	없음	양호	양호	HB	0.3933	양호	1.1	양호
	리기다소나무	10				HB	0.3933		2.8	
무처리	낙엽송					2B-3B				
	소나무	-	약간 변색	미흡	미흡	2B-3B	-	-	-	미흡
	리기다소나무					2B-3B				

※ 1 : KS M 5981, 도료의 밀착성 시험방법

2 : KS M 3332, 열경화성 수지 화장판 시험방법

3 : KS M 5000, 도료 및 관련원료의 시험방법

표 4-6. 수지처리별 목재육조의 내오염성

Table 4-6. The pollution resistance of the wooden bathtub by resin treatment

수 지	수 종	크레파스 (적, 청)	구두약 (흑색)	사무용잉크 (적, 청)	Acetic acid 10%	암모니아수 28%	우유	커피	유성메직
우레탄수지	낙엽송 소나무 리기다소나무	변화없음	경미함	경미함	변화없음	경미함	변화없음	변화없음	경미함
불소수지	낙엽송 소나무 리기다소나무	변화없음	경미함	변화없음	변화없음	변화없음	변화없음	변화없음	변화없음
무처리	낙엽송 소나무 리기다소나무	변화없음	심함	심한변화	변화없음	변화없음	변화없음	변화없음	심한변화

※ 시험규정 : 한국공업규격 KS M 3332-1982, 열경화성 수지 화장판 시험방법

3. 목제욕조 제조비용

본 과제에는 국산 침엽수 간벌 소경재를 이용한 고부가가치 신상품 개발을 목적으로 수행하였는 바, 침엽수 3수종(낙엽송, 리기다소나무, 소나무)을 이용하여 목제욕조를 제조하였는바 목제욕조를 제조하는데 소요되는 비용은 표 4-7에 나타낸 바와 같다. 표에 나타낸 비용은 인건비와 감가상각비, 제재 및 도장시 에너지 비용 등 고정비용을 제외한 비용으로 욕조 1조 제조하는데 드는 비용은 총 172,732원으로 계산되었다. 이는 일본에서 편백나무로 제조하는 동일 규격의 목제욕조의 가격 약200~250만원(162~190만엔)에 비하면 월등히 낮은 가격이며, 더욱이 제조비용 중 약 36%를 차지하는 불소수지 비용의 경우 현재 본 연구에서 적용한 수지가 대량생산되고 있지 않은 상황에서 주문에 의하여 제조하고 있어 이와같이 고가이나 이를 대량으로 사용할 경우 생산비용은 이 보다 훨씬 더 줄어들 것으로 생각된다. 현재 일본의 경우에 편백나무로 제조한 욕조를 포함한 목제욕실의 경우 평당 200~400만엔하는 것에 비추어 볼 때 국산재를 이용하여 목제욕조 및 욕실을 시공한다면 일본의 10분의 1 수준에서 제조가 가능할 것으로 판단되며, 이들 욕조는 집성을 함으로써 대량생산 체제로 규격화가 가능하고, 주문에 의하여 원하는 크기로 제작이 가능하며, 침엽수 소경재를 이용한 새로운 고부가가치 산업으로 성장할 수 있을 것으로 기대된다.

표 4-7. 목제욕조 제조비용

Table 4-7. The Manufacturing cost of a wooden bathtub.

항 목	내	역	비용(원)
욕조 1조 기준			
· 목재비용	147,250㎤ ≒ 44.2사이 44.2사이x850원/사이x2(수율 50%)	= 75,140원	75,140
· 건조비용	88.4사이x200원/사이	= 17,680원	17,680
· 보존제비용	69,400㎤ ≒ 7㎡ 7㎡x1250원/㎡	= 8,750원	8,750
· 접착제비용	58,900㎤ ≒ 6㎡ 6㎡x1800원/㎡	= 10,800원	10,800
· 우레탄수지	69,175㎤ ≒ 7㎡ 7㎡x583원/㎡x2회	= 8,162원	8,162
· 불소수지	69,175㎤ ≒ 7㎡ 7㎡x9,000원/㎡	= 63,000원	63,000
합 계			172,732원

제 4 절 결 론

침엽수 간벌 소경재를 이용한 고부가가치 신상품을 개발의 일환으로 목제육조 및 목제타일 등 육실용품 제조기술을 개발하고자 수행하였다.

목제육조의 제조는 제재 및 건조, 라미나제조, 집성판제조, 부재 가공, 보존처리, 육조조립, 내수제처리, 우레탄수지처리, 불소수지 처리의 공정을 거쳐 제조하였다. 육조는 항상 냉수 혹은 온수와 접하고 있으므로 사용 접착제는 내수성이 우수하고, 작업성이 좋은 상온경화형 이소시아네이트계 접착제를 사용함으로써 내수접착력, 내온수접착력, 반복끓임접착력에서 평균 20kgf/cm²의 접착력을 유지시킬 수 있었다.

또한 본 과제에서는 도막성능이 우수한 2액형 폴리-우레탄 수지와 초내후성 수지로 알려져 있으나, 지금까지 목제품에 적용된 바 없는 2액형 불소수지를 육조표면에 처리함으로써 한국공업규격 “육조의 성능시험방법”에서 제시한 시험에서 변형 및 이상유무를 발견할 수 없었으며, 목재의 흡수 및 흡습성을 개선시킴으로써 젖음, 부후, 곰팡이, 미끄러짐, 수축과 팽윤에 의한 결함을 차단할 수 있는 것으로 나타났다. 우레탄 수지와 불소수지의 비교에 있어서는 내열수성, 내끓임성, 촉진내후성에서는 불소수지처리가 보다 우수한 성능을 나타내었으며, 내마모성과 내세척성에서는 우레탄 수지가 보다 우수한 것으로 나타났다. 이상과 같은 결과로 하도 및 중도에 우레탄 수지 처리를, 그리고 상도에 불소수지 처리를 하는 것이 육조의 성능 제조비용면에서 바람직하다 생각된다. 한편, 육조 1조를 제조하는데 드는 비용은 감각상각비 및 인건비 등 고정비를 제외하고 약 172,732원 정도로 계산되었으며, 이는 일본에서 편백나무로 제조한 목제육조의 약 10분의 1에 해당하는 비용이다.

이상과 같이 현재 저급, 저가인 침엽수 간벌 소경재를 이용하여 목제육조 및 육실용품(목제타일, 세면대, 육실용 마루판, 등)을 제조함으로써 목재의 천연적인 장점을 살리고, 치수가공이 용이하고 대량생산체제로 규격화가 가능한 우수한 성능의 목제육조의 제조가 가능케 됨으로써 새로운 고부가가치 산업으로 성장할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. Hiroto, I. 1994. Improvement of the weather resistance of wood. Wood modification research association. p. 247-254.
2. Hirotsugu, O, Y. Sakamoto, and T. Nakajima. 1994. Dimensional Stabilization of surface layers of wood materials and coatings to improve weather resistant properties of wood products. Wood modification research association. p. 335--364.
3. Mutsumi, I. 1994. Development of wood modification technique. Wood modification research association. p. 18-20.
4. Rowell. R. M., and P. Konkol. 1987. Treatments that enhance physical properties of wood. USDA Forest Service Gen. Tech. Re. FPL-GTR-55.
5. USDA. 1987. Wood handbook : Wood as an engineering material. USDA For. Prod. Lab., Agric. Handbk. No 72.
6. Walker, J. C. F. 1993. Dimensional instability of timber. Chapman & Hall p.95-120.
7. Williams, R. S., Mark, T. K., and William, C. F. 1996. Finishes for exterior wood. USDA, Forest Service, Forest Products Laboratory, 127p.
8. 김박윤. 1984. 플루오르수지. 대광서림. 262p.
9. 김홍재. 1991. 폴리우레탄수지. 대광서림. 296p.
10. 대한페인트. 잉크(주). 1993. 건축용도료기술자료집. 111p.
11. 대한페인트. 잉크(주). 1993. 목공용도료기술자료집. 114p.
12. 현영창. 1993. 도장기술핸드북. 도서출판 세화, 898p.
13. 임업연구원. 1994. 일본 목재보존공업 기술동향. 임업연구원 연구자료 제 90 호.
14. 한국공업표준협회. 1984. 도료 및 관련원료 시험방법.
15. 한국공업표준협회. 1995. 육조의 성능시험방법.
16. 日本住宅・木材技術セクター. 1994. 木製水槽設計施工の手引. 60p.

제 6 장

목공예품의 특성화 디자인 개발

세부연구책임자 : 임 승 택
보 조 원 : 김 강 섭
장 세 환

제 1 절 서 설

우리나라의 목공예품 제조업체에서 생산하고 있는 품목은 종별이 매우 한정되어 있을 뿐만 아니라 디자인에 있어서도 획일적 특성을 띠고 있어 다른 생산분야에 비하여 저조한 발전을 보이고 있다.

생산방식에 있어서도 가내수공업 형식의 영세한 조건에서 전통적 경험과 재래식 방법에 의한 기술의존도가 높아서 고비용 저효율 구조를 벗어나지 못하고 있다. 고부가가치의 신모델이나 신제품 개발에 대한 동기가 미약한 것은 말할 것도 없다.

또 현대 산업사회로 접어들면서 공예품의 재료를 전국 어디서나 손쉽게 구해 쓸 수 있도록 유통산업이 발달되었다. 과거처럼 특정지역에서만 볼 수 있는 특산물로서의 재료적 특성이 상실된 것이다.

목공예 용재에 있어서도 산림자원의 고갈로 중국이나 캐나다 등지에서 공예용 원목을 수입하는 실정으로 막대한 외화가 낭비되고 있다고 하겠다. 특히 나무의 상태나 재질이 균일하지 않고 지속적인 공급여부도 불안정하여 대체수종의 개발이 절실하지 않을 수 없게 되었다.

따라서 현재와 같은 상황에서는 새로운 수요의 창출은 물론 과거와 같이 지역 주민의 값싼 유효노동력을 이용한 소득증대를 기대하기가 어렵게 되었다.

이러한 사정은 남원 및 지리산 지역 목공예 제조업체는 물론 우리나라의 모든 목공예업체가 공통적으로 안고있는 문제라 하겠다.

남원과 같은 지역사회가 끊임없는 문화의 창달과 이를 상품화로 연계시키는 경제적 부가가치를 추구하기 위해서는 과거와는 다른 새로운 비전의 제시가 시급하다고 하겠다.

이러한 의미에서 문화유산의 현대적 활용이라는 측면과 문화와 경제를 접목시켜 국가 경쟁력을 제고시키는 일의 중요성은 아무리 강조해도 지나치지 않을 것이다.

특히 오랫동안 축적된 경험과 기술을 바탕으로 전통문화유산과 향토적 특성을 상징화시키는 지역이미지를 연구하고 이를 독특한 문화상품으로 개발하여 지역의 공예산업을 육성하는 일은 바로 그러한 의미에서 더욱 중요하다고 하겠다.

이에 따라 본 연구에서는 지리산과 남원이라는 지방색을 반영한 독특한 형태의 공예품과 새로운 모델을 제작하여 타지역에서 생산되는 공예품과의 차별화를 시도한다. 또 현재 목공예품으로 널리 활용되는 활엽수류의 수종과는 달리 아직 활용빈도가 미약한 미이용 침엽수 간벌재를 이용하여 목공예용품으로의 활용가능성을 제시하고자 하였다.

이와 같은 목공예품의 디자인적 차별화와 침엽수 간벌재에 의한 새로운 공예용 재료로의 활용은 침체일로에 있는 남원지역 공예산업에 활력을 불어넣을 수 있을 뿐만 아니라 공예품의 대중화를 더욱 촉진시켜 관광상품으로서의 효용성과 궁극적으로는 우리문화의 세계화를 가능케 할 것으로 기대된다.

본 연구는 지리산 및 남원지역의 목공예품을 중심으로 3차년도에 걸쳐 연구 진행하도록 하였다.

1차년도에는 개발품목을 자료수집이나 설문조사 등을 통하여 합리적으로 선정하도록 하였고, 2차년도와 3차년도에는 선정된 품목을 디자인하거나 설계하고 각 품목에 적합한 제작기법을 개발하였다. 시작품은 앞에서 밝힌 바와 같이 활엽수를 이용함을 물론 미이용 침엽수 간벌재 등을 활용하여 공예용 재료로의 이용가능성을 제시하였다. 이렇게 제작된 공예품의 모델은 지리산 및 남원지역의 목공예 제조업체 관련 종사자들이 관심을 갖고 살펴보기에 편리한 장소에서 전시회를 개최하였다.

제 2 절 개발품목의 선정

1. 방법 및 절차

1차년도에는 지리산지역 목공예품의 특성화 디자인 개발을 위한 시장조사 및 개발품목을 선정하는데 중점을 두었다. 이를 위해 연구목표를 분석하고 이러한 조건에 부합되는지를 파악하기 위하여 이 지역 목공예 제조업체에서 제품이 생산되는 여건을 살펴보기로 한다. 또한 생산된 제품의 수요시장을 살펴보고 실제 공예품을 사용하는 대상을 잠정적으로 설정하도록 하였다.

마케팅 상품전략을 수립하여 대표적 관광 상품화가 가능한 품목을 살펴보도록 하였으며, 특히 제품개발에 필요한 지역적 특성과 상징적인 소재, 소비자의 의식조사를 설문문을 통하여 분석하고 이를 토대로 개발품목을 선정하도록 하였다.

2. 연구목표 분석

본 연구를 통하여 개발하려고 하는 공예품은 다음과 같은 몇가지 디자인 컨셉을 설정하여 조건에 적합하도록 진행한다. 대량생산이 가능하고 고부가가치를 창출할 수 있는 독창적인 디자인과 제작공정이 단순하여 가격이 저렴하여야 한다.

또 관광객을 위하여 휴대하거나 운반하기에 간편한 규격이 되도록 한다. 재료활용에 있어서는 활엽수 및 간벌침엽수를 이용한 신소재 목재를 활용하도록 한다. 특히 기능에 있어서는 내국인은 물론 외국인의 보편적 생활에도 적용될 수 있어야 하며 소재개발은 지리산과 남원의 지역적, 생태적 특성이나 전통, 역사, 설화 등의 문화유산을 응용하여 지역적 차별화와 문화상품의 특성화가 이루어지도록 한다.

특히 소재개발에 있어서는 특성있는 소재라 하더라도 소재의 활용방법이나 제품의 전체 스타일이 현대인의 기호에 적합해야 하므로 디자인은 현대적 감각이 표현되도록 한다.

3. 공예품의 공급여건

남원은 목기제작의 본산으로 장인정신이 오늘날까지 계승되고 있으며 약 200여개의 업체가 산재되어 목기 산업은 남원 제1의 산업으로 자리잡고 있다. 특히 남원시 특산물 전시장에는 남원 소재 70여군 데의 우수업체에서 생산된 목공예품이 한자리에서 전시 판매되고 있다.

남원목기단지에서는 업체별로 제기 또는 소반류 등의 단일 생산품종이 전문생산되고 있다. 공예품의 재료로는 지리산 지역에서 생산되는 느티나무, 물푸레나무, 밤나무, 오리나무 일부와 캐나다나 중국산 목재 등을 사용하고 있다. 특히 1992년 임업연구원 연구보고에 의하면 우리나라 지역별 목공예용 활엽수재의 소비량은 남원이 우리나라 전체의 41%

를 점유하고 있다고 한다. 대단히 많은 양의 공예품 생산 여건을 갖추고 있다고 하겠다. 그밖에 소반 및 다반류 등에 보이는 판재작업의 경우에는 합판이나 MDF가 활엽수 무늬목과 함께 부분적으로 사용되고 있다.

4. 잠정수요시장

개발된 제품의 잠정 수요시장을 파악하기 위하여 이 지역의 관광자원이나 특산물, 인근 배후지역 등을 살펴보고 남원시가 최근에 계획한 지역 관광 개발 예정지 8개소를 연계하여 시장성을 판단하도록 한다.

널리 알려진 남원지역의 관광자원으로는 광한루원, 남원관광단지, 국악원, 남원성, 흥부전마을등이 있으며, 지리산 지역에 소재한 명찰로는 실상사, 화엄사, 쌍계사, 문수사, 천은사, 연곡사, 대원사 등이 있어 사시사철 관광객이 끊이지 않는다. 또 천왕봉을 중심으로 노고단, 피아골, 정령치 고개, 고사목 지대, 뱀사골 등의 등반로가 개발되어 있어 등반 애호가들과 관광객의 사랑을 받고 있다. 최근에 개발된 지하 470mm에서涌출되는 게르마늄 온천과 대규모 숙박시설의 확충으로 지리산 지역에는 전례없이 많은 관광객들이 붐비고 있다.

남원시민의 축제인 춘향제, 흥부제와 지리산의 고로쇠 약수제와 삼동굿이 매년 성황리에 개최되면서 지역민은 물론 관광객들의 높은 관심을 사고 있다. 또 지리산의 생태계를 배경으로 하는 한봉과 고로쇠물, 은어, 미나리, 안개꽃, 목재제기등은 널리 알려진 이 지역의 대표산물이다.

지리산과 남원을 중심으로 한 인근 배후지역을 살펴보면 광주 광역시, 대구 광역시, 전라남도, 전라북도, 경상남도, 경상북도(약 1천만명)가 인접해 있으며, 매년 중등학교 수학여행단과 일반 단체 관광객이 이 곳을 찾아 러시를 이루고 있다. 또 광한루원을 찾는 관광객은 연간 약 100만 명이 넘게 입장하고 있다고 한다.

최근에 남원시가 관광개발예정지로 계획된 8개소는 춘향테마 공원, 광한루 인도교, 오리정 자연농원, 지리산 운봉리조트, 춘향골 과일랜드, 흥부골 종합휴양지, 이백 온천리조트 및 섬진강 하계휴양지로서 이 계획이 성공적으로 수행된다면 이 지역 관광 상권과의 연계 마케팅은 지역경제에 대단한 활력소로 작용될 것으로 판단된다. 이밖에도 최근 문화수준의 향상으로 목공예품의 수요가 급증되고 있는 현상은 수요시장의 확장을 의미하는 대단히 고무적인 일이 아닐 수 없다.

5. 공예품의 주요 사용대상 설정

공예품을 실제 사용하는 대상을 잠정적으로 설정하여 품목을 개발하는 것이 효과적인 것으로 판단되어 소비기호가 뚜렷한 성인남자, 주부, 아동, 청소년으로 크게 구분하였다. 목공예품에 대한 연령층별 및 성별 공예품 활용기호가 반영된 품목을 선정함으로써 수요

의 다각화가 가능하도록 하였다.

6. 마케팅 상품전략

남원 목기 단지의 인력 및 시설 등의 생산요건을 최대한 활용하고 관광상품 및 토산품에 지역적 특성을 표현하여 소비자로 하여금 구매력을 최대한 촉진시키도록 한다. 특히 타지역에서 생산되는 목공예품과의 차별화를 위하여 지리산 중심 인근지역 및 남원의 상징성이 제고되도록 지역 이미지를 상품화한다. 따라서 대표적인 상품과 품종의 다양화가 이루어져 상징상품에 대한 자긍심이 고취되도록 한다. 이와 함께 객관적이고 합리적인 소비자 설문조사에서 추출된 자료를 적절히 활용하여 상품효과를 높이는 것은 물론 대표적 관광상품을 적극적으로 홍보, 판매하도록 한다. 특히 소비자의 시각적 자극을 위한 눈높이 진열을 함으로써 현장판매 증대 대책을 강구하도록 한다.

한편 남원은 물론 우리나라 공예품의 포장디자인은 내용물 못지 않게 더 많은 개선이 이루어져 소비자의 안목과 기호를 충족시켜줘야 할 것이다. 여기에서는 연구범위의 한계로 제품의 외관을 감싸고 있는 포장디자인의 중요성과 개선의 시급함을 강조하는 것으로 넘어가고 다음 기회에 이 문제에 대하여 고찰하기로 한다.

7. 소비자 설문 조사

설문조사는 1995. 10. 24~10. 26까지 남원지역 방문 관광객 120명과 지리산 지역의 등반로, 사찰, 온천지대를 방문한 관광객 120명을 중심으로 실시되었으며, 일반인 조사는 전주지역 성인 남녀 120 여명을 대상으로 조사하였다. 이와 같은 방법으로 설문조사를 실시한 결과 당해년도 개발품목선정에 필요한 항목들을 나열하면 아래와 같다.

가. 일반인 조사 항목

1) 귀하께서는 지리산 하면 가장 생각나는 것을 중요도 순서로 3가지만 고르시오.

- | | | | |
|-----------------------|---------------------|--------------|----------|
| ① 실상사(7) | ② 쌍계사(20) | ③ 화엄사(67) | ④ 문수사() |
| ⑤ 천은사(9) | ⑥ 연곡사 등의 사찰과 보물(3) | ⑦ 노고단(74) | |
| ⑧ 피아골(30) | ⑨ 정령치고개(6) | ⑩ 고사목지대(17) | |
| ⑪ 남원광한루(36) | ⑫ 남원운봉목기(14) | ⑬ 지리산 온천(12) | |
| ⑭ 기타, (천왕봉, 세석평전) () | | | |

2) 귀하께서는 '남원' 하면 생각나는 것을 우선 순위로 2가지만 고르시오.

- | | | | |
|------------|---------------|-----------|-----------|
| ① 광한루(91) | ② 춘향전(91) | ③ 흥부전(2) | ④ 지리산(47) |
| ⑤ 운봉목기(5) | ⑥ 남원의 국악원(3) | ⑦ 기타(1) | |

일반인 조사결과

구 분		순 위	비 고
상징성	지리산	① 노고단 ② 화엄사 ③ 남원광한루 ④ 피아골 ⑤ 쌍계사 ⑥ 고사목지대 ⑦ 남원 운봉 목기	
	남 원	① 광한루 ② 춘향전 ③ 지리산 ④ 운봉목기 ⑤ 국악원	
응용 소재의 선 호 도		① 남원의 전통제기(목기) ② 지리산의 생태계와 관련된 것 ③ 지리산에 소재한 사찰과 관련된 것 ④ 춘향과 관련된 것 ⑤ 국악과 관련된 것 ⑥ 흥부전과 관련된 것	
토산품 구입기준		① 전통미와 향토성 ② 모양(형태) ③ 용도(쓰임새) ④ 가격 ⑤ 내구성	
선물의 가격		① 5천원이상 만원미만 ② 3천원이상 5천원미만 ③ 만원이상 2만원미만	
선물의 용도		① 장식용품 ② 일상용품 ③ 사무용 또는 문방용품 ④ 주방용품	

구 분	순 위	비 고
우리지역 토산품의 스타일	① 현대적이지도 전통적이지도 않다. ② 전통적이다. ③ 현대적이다.	
토산품의 색상	① 어둡다. ② 적당하다. ③ 밝다. ④ 너무 어둡다.	
선 호 품 목	① 목기 ② 장식용 나무인형 ③ 장식용 시계 ④ 장식용 촛대 ⑤ 다반류 ⑥ 소반류 ⑦ 아동용 퍼즐 ⑧ 기타 공예품	

나. 남원 방문 관광객 조사

다음 항목은 남원과 관련된 것들입니다.

1) 귀하께서 좋아하는 2-3개를 고르신다면?

- ① 춘향전(67) ② 흥부전(5) ③ 국악(18) ④ 광한루(66) ⑤ 지리산(64)
⑥ 남원목기(21) ⑦기타()

2) 귀하께서 남원 관광후 다음의 목재 토산품이나 목공예품을 살 수 있을 때 가장 갖고 싶은 것 2가지를 고른다면?

- ① 춘향전과 관련된것(45) ② 흥부전과 관련된것(7)
③ 국악과 관련된것(20) ④ 광한루와 관련된것(32)
⑤ 지리산과 관련된것(45) ⑥ 운봉목기와 관련된것(29) ⑦ 기타(2)

3) 귀하께서 남원에서 다음의 품종들을 살 수 있을 때 꼭 갖고 싶은 것 2개를 고르시오.

- ① 목기(26) ② 다반류(14) ③ 소반류(21) ④ 아동용퍼즐(3)
⑤ 장식용 시계(40) ⑥ 장식용 나무인형(47) ⑦ 장식용 촛대(36) ⑧ 기타()

5) 선물의 쓰임새는 어느 것이 적당하겠습니까?

- ① 주방용품(4)
- ② 사무용품 또는 문방용품(17)
- ③ 장식용품(57)
- ④ 화장용품(2)
- ⑤ 일상용품(26)
- ⑥ 기타(1)

상기 항목을 간추리면 다음과 같은 결론을 도출해낼 수 있다.

남원 방문 관광객 조사 결과

구 분	순 위	비 고
남원의 상징성	① 광한루 ② 춘향전 ③ 지리산 ④ 남원 목기 ⑤ 국악 ⑥ 흥부전	
공예품 응용 소재의 선호도	① 춘향과 관련된것 ① 지리산과 관련된것 ③ 광한루와 관련된것 ④ 남원 목기와 관련된것 ⑤ 흥부전과 관련된것 ⑥ 기타와 관련된것	
선호 품목	① 장식용 나무 인형 ② 장식용 시계 ③ 장식용 촛대 ④ 남원 목기 ⑤ 소반류 ⑥ 다반류 ⑦ 아동용 퍼즐	
용 도	① 장식용품 ② 일상용품 ③ 사무용품 또는 문방용품 ④ 주방용품 ⑤ 화장용품	

국립공원 지리산 방문 관광객 조사 결과

구 분	순 위	비 고
지리산의 상징성	① 노고단, 피아골, 정령치고개, 고사목지대, 천왕봉 등 등산코스. ② 명찰(실상사, 쌍계사, 화엄사, 문수사, 천은사, 연곡사 등)과 관련된것 ③ 지리산의 생태계(동물 및 식물)과 관련된것 ④ 지리산 온천	
공예품 응용소재의 선호도	① 지리산의 생태계와 관련된것 ② 노고단, 피아골, 정령치고개, 고사목지대, 천왕봉등 등산코스과 관련된것 ③ 명찰(실상사, 쌍계사)과 관련된것 ④ 지리산 온천 ⑤ 기타	
선호 품목	① 장식용 나무인형 ② 목기 ③ 장식용 시계 ④ 장식용 촛대 ⑤ 다반류 ⑥ 소반류 ⑦ 아동용 퍼즐 ⑧ 기타	
용 도	① 장식용품 ② 일상용품 ③ 사무용품 또는 문방용품 ④ 주방용품 ⑤ 화장용품	

8. 개발품목 선정결과

앞에서 기술한 연구목표를 가지고 제품의 공급여건 및 잠재 수요시장을 분석한 결과 공예품의 신상품 개발에 대한 잠재성은 대단히 양호한 것으로 판단된다.

특히 남원시가 계획하고 있는 8개소의 관광개발 예정지가 성공적으로 완공되면 관광객의 급증과 함께 제품의 수요도 현재보다 훨씬 더 증가할 것으로 여겨진다.

공예품의 주 사용대상을 잠정 설정하여 인기품목을 설문조사를 통해 분석한 결과 선정된 개발품목은 아래와 같다

가. 용도 분석 결과

(단위 : 명)

용도 \ 구분	일반인 조사	남원 지역 방문자	지리산지역 방문자	비 고
장식용품	67	57	61	
일상용품	29	26	23	
사무용품(문방용품)	12	17	13	
주방용품	2	4	3	
화장용품	1	2	8	
기 타				

따라서 일반인과 남원지역 방문자, 지리산 지역 방문자들의 설문조사 결과 그들이 선호하는 공예품이나 토산품의 용도는 대체로 장식용품, 일상용품, 사무용품, 주방용품, 화장용품, 기타 공예품의 순으로 일치되어 나타나고 있다.

나. 품목 분석결과

(단위 : 명)

구분 품목	일반인 조사	남원 지역 방문자	지리산지역 방문자	비 고
목기 세트	47	26	32	
장식용 나무인형	45	47	33	
장식용 시계	42	40	32	
장식용 촛대	40	36	27	
다반류	11	14	17	
소반류	10	21	13	
아동용 퍼즐	6	3	6	
기 타	5		3	

상기의 자료에서 나타난 바와 같이 일반인과 남원지역 방문자, 지리산 지역 방문자의 설문조사를 통해 드러난 공예품의 선호품목은 목기세트, 장식용 나무인형, 장식용 시계, 장식용 촛대, 다반류, 소반류, 아동용 퍼즐, 기타 공예품 순으로 나타났다. 이와 같이 선정된 품목은 누구나 즐겨 찾는 품목으로서 성인남자, 주부, 아동 및 청소년들의 기호에 적합한 것으로 여겨지며 연구결과에 따라서 지리산 지역 및 남원 지역의 상징성을 소재로 활용하기가 용이하다고 판단된다.

다만 본 연구에서는 연구 목표에 부합되도록 다반류나 소반류와 같은 가구제품에 대한 연구는 다음 기회로 미루도록 하며 소품 생활용품을 중심으로 연구품목을 결정하였다.

특히 이러한 시도는 타 지역 목공예 제조업체에 신제품 개발에 대한 자극과 동기가 이루어져서 목공예 및 기타 공예품의 새 상품 개발이 가속화 될 것으로 전망된다. 또 지역 관광 개발 비전이 제시됨에 따라 관광상권과의 연계 마케팅이 가능 할 것으로 기대된다.

다. 개발품목선정

앞서 살펴본 바와 같이 1차년도 연구결과에 따라 목공예품의 특성화 디자인개발의 연구 개발품목을 다음과 같이 선정하였다.

첫째, 용도는 장식용품, 일상용품, 사무용품, 주방용품, 화장용품, 기타공예품 등의 다양한 기능을 충족하도록 한다.

둘째, 선호 품목으로 제기세트, 장식용 나무인형, 장식용 시계, 장식용 촛대, 아동용 퍼즐, 기타공예품(남비받침, 접시디자인, 화병디자인, 연필꽂이 디자인, 일력디자인, 모빌형 그릇디자인, 함디자인) 등이 파악되었다.

셋째, 간벌침엽수를 이용한 공예품으로는 주방용품의 남비받침과 접시디자인을, 일상용품으로 모빌형 그릇디자인과 함디자인을 선정하였고 사무용품으로는 화병디자인, 연필꽂이디자인, 일력디자인을 선정하였다.

제 3 절 선정품목의 설계 및 제작

1. 설계의 특징

선정된 품목을 디자인하는데 우선적으로 고려할 사항을 나열하면 다음과 같다.

- 첫째 : 기능이 뚜렷해지도록 하고
- 둘째 : 지역적 특징이 잘 드러나도록 소재 개발과 이의 활용이 자연스럽도록 한다.
- 셋째 : 생산성을 고려하여 단순한 제작공정을 거치도록 한다.
- 넷째 : 대중성을 고려하여 저렴한 생산원가가 되도록 한다.
- 다섯째 : 수종은 활엽수 및 미이용 침엽수 간벌재를 이용하도록 한다.
- 여섯째 : 독창적인 디자인이 되도록 한다.
- 일곱째 : 규격은 운반하거나 휴대하기에 적합하도록 한다.
- 여덟째 : 단일 품목을 다양한 형식으로 전개한다.
- 아홉째 : 디자인과 기능은 내국인은 물론 외국인의 기호에도 적합하도록 한다.
- 열번째 : 스타일은 현대생활에 적합하도록 현대적 감각이 표현되어야 한다.

2. 응용소재 연구

본 제품 디자인의 성패는 지역적 특색을 살릴 수 있는 독특한 소재의 개발과 상징적 소재의 개발여부에 달려있다고 해도 지나치지 않을 것이다. 타 지역에서 확일적으로 대량

생산되는 제품과의 차별화를 위해서도 소재개발이 갖는 의미는 매우 크다고 하겠다.

이러한 의미에서 남원과 지리산 지역을 중심으로 한 상징적 소재에 관한 연구는 앞으로 계속 연구되어야 할 과제가 아닐 수 없다.

본 연구에서 추출한 상징적 소재로는 춘향전, 광한루원, 흥부전, 국악, 지리산의 명사찰, 한봉, 철쭉제, 지리산 토끼봉 등의 등반로, 청학동, 단청문양과 고건축의 구조미 등이 있었다. 모두 지리산 지역이나 남원과 관련된 문화유산이나 특산물 또는 향토적 특성이 뚜렷한 내용으로 일반 소비자들에게도 친숙한 소재라고 판단된다.

이와 같이 재미있는 소재를 품목에 따라 추상 또는 구상의 형태나 문양이나 구조미로 응용하여 전통미와 함께 현대적 감각이 자연스럽게 표현되도록 하였다.

3. 제작기법의 특징과 프로세스

가. 제기 세트디자인

제기세트는 조상을 숭배하는데 필수적인 제사용 의기로서 디자인은 외형처리에 따라 2가지로 하였다. 전체적으로 단순한 외형과 깨끗한 이미지를 표현하려고 했는데 전과 급부분의 처리를 부드럽게 굴린 스타일과 각을 주어 경사처리 한 스타일로 품목의 다양화를 제시하였다. 특히 촛대나 향로, 지방틀 등은 제품의 특색을 살릴 수 있도록 독창적이면서 현대미가 드러나도록 표현하였다. 재료는 물푸레나무와 느티나무를 사용하였으며 생 옷칠을 여러번 올려 두께를 형성하도록 하였다.

제작방식은 잘 건조된 물푸레나무나 느티나무 원목을 구입하여 귀도리를 하고 도면설계에 따라 목선반가공 처리한다. 백골 상태를 살펴 보면서 사포로 부드럽게 표면 처리한 후 생 옷칠을 8-9회 올려 도장을 마무리한다.

나. 아동용 퍼즐 디자인

퍼즐 디자인은 아동을 대상으로 한 것으로 침엽수 간벌재를 이용하였다. 아동들이 좋아하는 기호를 살려 표현형식은 만화에 쓰이는 기법을 응용하였다. 소재로는 널리 알려진 춘향전과 흥부전, 지리산의 철쭉제나, 한봉, 토끼봉, 청학동, 동백꽃 등을 활용하였고 실크 프린팅 기법을 도입하였다.

용도는 퍼즐이지만 사용하지 않을 때는 세워놓고 볼 수 있는 관광기념품으로의 기능도 제시하였다. 품목의 다양화를 위하여 8가지 디자인으로 특색 있게 처리하였다.

제작방법은 우선 목재를 규격화시키고 각 부분을 표면처리 한 후 실크 프린팅 한다. 춘향과 이도령이 있는 돌출된 부분은 도면대로 오려내고, 오려낸 부분에 실크 프린팅을 하면 된다. 마지막으로 락카 스프레이로 마감 도장을 하여 완성한다.

다. 장식용 촛대 디자인

촛대 디자인은 장식을 겸한 촛대 기능을 의도한 품목이다.

외형의 변화로 2가지 스타일의 촛대를 디자인하였으며 초대 부분은 황동을 재료로 이용하였다. 몸체 부분이 사각기둥으로 처리된 것은 고 건축물이나 사찰에 보이는 단청 문양을 투각기법으로 표현하였고 받침 부분은 균형을 위하여 고 건축물의 구조미를 변용 하였다. 또 몸체 부분이 둥근 기둥으로 처리된 촛대는 상부는 건축물의 구조미를, 하부는 선반공법으로 가공된 받침대를 제작하여 전체적인 균형미를 유지하도록 하였다. 남원 및 지리산 지역에는 유명사찰과 고 건축물이 많아 건축적인 구조미와 특징을 이용하여 공예품을 디자인하는 것이 지역 이미지를 제고시키는 의미에 있어서도 효과적일 것이라고 판단된다.

특히 몸체가 둥근 촛대는 침엽수 간벌재를 색상이 다른 침엽수와 집성하여 제작하였는데 시각적 효과가 우수하여 공예용 재료로의 활용이 가능한 것으로 판단된다.

사각 촛대는 촛봉 부분을 황동으로 선반 기법을 이용하여 끼워 넣었다. 문양 부분은 몸체부분과 색상 차이가 있는 장미목을 이용하였는데 단청문양을 몇 가지로 단순화하였고 받침대 부분은 사개물림 방법으로 조립하였다.

몸체가 둥근 촛대는 상부는 구름문양을 몇 가지로 변화를 주었으며, 짜임은 사개물림 방법을 이용하였다. 몸체와 받침대 부분 역시 목선반 가공하여 조립하였다.

라. 장식용 시계디자인

시계디자인도 장식을 겸한 촛대기능을 의도한 품목으로 소재를 향토적 특색이 강한 국악과 관련된 것을 이용하였다. 원형시계의 본체와 조화가 되도록 표현하였다. 국악기를 연주하는 사람의 모습이 북, 대금, 장고, 태평소를 연주하는 모습으로 단일 소재를 다양하게 응용하여 다품종으로 변환 가능성을 시도하였다.

또 남원은 흥부전 마을이나 설화가 전래되는 곳이어서 흥부전의 흥부 박 타는 장면을 소재로 한 시계를 개발하여 보았다.

마. 장식용 나무인형

장식용 나무인형의 소재는 춘향전을 이용한 것이다. 춘향이와 이도령이 만나는 초기과정과 춘향이가 옥에 갇혀 있는 모습 그리고 이도령이 장원 급제하여 어사또가 된 것을 기뻐하는 형상 등을 단순하게 표현하였다. 나무인형은 일반인의 선호도가 높은 품목으로 지역적 상징성을 제고시키기에 좋은 품목이 아닐 수 없으며 관광기념품으로도 상품성이 뛰어나다고 하겠다.

제작은 모든 부분을 설계도면에 따라 목선반 가공한 후 부분적인 수작업을 거쳐 조립 완성하였는데 필요한 경우 더 많은 형상 개발이 가능한 품목으로 파악되었다.

바. 모빌형 그릇류

이 품목은 현대인의 주거 생활 곳곳에 소품을 간편하게 보관하거나 정리할 수 있는 의도로 모빌 형식을 그릇에 접목한 디자인이다.

하단부는 활엽수를 이용하였지만 상단부는 침엽수 간벌재와 활엽수를 집성하여 제작하

였다. 크고 작은 규모의 변화로 시각적 효과를 의도하였고 색상의 차이를 디자인에 활용하였다.

제작 기법은 상부는 앞서 설명한 목재를 이용하여 목선반 가공하였으며 동일한 형식의 하단부와 조립 완성하였다.

사. 접시류와 냄비 받침 디자인

접시 디자인은 미이용 침엽수 간벌재와 색상이 다른 활엽수를 집성한 후 크고 작은 규모의 다양한 형식이 되도록 하였다. 집성의 장점은 단일 목재가 갖는 밋밋한 느낌과 규격의 제한을 벗어날 수 있는 특징이 있어서 디자인에 따라 얼마든지 훌륭한 공예품의 제작이 가능할 것으로 판단된다.

냄비 받침 역시 중앙 부분은 접시류에서와 같은 집성 방법을 응용하였는데 외곽은 침엽수 원판중 심재 할렬이 된 손상품을 이용한 것이다. 잘 건조되었으나 심재 할렬이 진행된 침엽수 원판이라도 디자인에 따라 활용 가능성이 있다는 사실이 드러난 셈이다.

모두 목선반 기법으로 제작된 것이다.

아. 합류 디자인

합류 역시 상기한 접시류와 같은 방법과 형식으로 다양하게 제작한 공예품이다.

기능은 여러 가지 일상용품이나 과자 등을 편리하게 수납하는 것이다.

자. 일력 디자인

일력 디자인 역시 무결점 원판을 이용한 것으로 상품성이 높은 남원관광 기념품을 의도한 것이다.

상부는 월, 일, 요일 등이 표기되어 있으며 하부는 춘향과 이도령 그리고 광한루가 실크 프린팅 기법으로 표현되어 지역적 특징을 나타내도록 하였다.

차. 화병 디자인

화병은 식탁의 주방용품이나 책상 위의 문방 용품으로 사용될 수 있는 품목이다. 제작 의도나 제작방법은 앞서 설명한 냄비 받침과 거의 동일하다. 다만 상부의 화병 부분은 물을 어느 정도 채울 수 있도록 깊이와 지름이 적정한 황동 봉을 이용하였으며 화병을 세울 수 있도록 목선반 가공 후 밑 부분을 오려낸 것이 특징이라고 하겠다.

카. 연필꽂이 디자인

연필꽂이 디자인은 문방용품으로 기능성과 지역적 상징성을 제고시키도록 의도하였다. 단순한 기능에 국악기를 연주하는 모습을 표현하였는데 대금, 북, 태평소, 장구 등이 여기에 등장하는 악기이다. 상부는 장식용 시계디자인에서와 같은 방법이며 하단부는 도면에서와 같이 직육면체를 가공한 후 모서리 한 부분을 경사처리 하여 드릴링 한 것이다.

4. 개발품목의 전시발표

2차년도와 3차년도에 설계하여 제작한 공예품은 궁극적으로 지역적 상징성을 제고시키는 공예품의 개발과 목공예품 특성화를 의도하는 것이다.

따라서 개발된 시작품이 목공예 제조업체 종사자들과 관계자들이 관람하기에 편리한 곳에서 전시가 되어야 그 실효성이 배가 될 것이다. 효과적인 전시가 되기 위해서는 남원시청과 협조하여 전시장소를 마련하고 필요한 유인물을 제작·보급하도록 한다. 또, 디스플레이를 관람하기에 편리하도록 시행하고 행사가 원만하게 진행되도록 필요한 협조를 구한다.

구체적인 전시발표는 다음과 같이 시행하도록 한다.

가. 전시일정 : 1997. 11. 12 - 11. 14 (오전 10시 - 오후 5시까지)

나. 장 소 : 전라북도 남원시청 특별 전시실

다. 전시품목 : 장식용 촛대, 목기세트, 장식용 나무인형, 장식용 시계, 아동용 퍼즐, 그릇류, 모빌형 접시류, 함류, 일력 디자인, 연필꽃이 디자인, 남비 받침 디자인, 화병 디자인

제 4 절 시작품과 설계 도면

1. 아동용 퍼즐 디자인

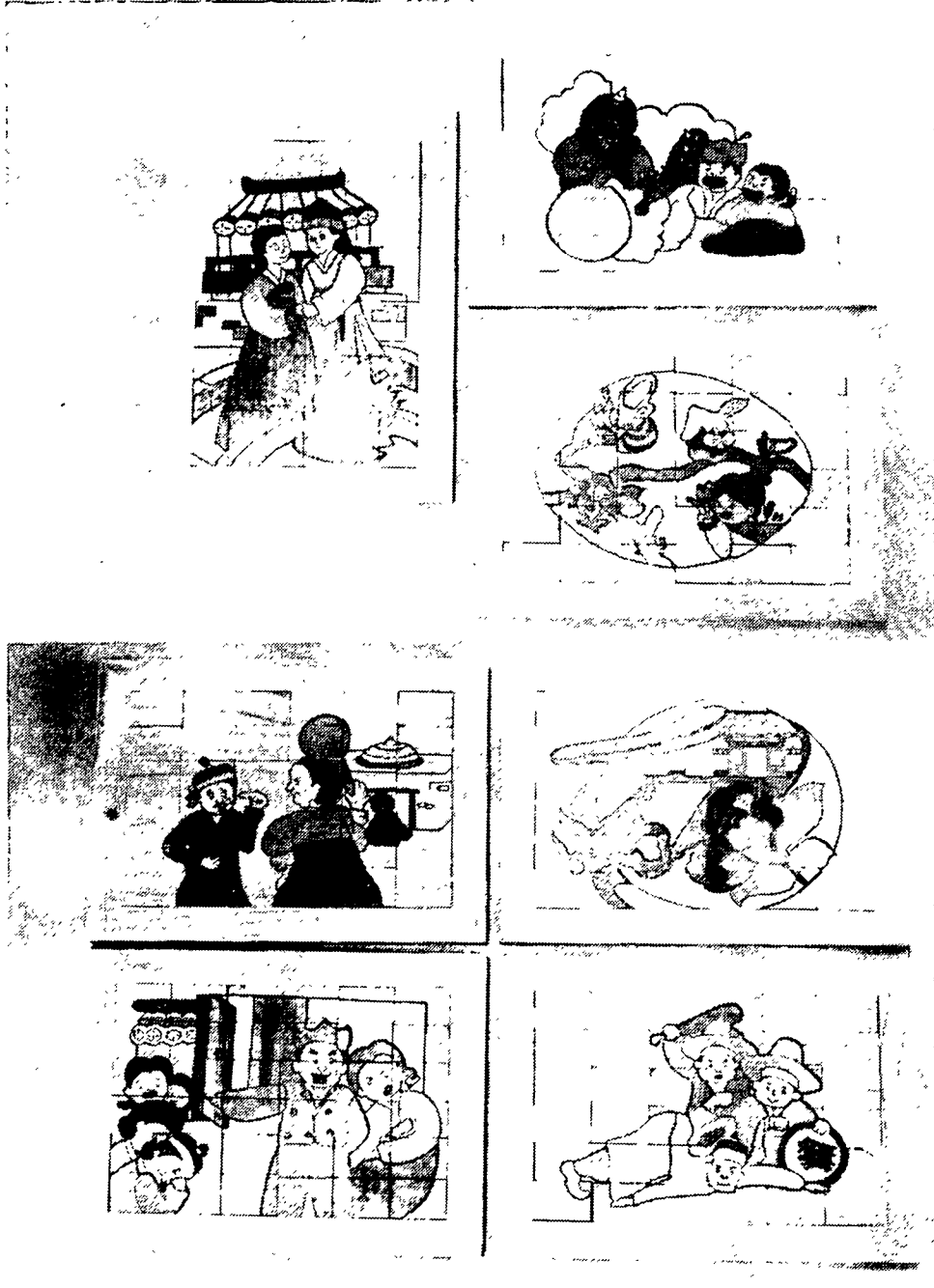
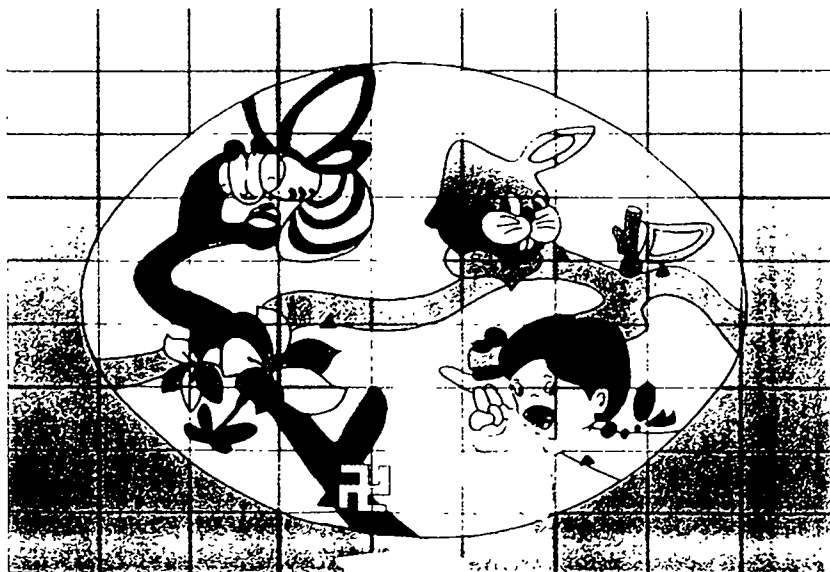
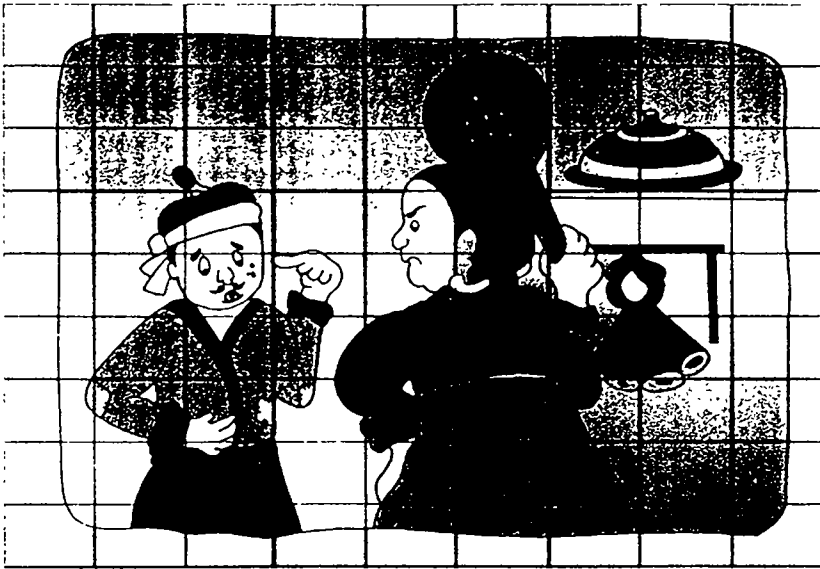
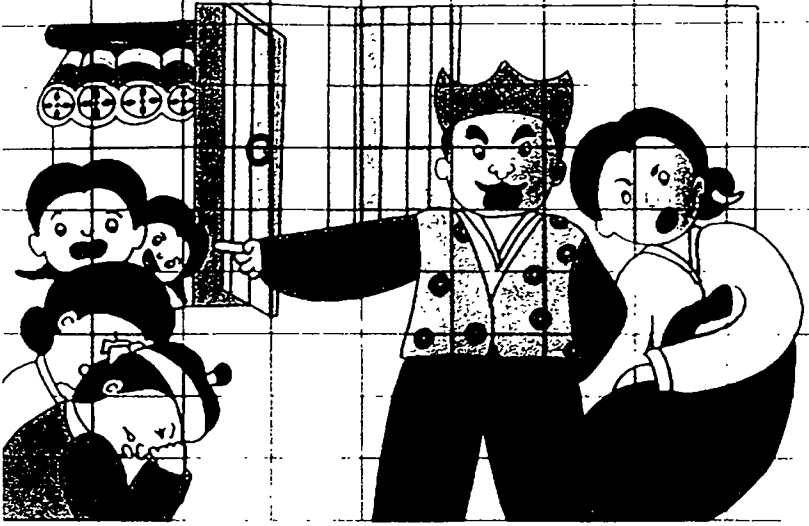
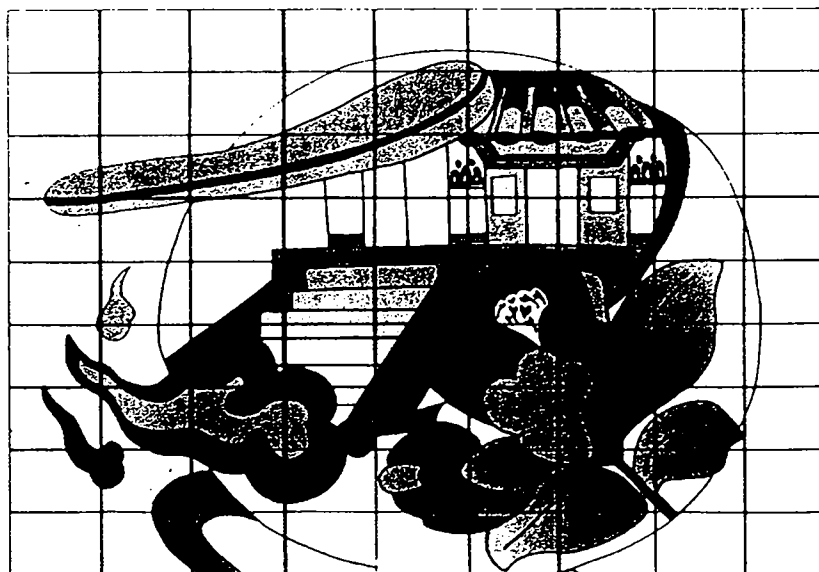
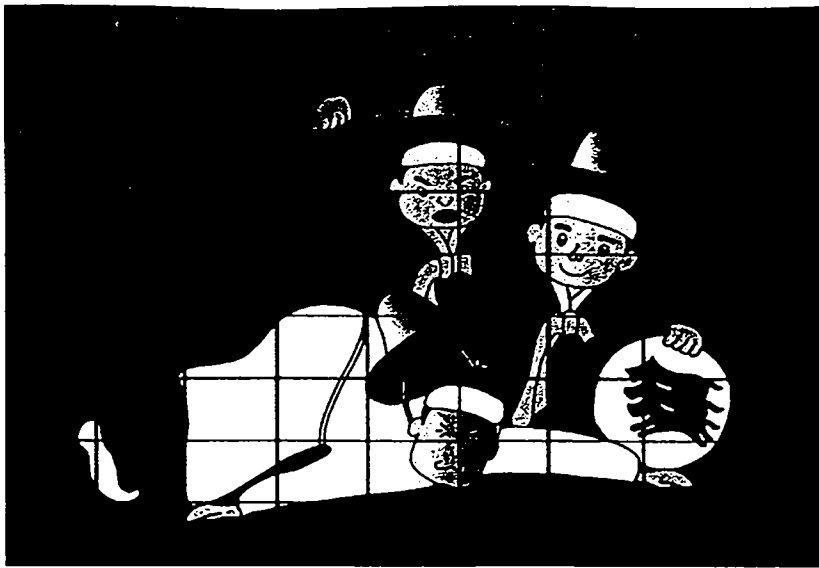
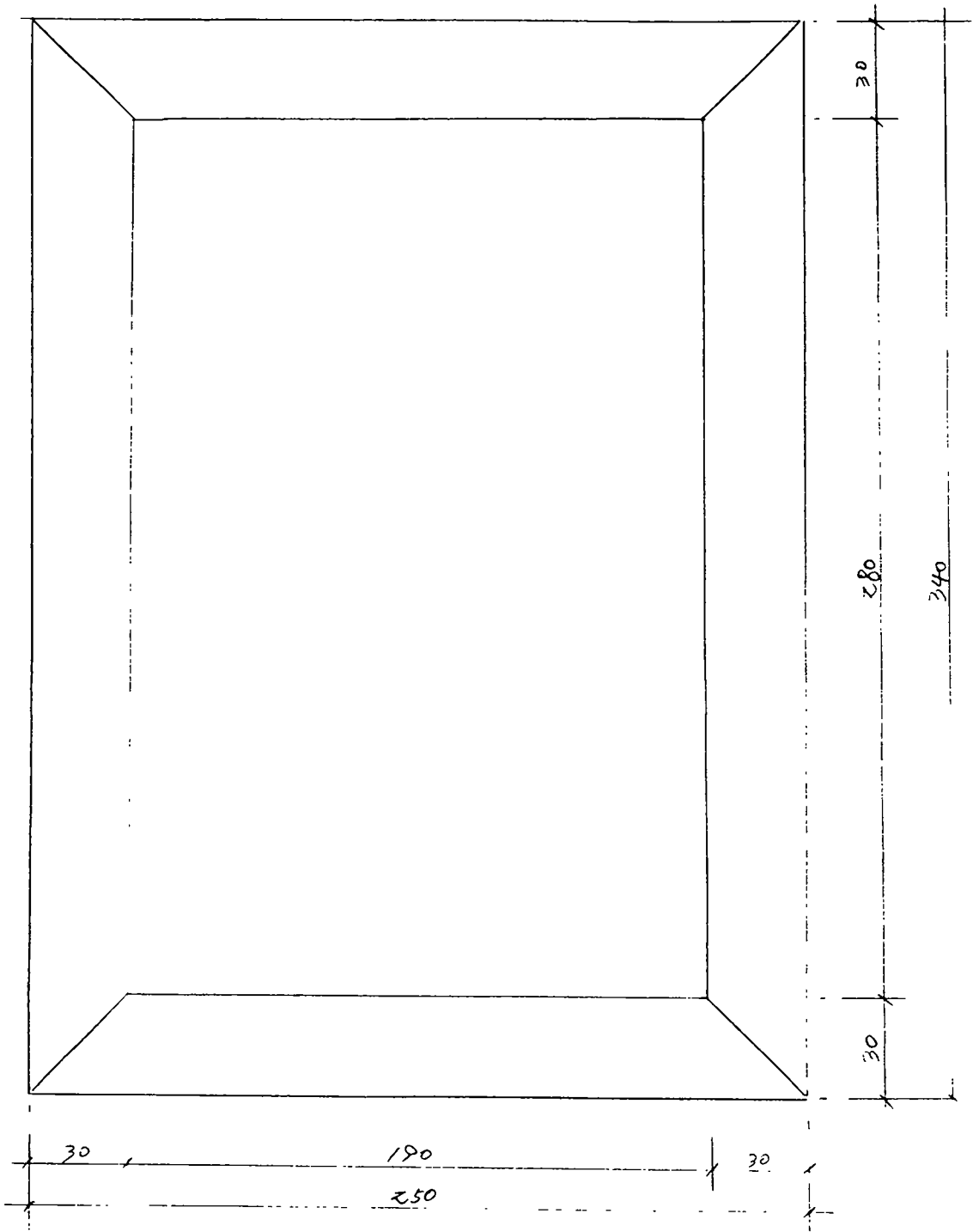


그림 5-1



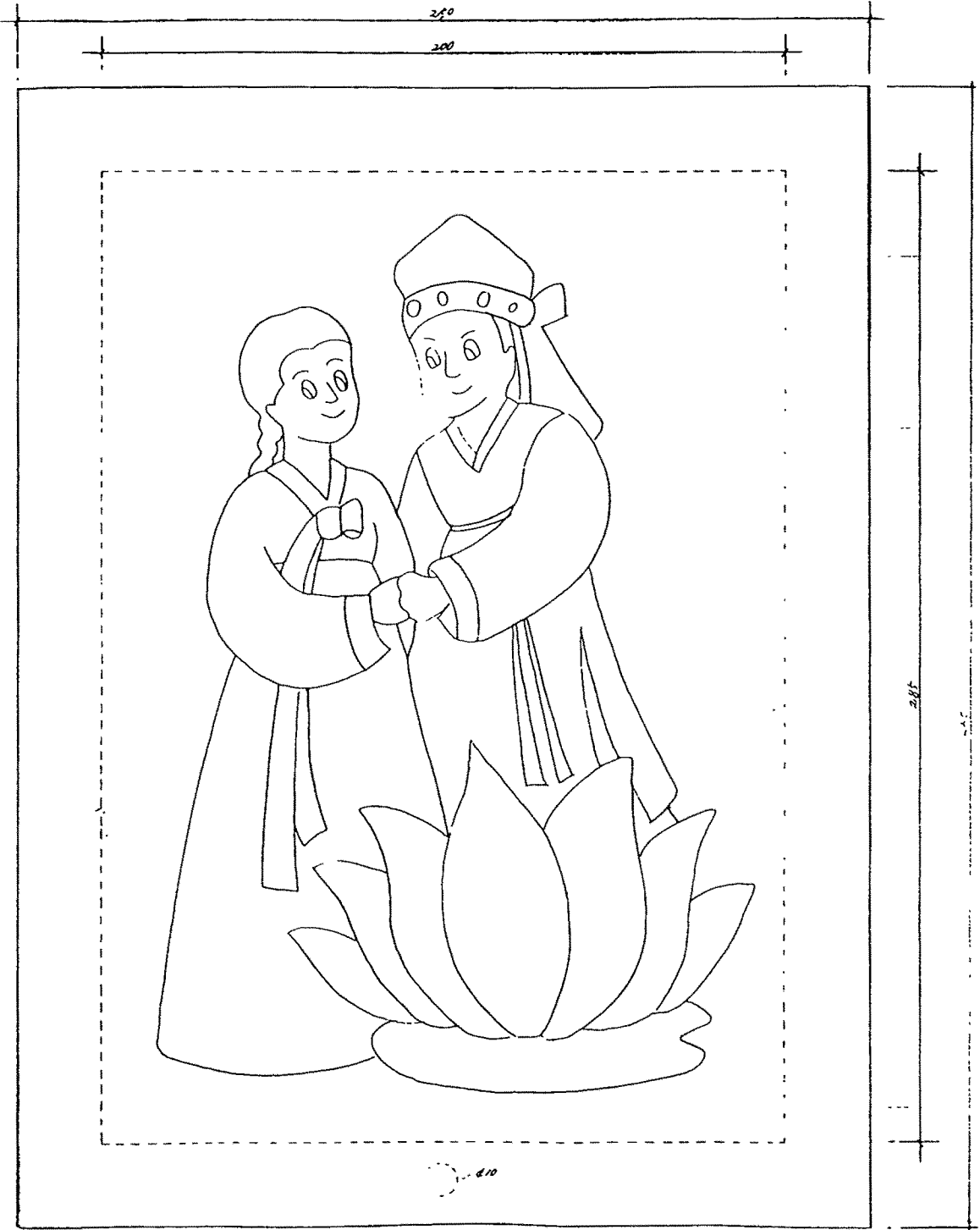




두께 : 20 mm

꺼슬 틀 도면





2. 제기 세트 디자인

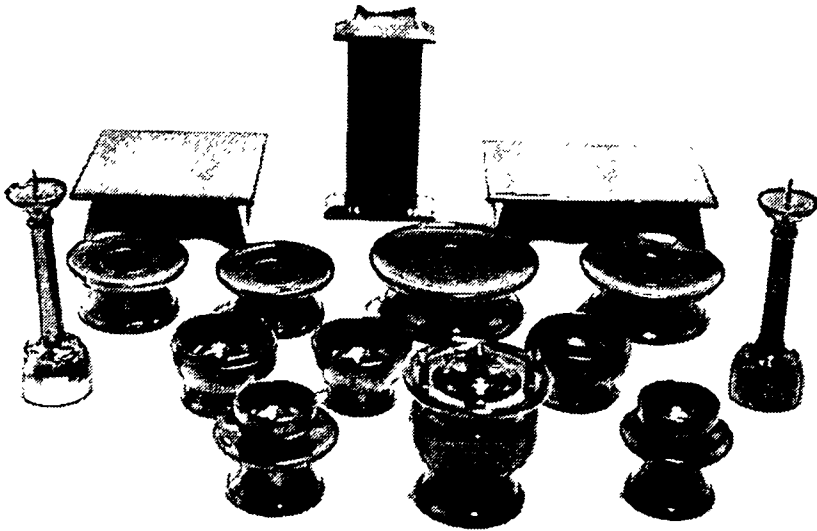
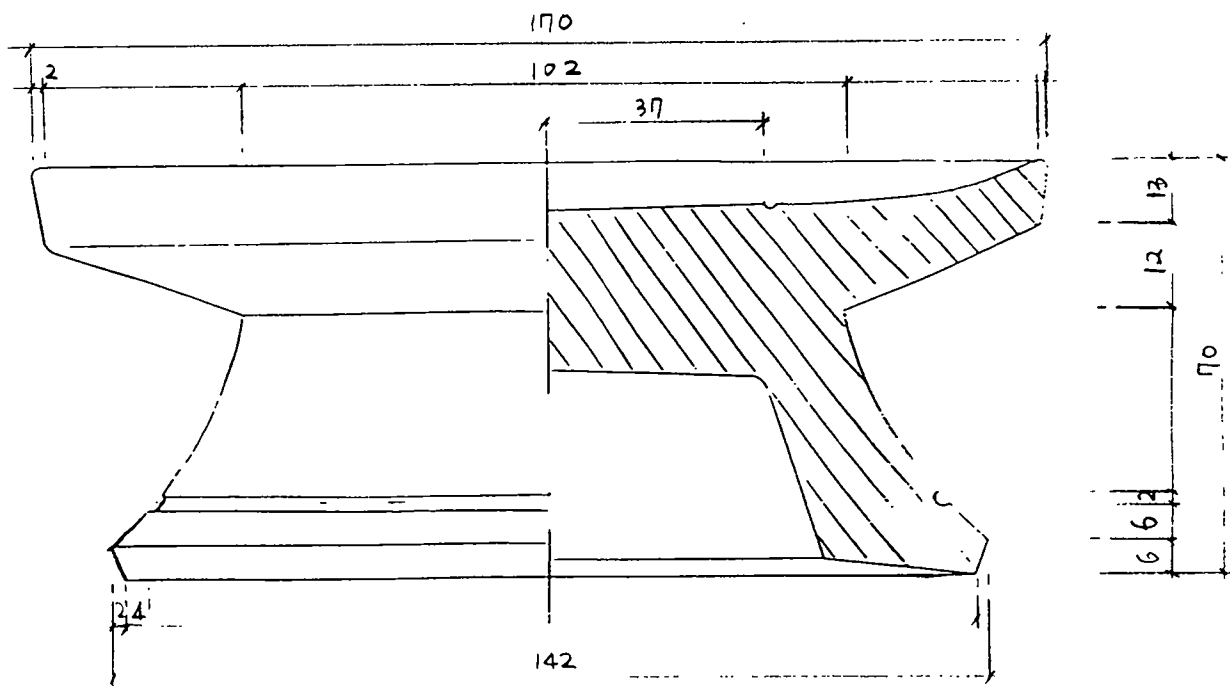
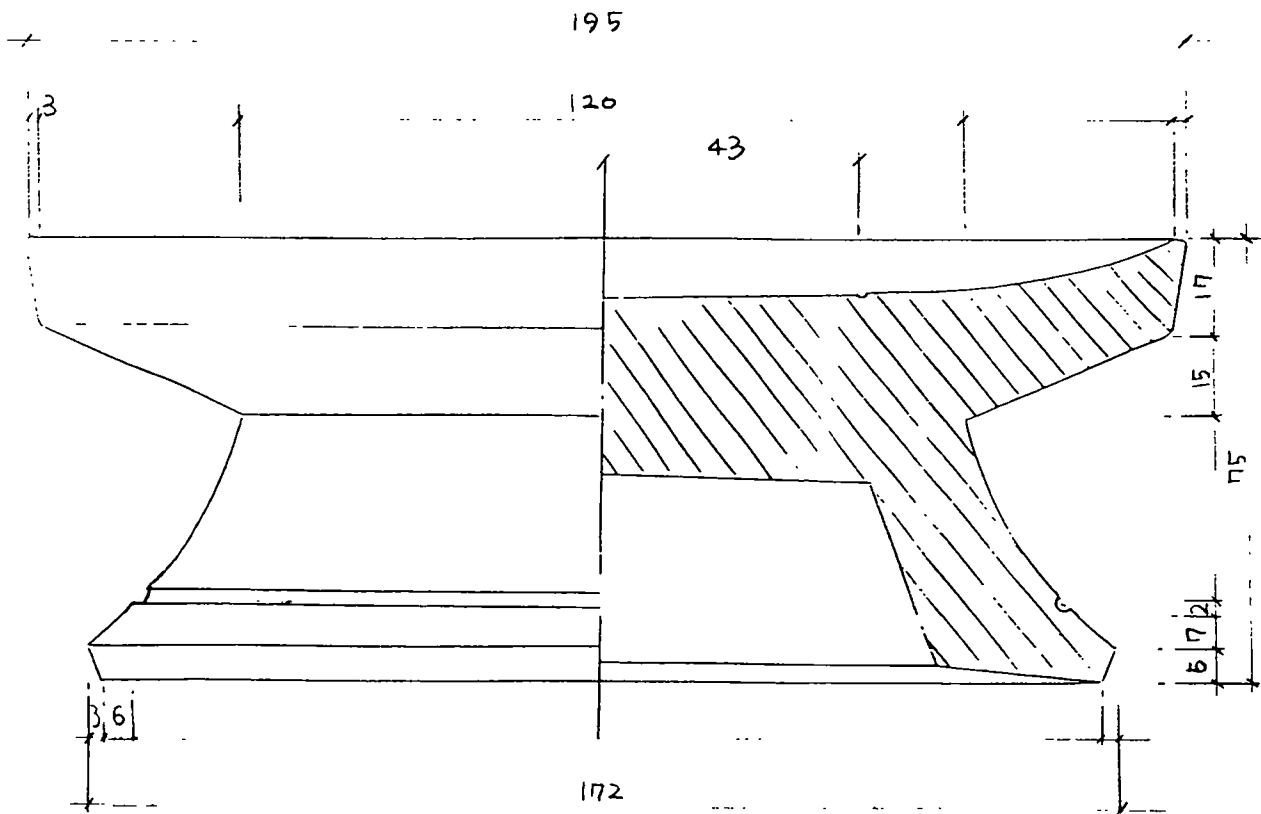
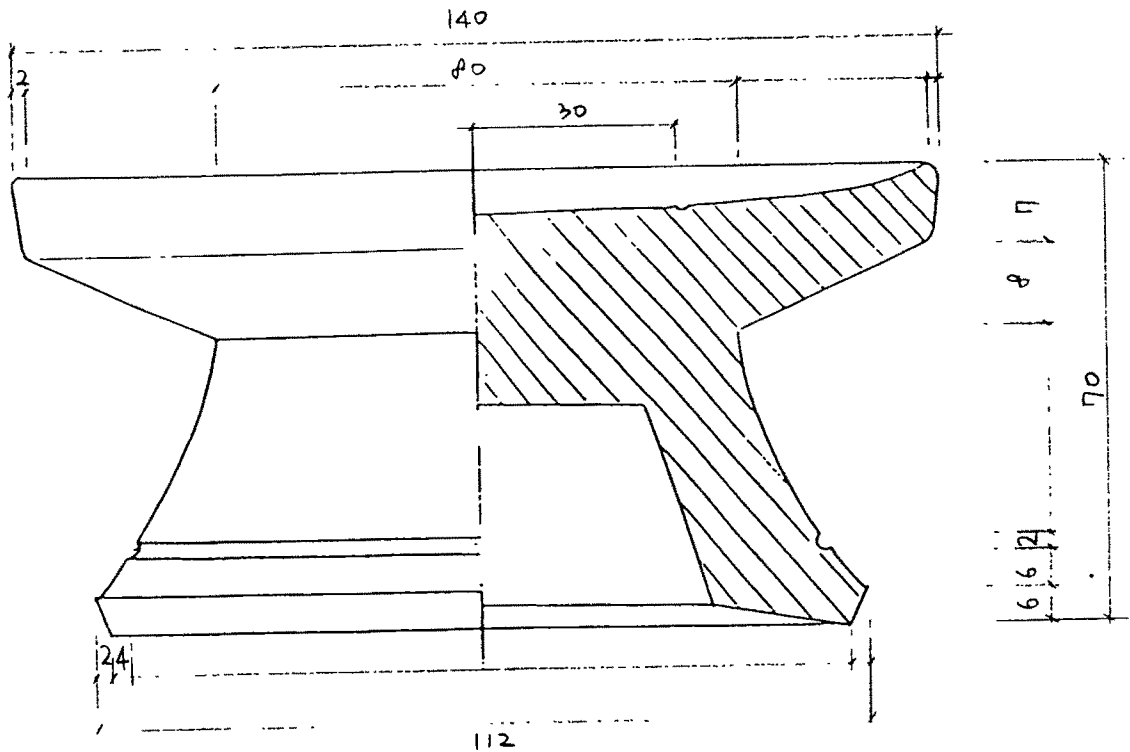
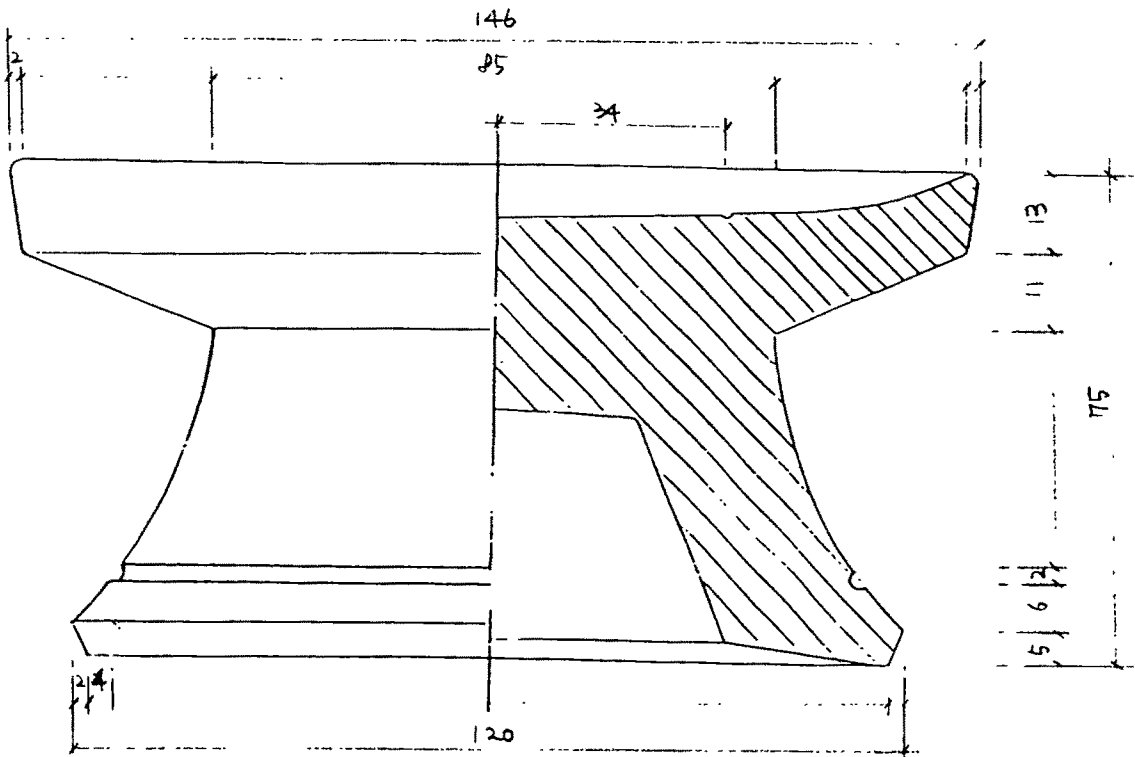
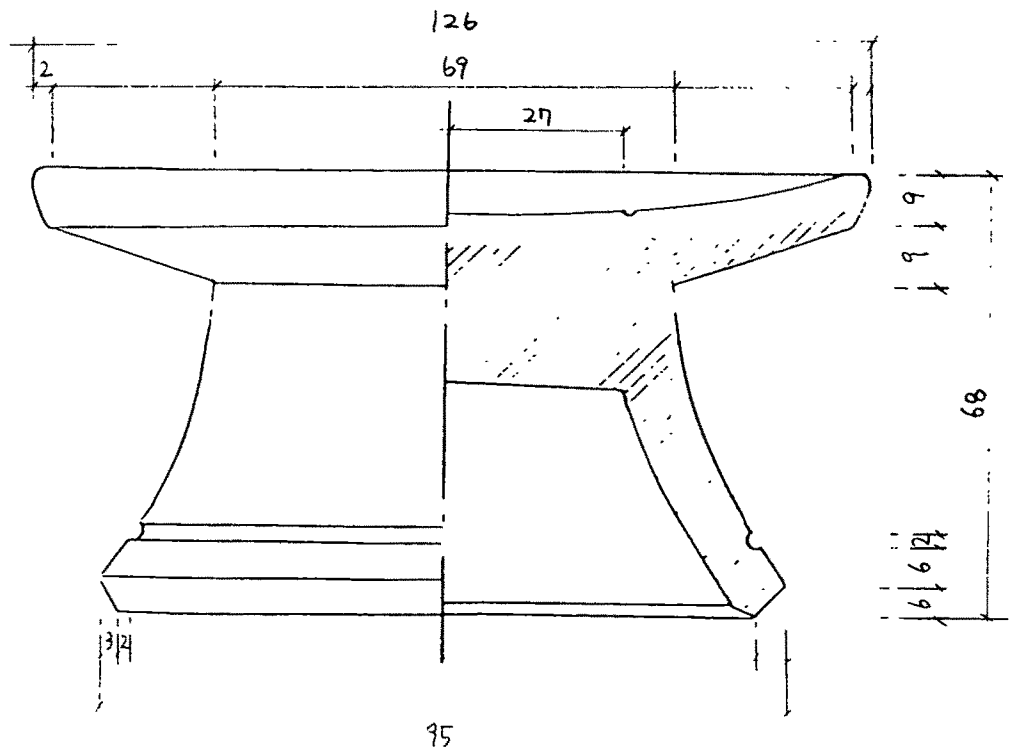
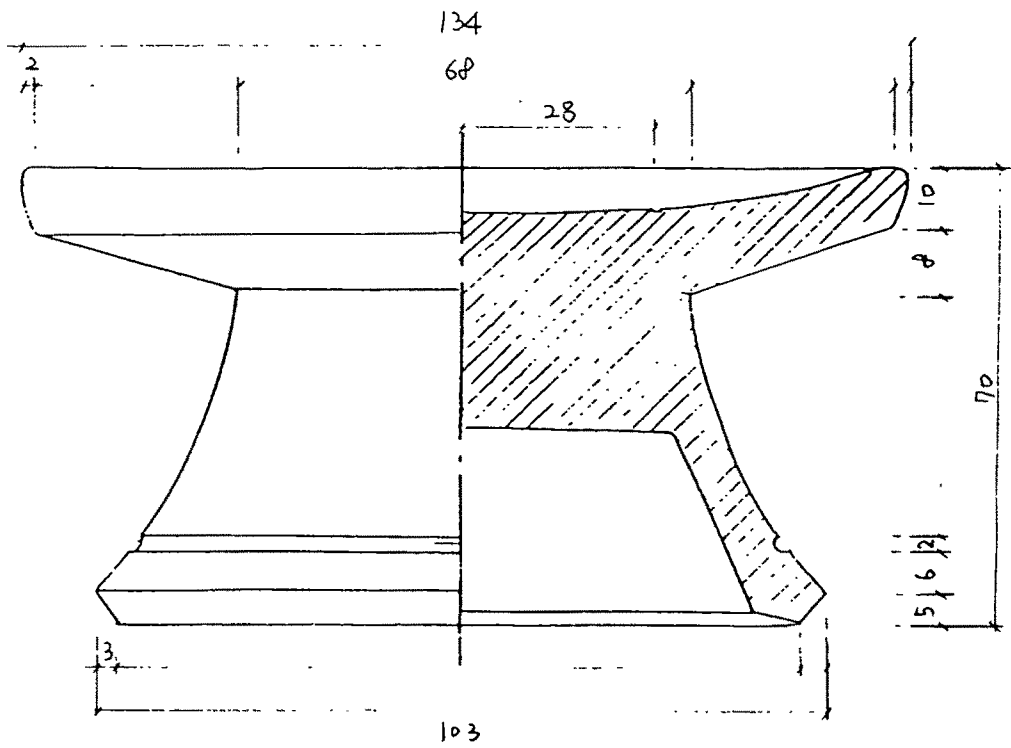
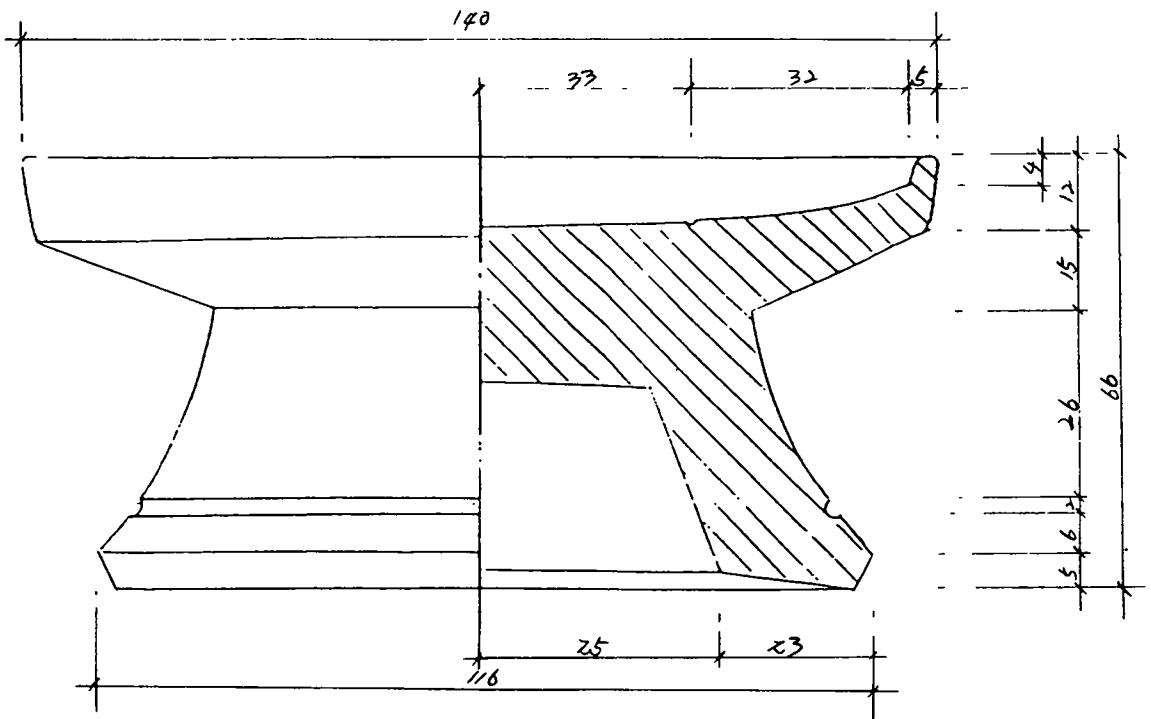


그림 5-2

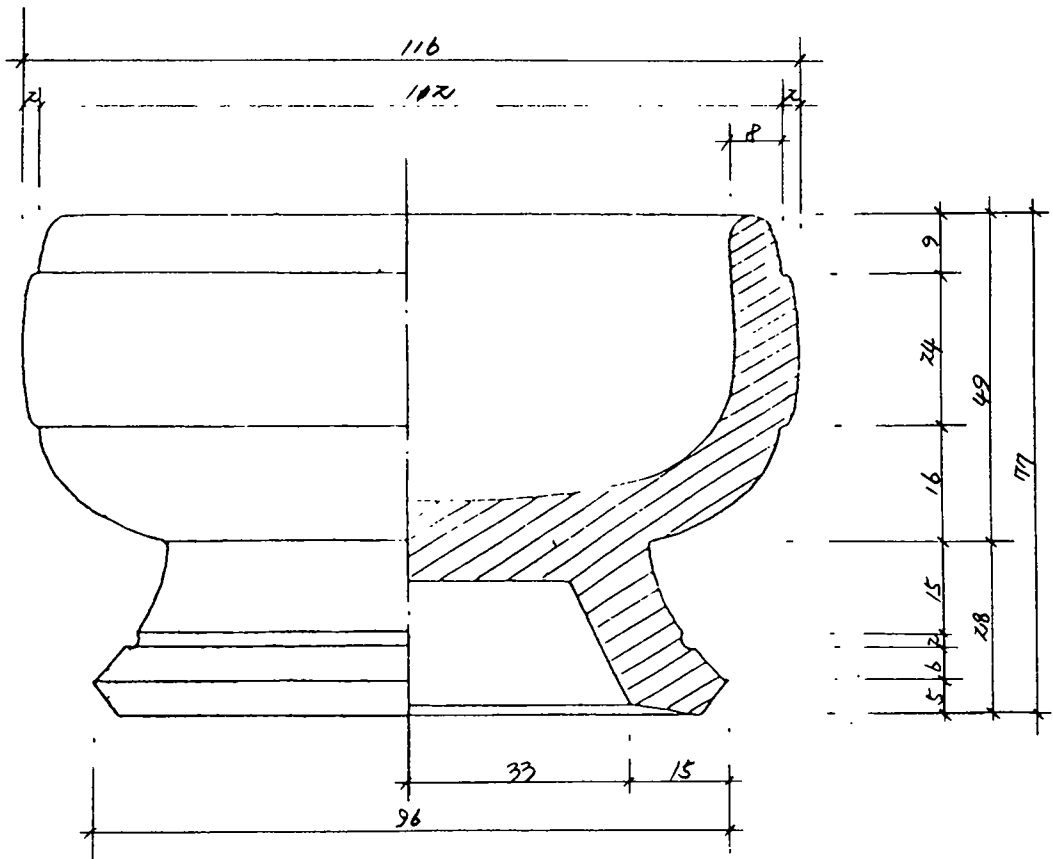




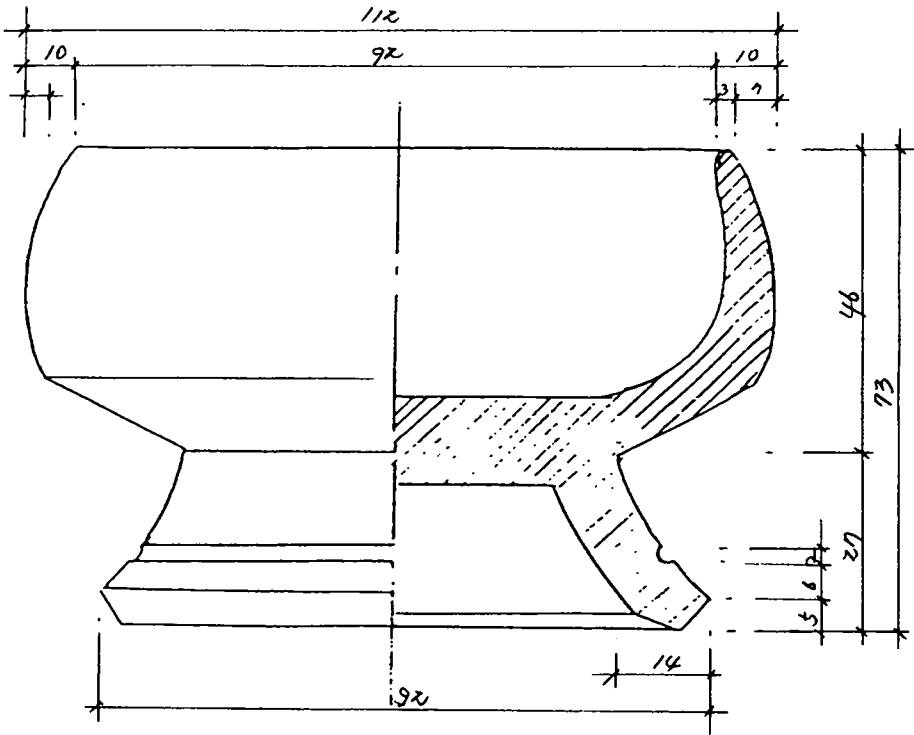




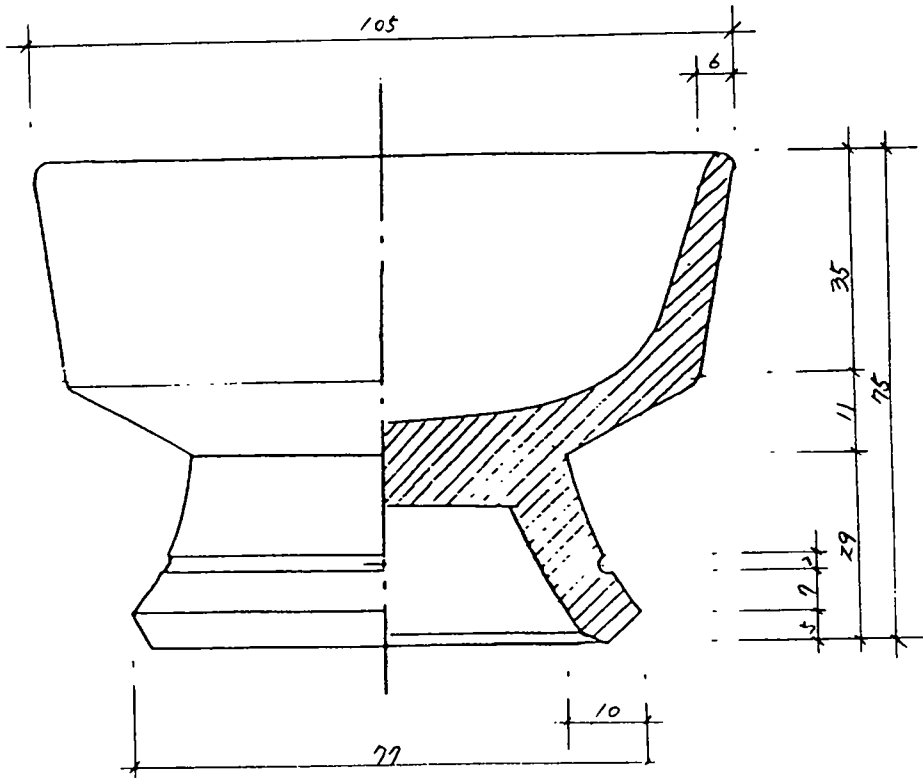
나물 정식



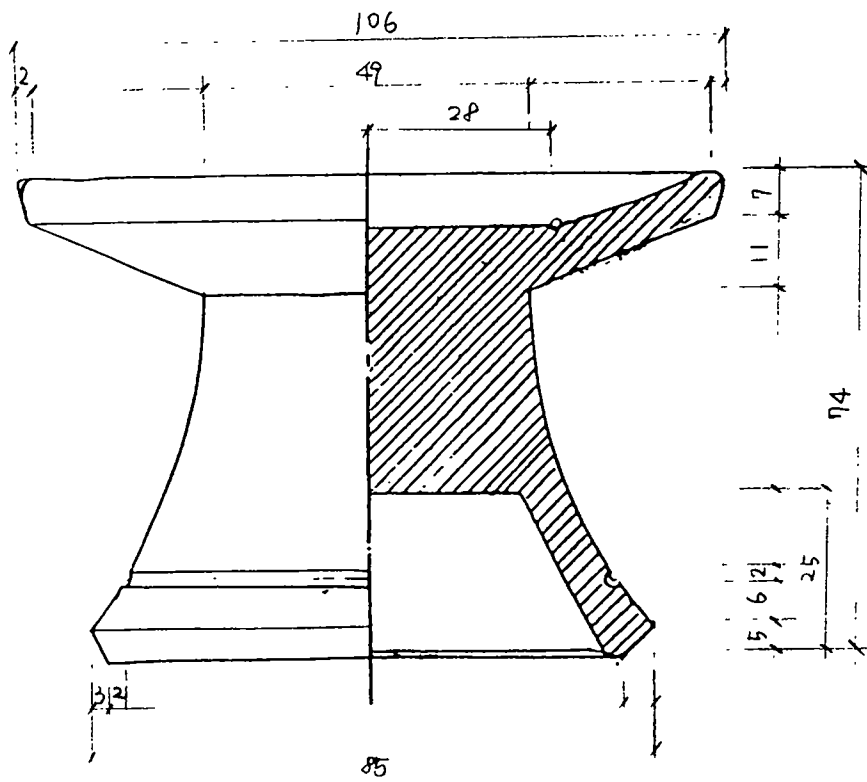
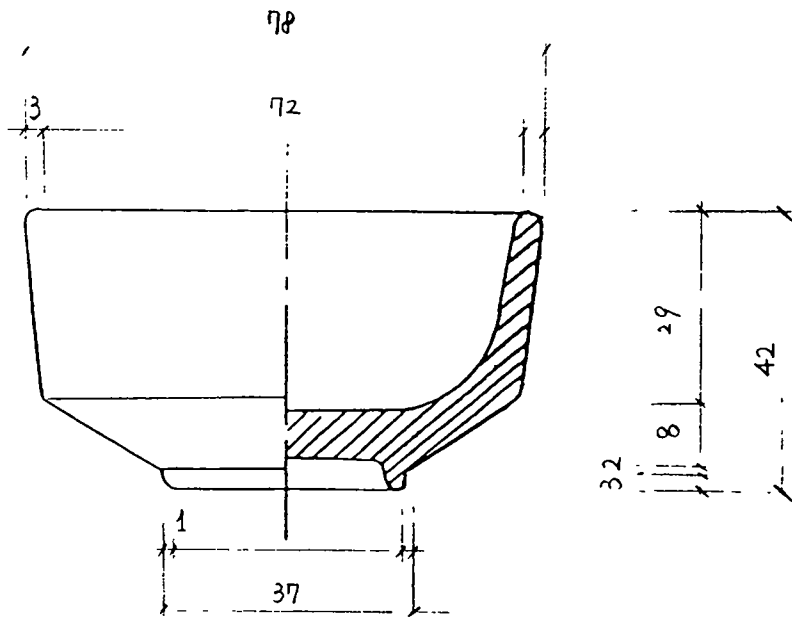
모 사기 - 245 -

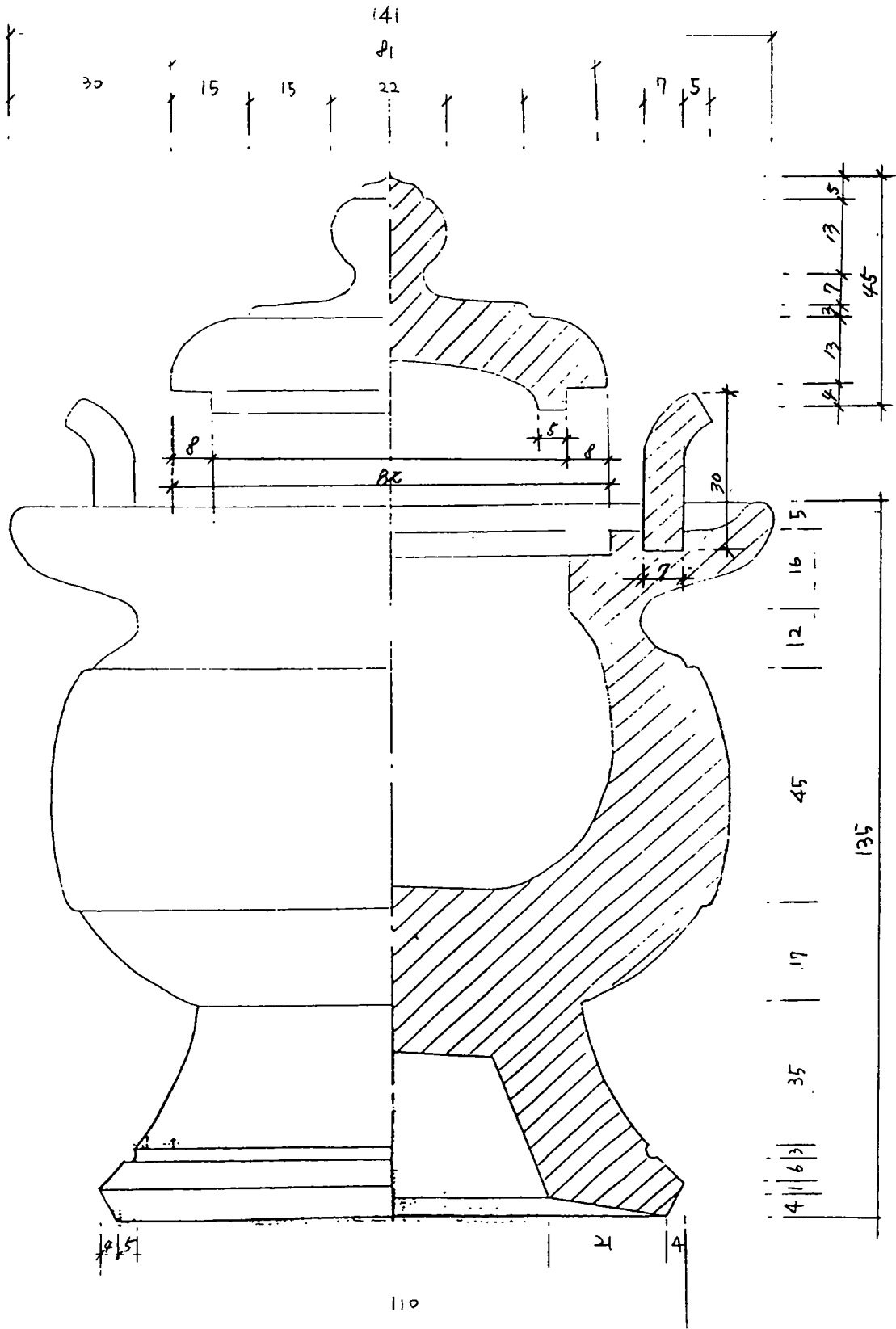


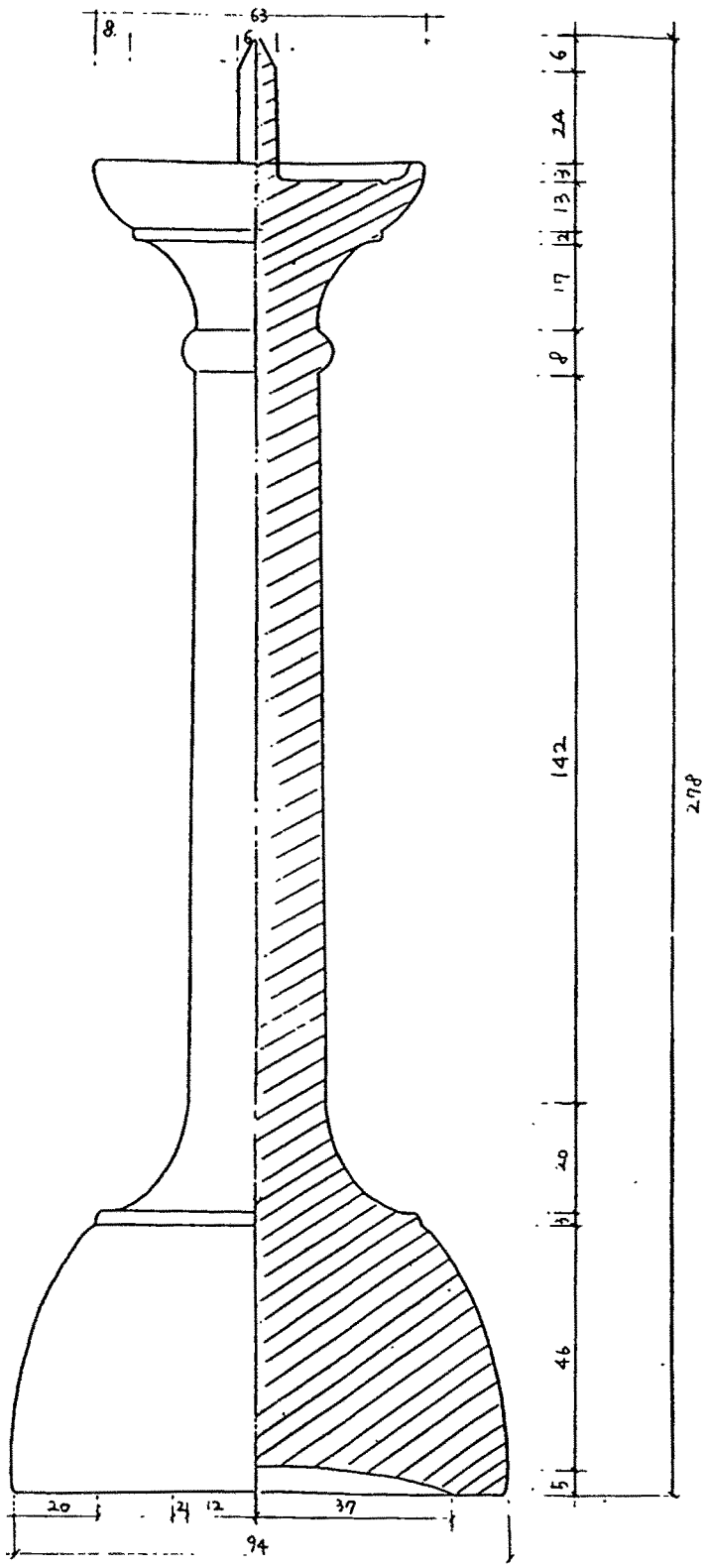
시각 상의

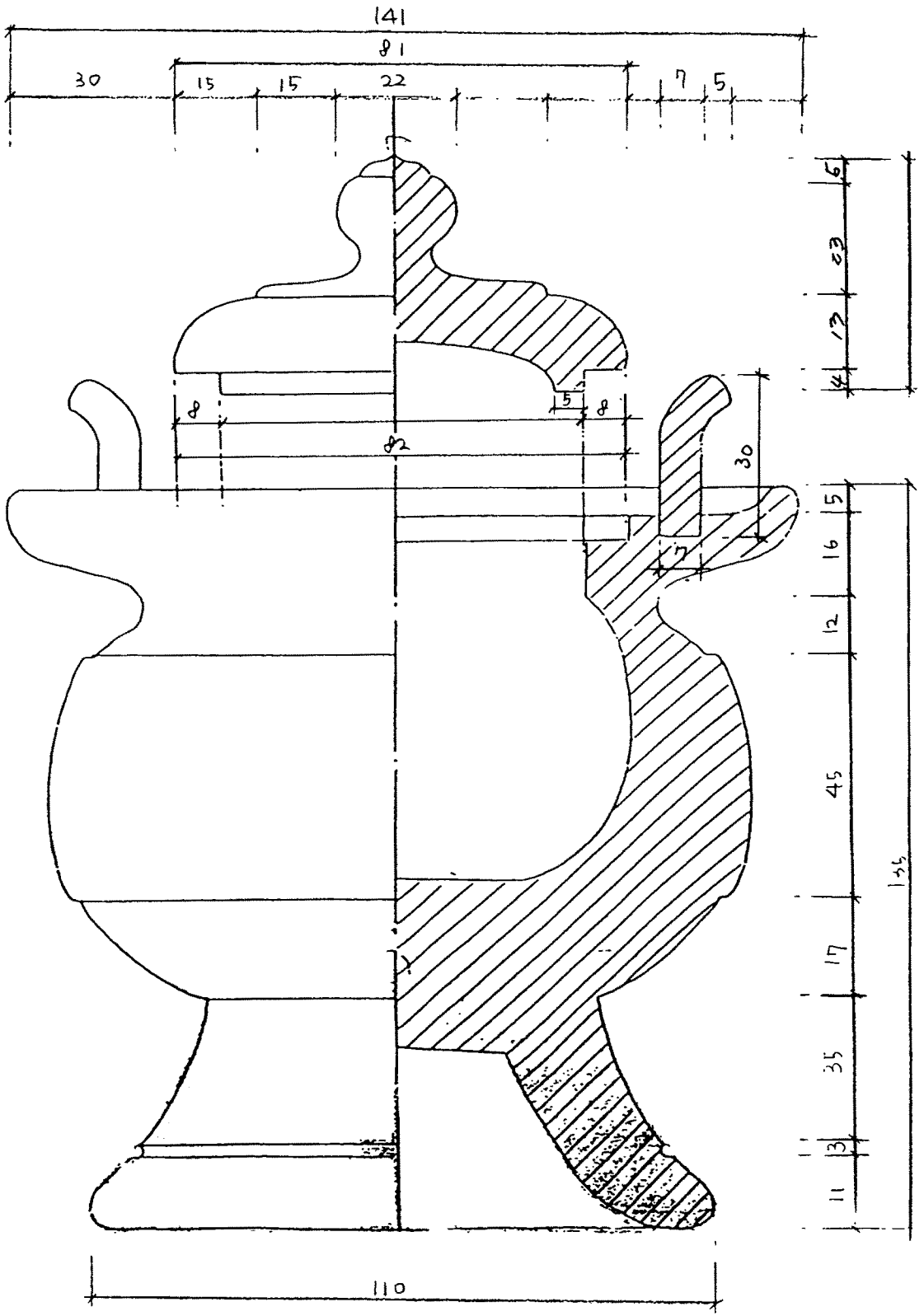


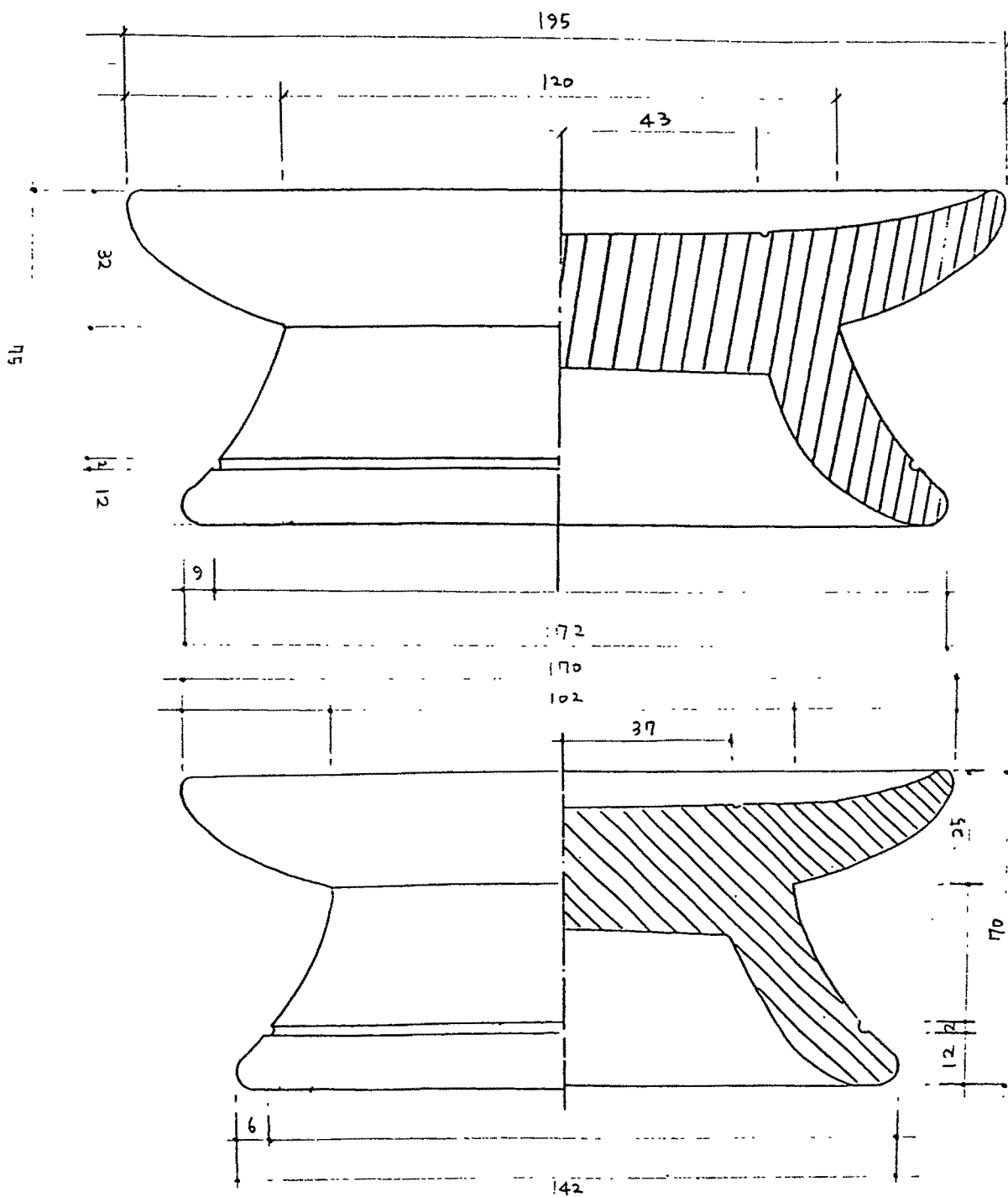
단 0 기-246-

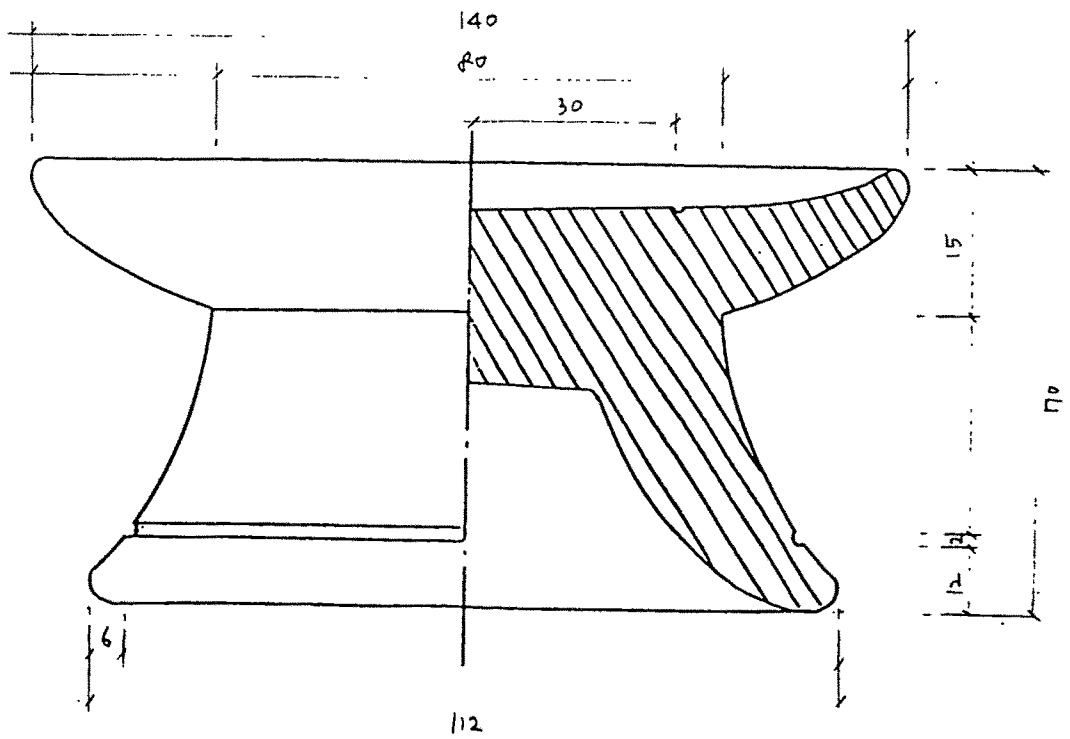
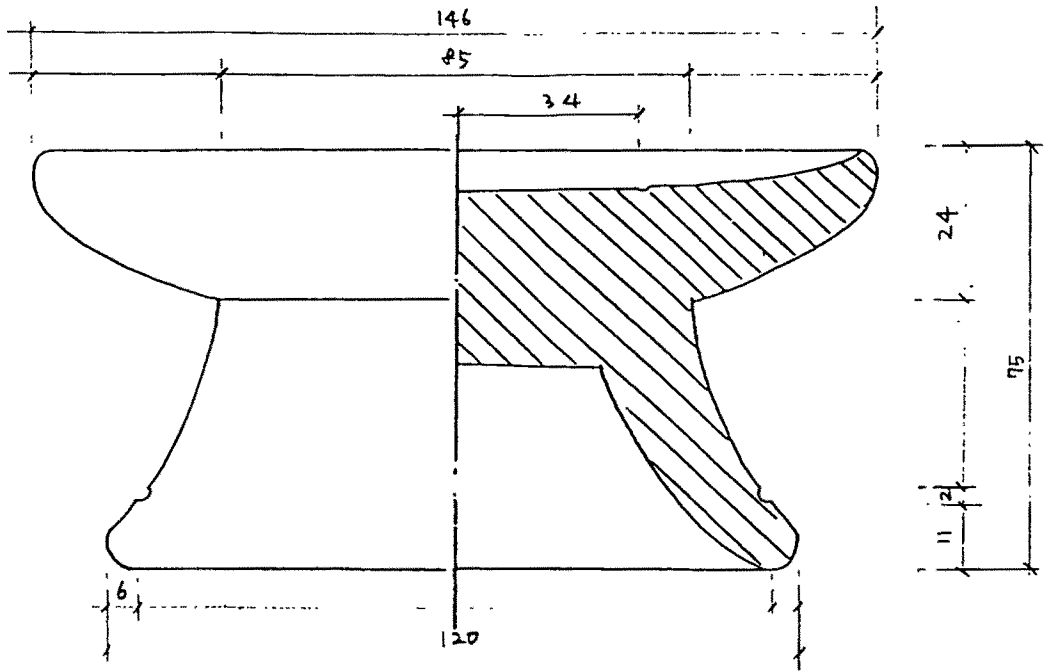


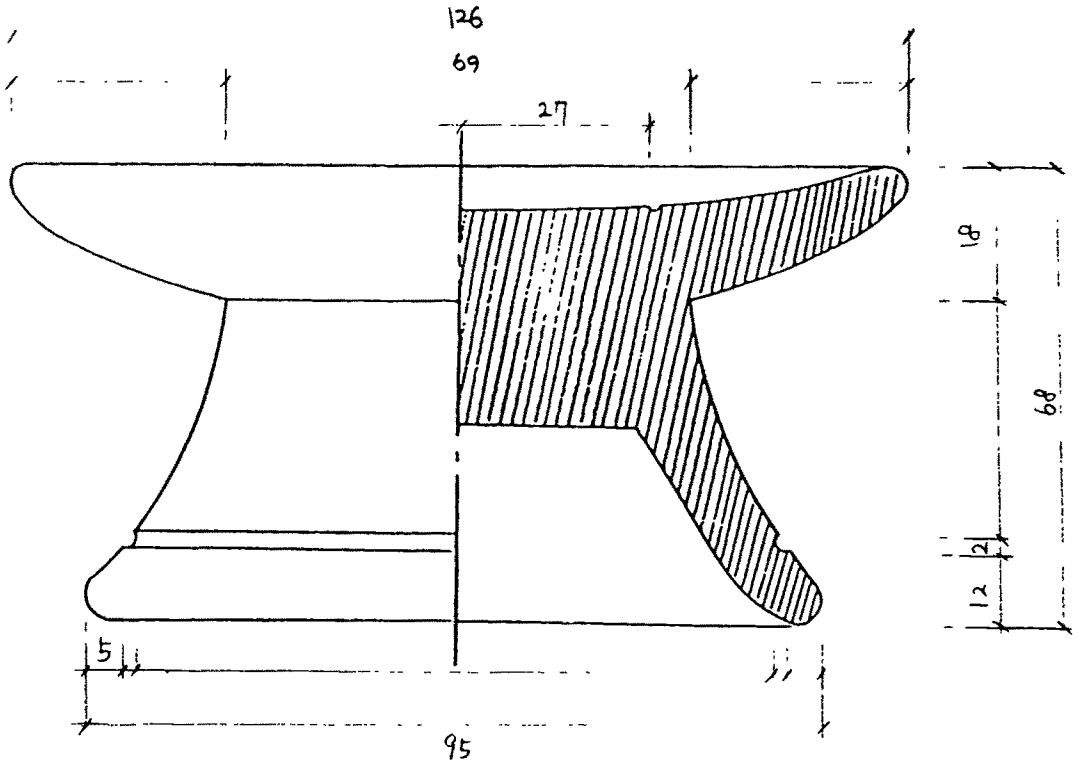
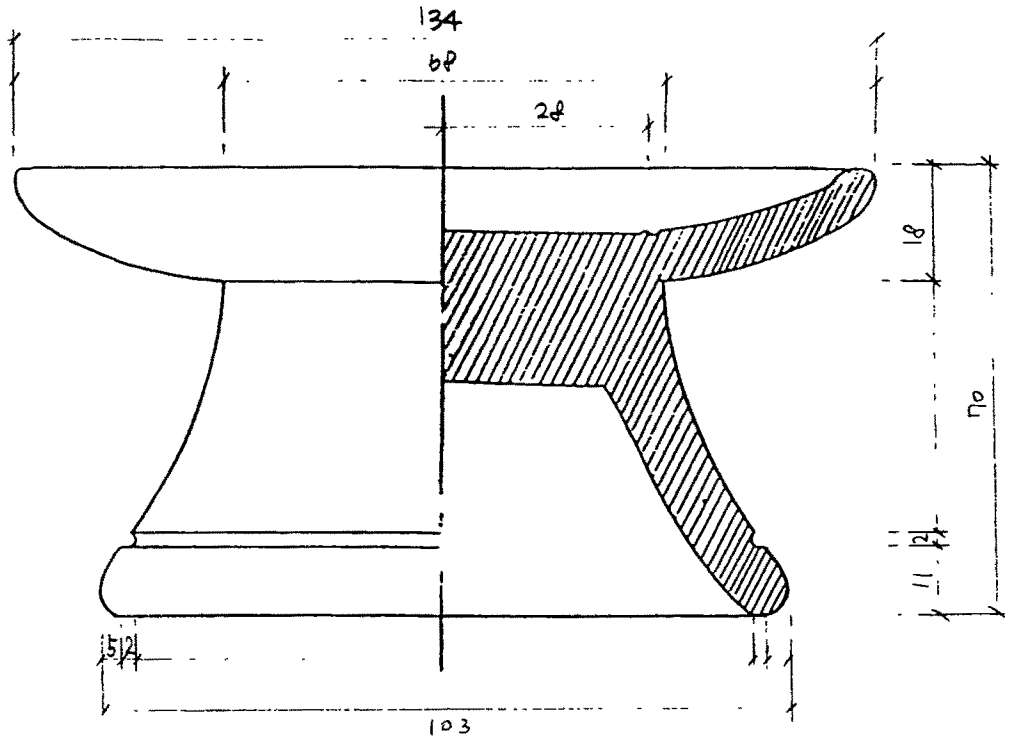


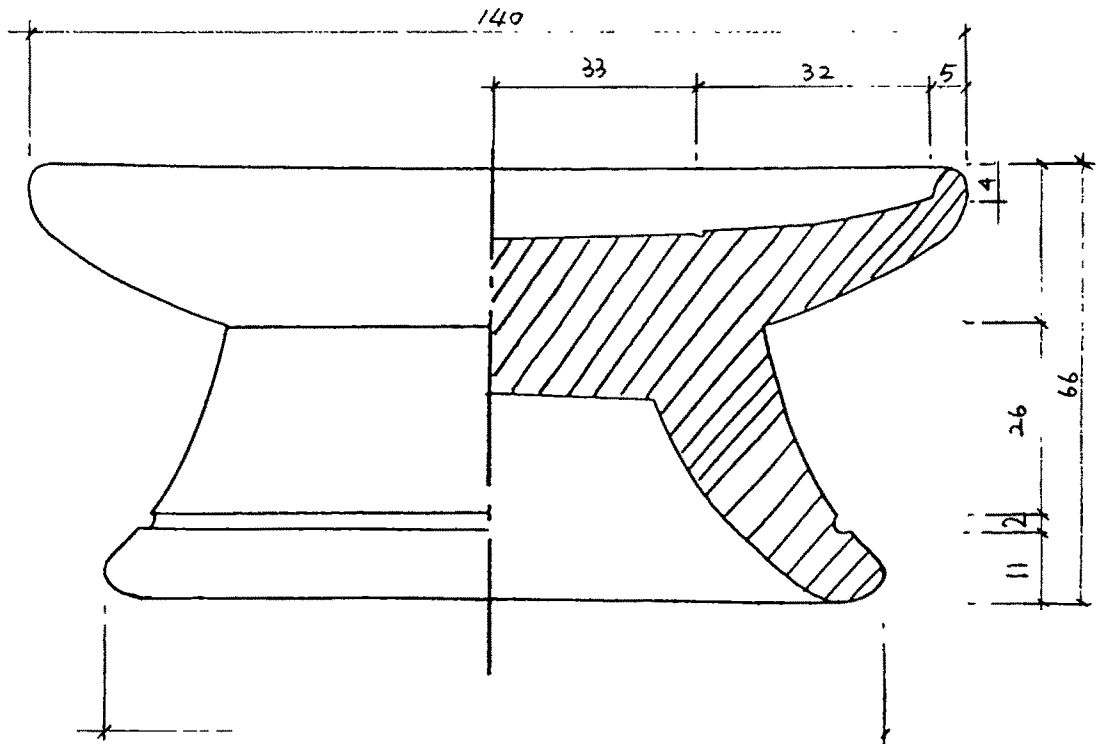
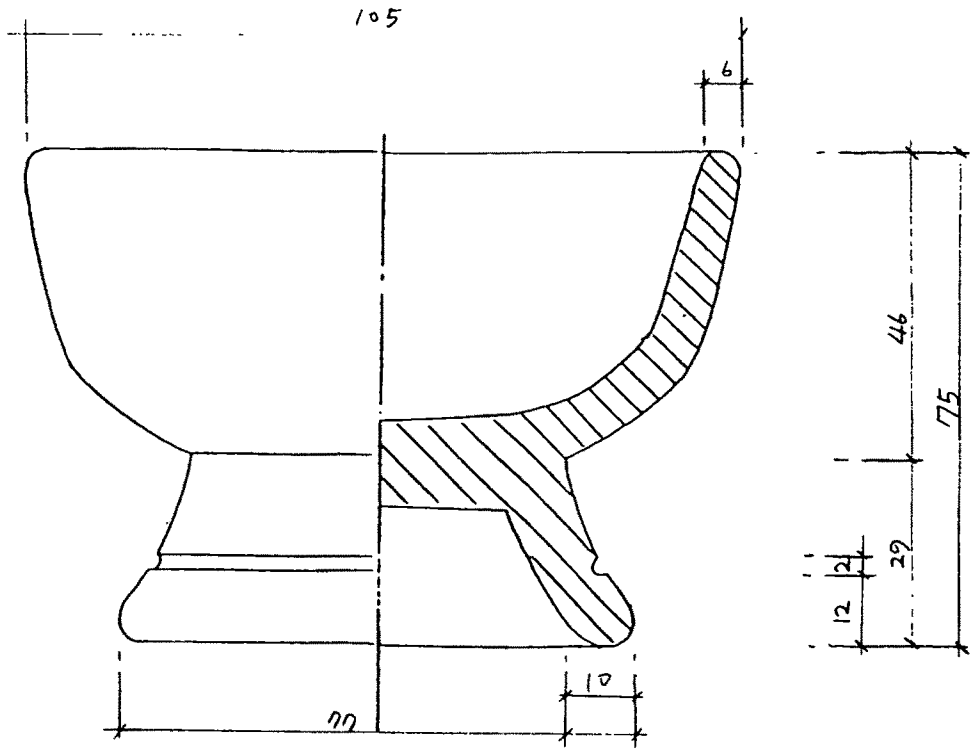


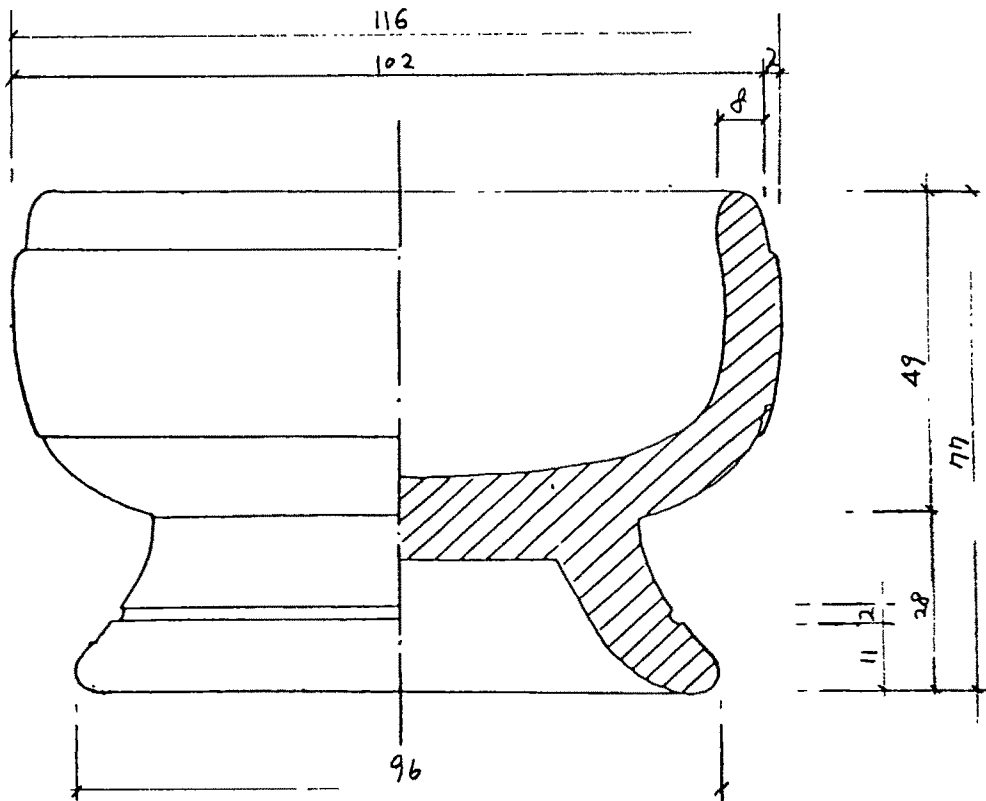
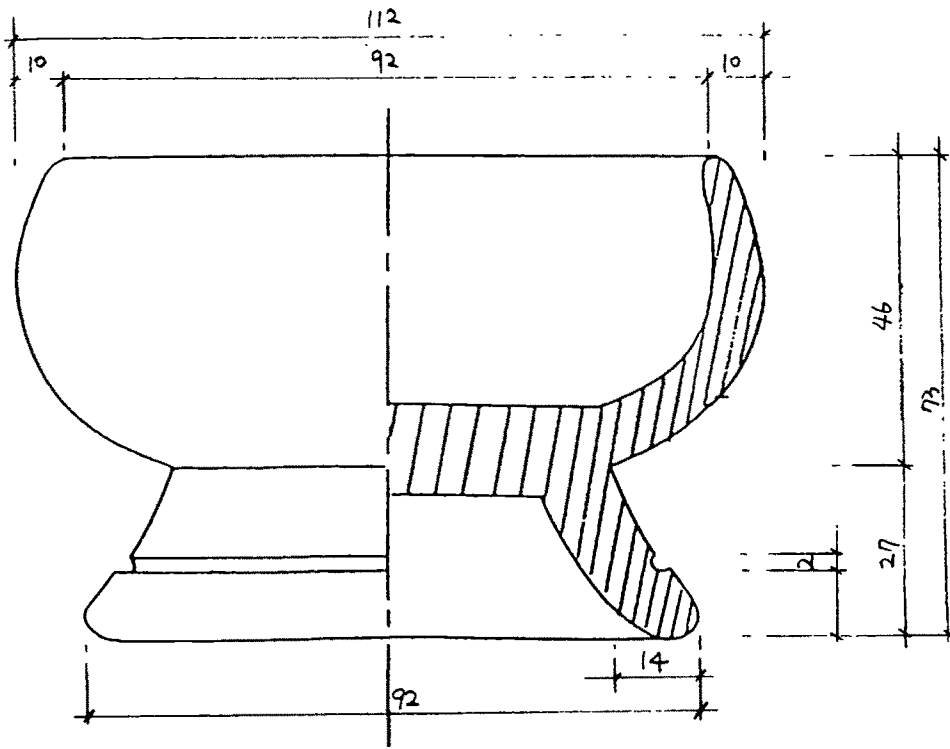


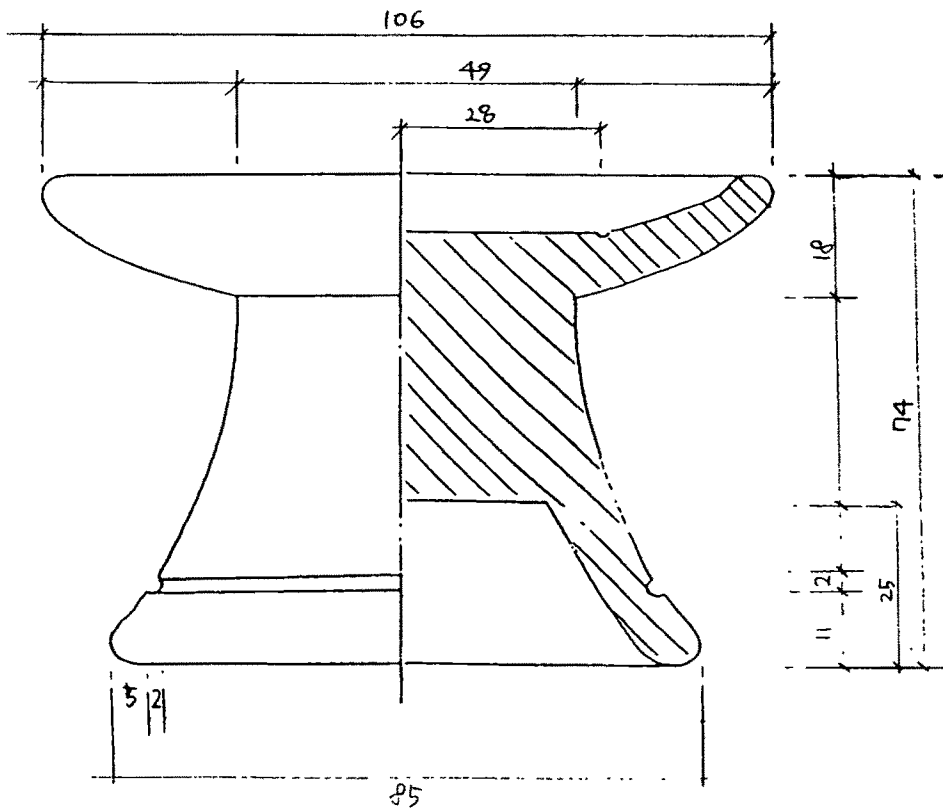
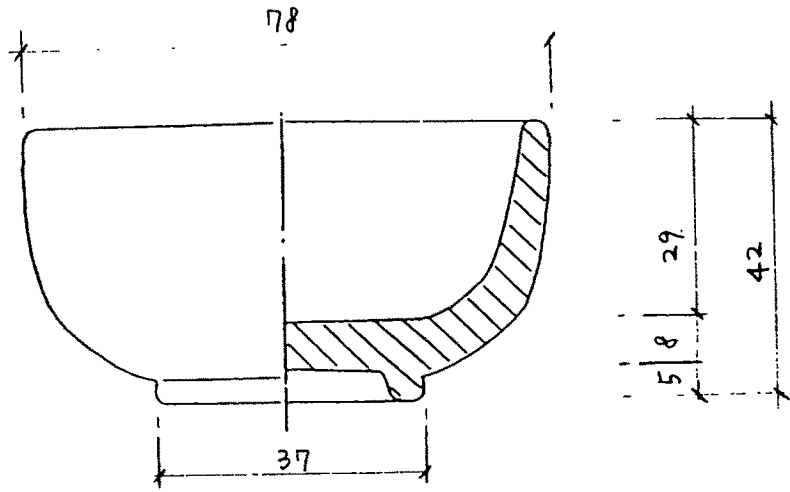




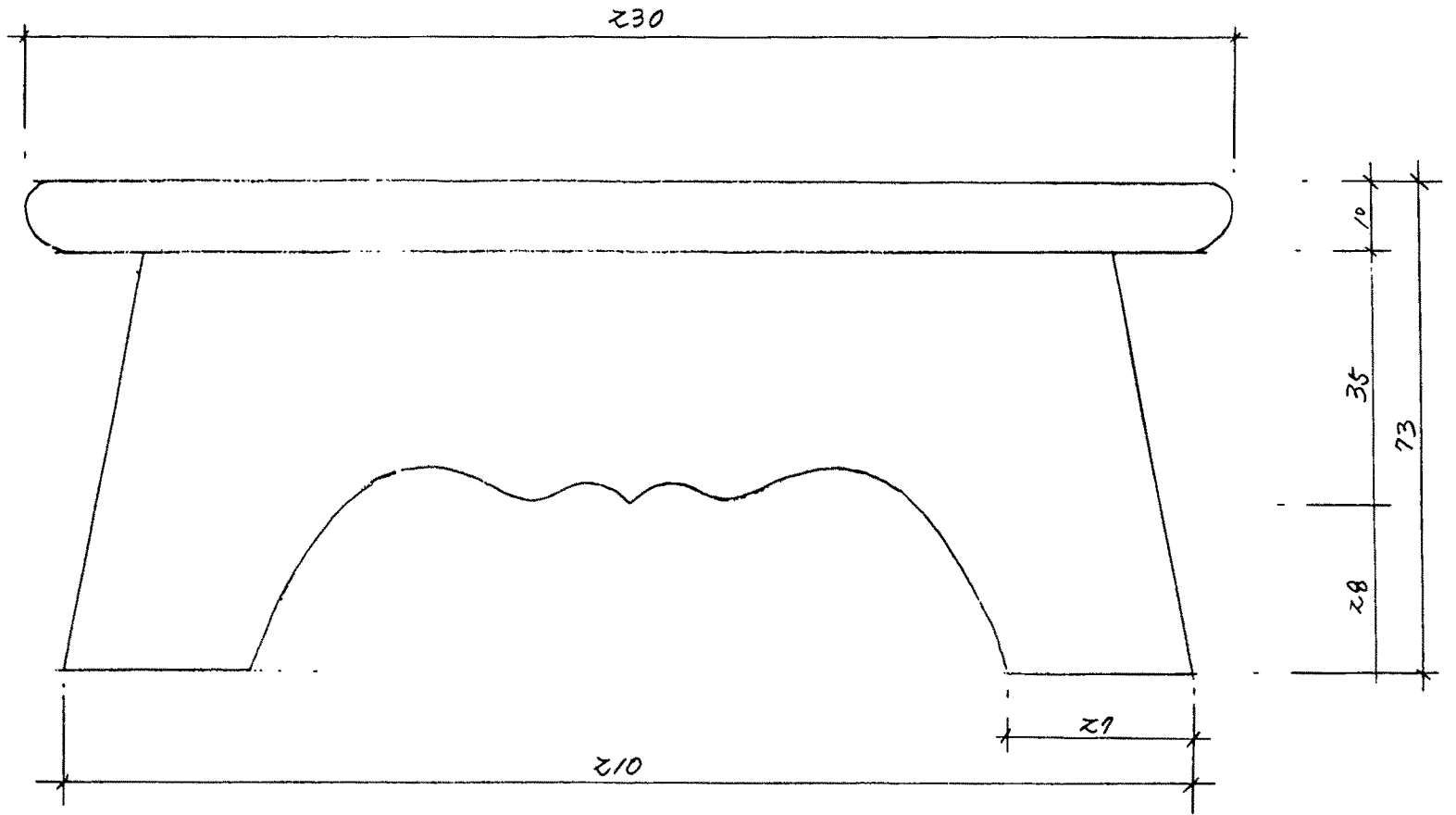




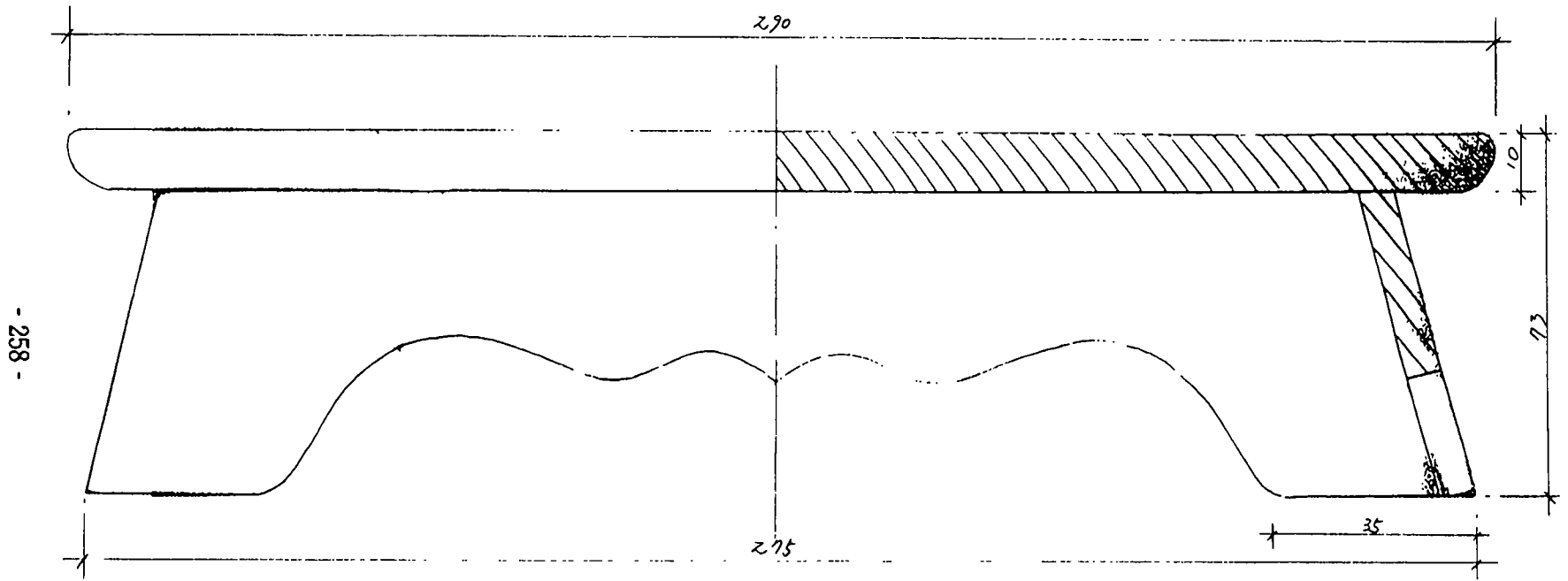




- 257 -



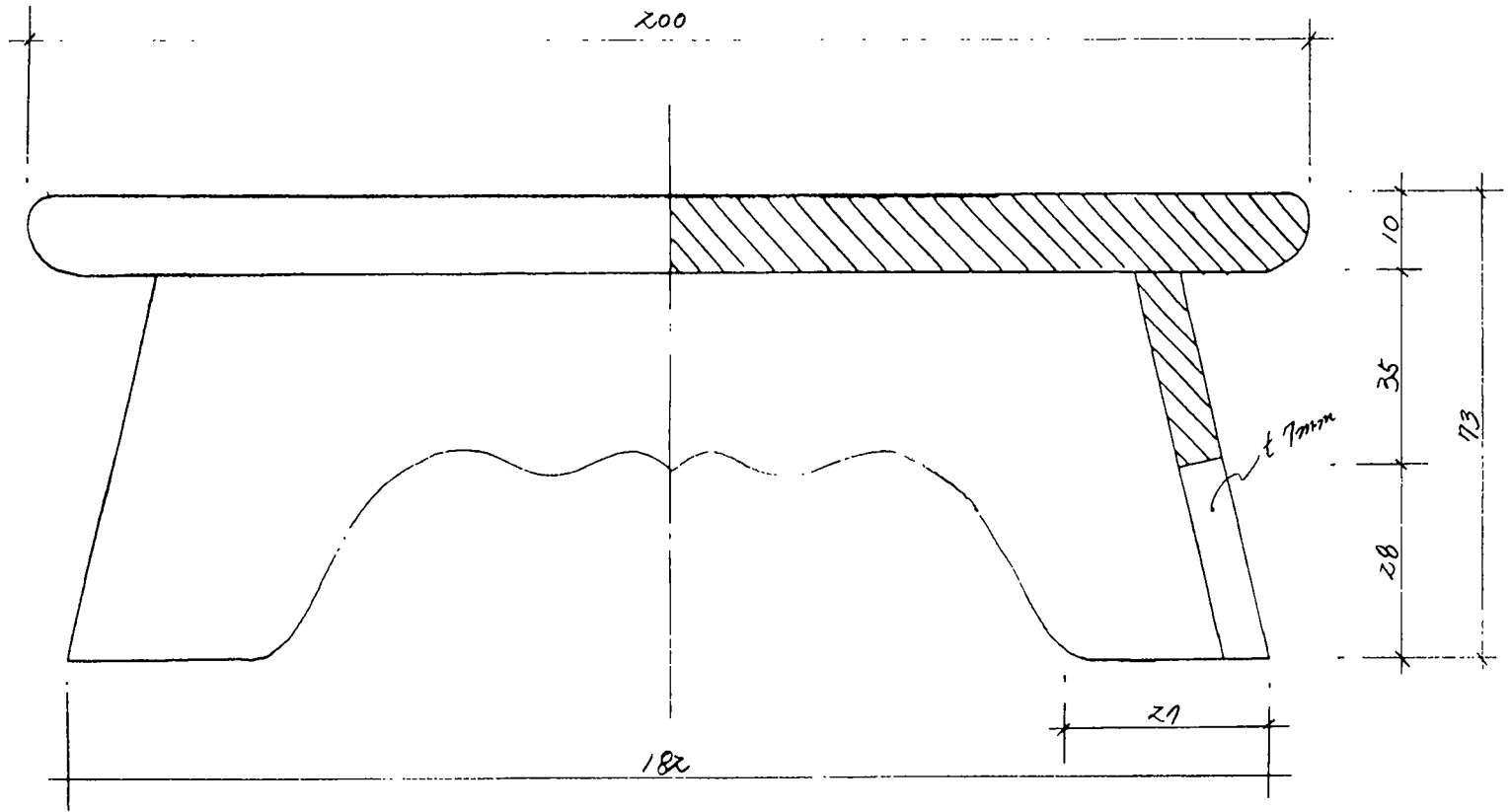
FRONT & SIDE VIEW 편틀 2.



- 258 -

FRONT VIEW 1-A. 편틀

- 259 -



SIDE VIEW 1-B

3. 장식용 촛대 디자인

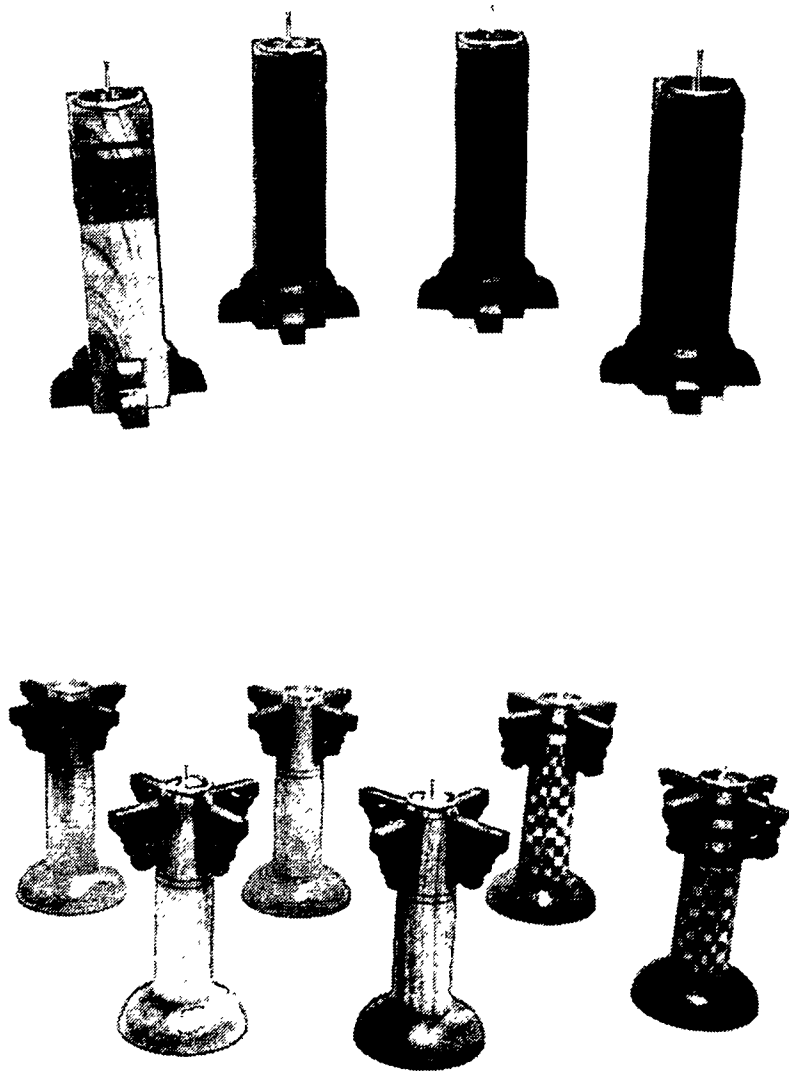
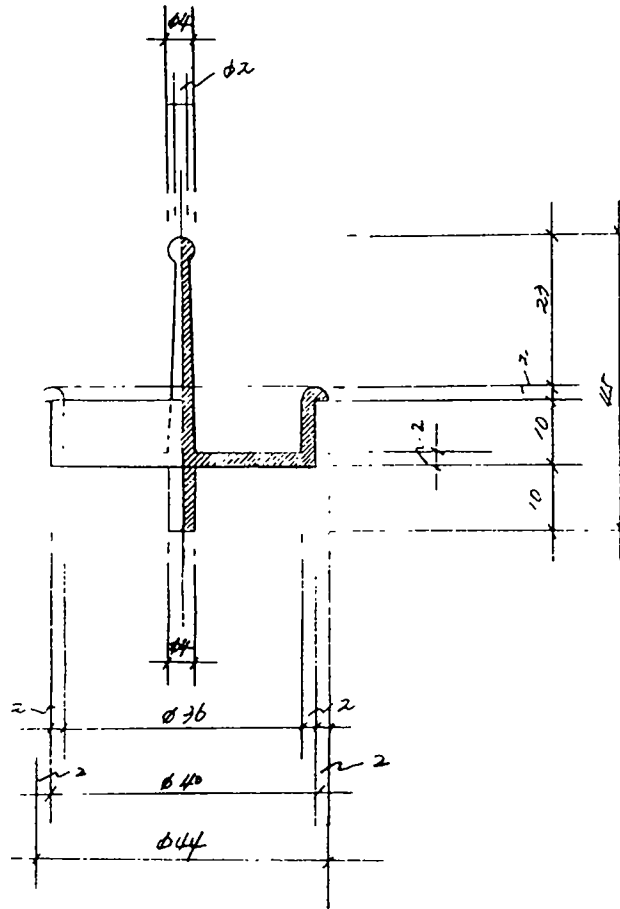
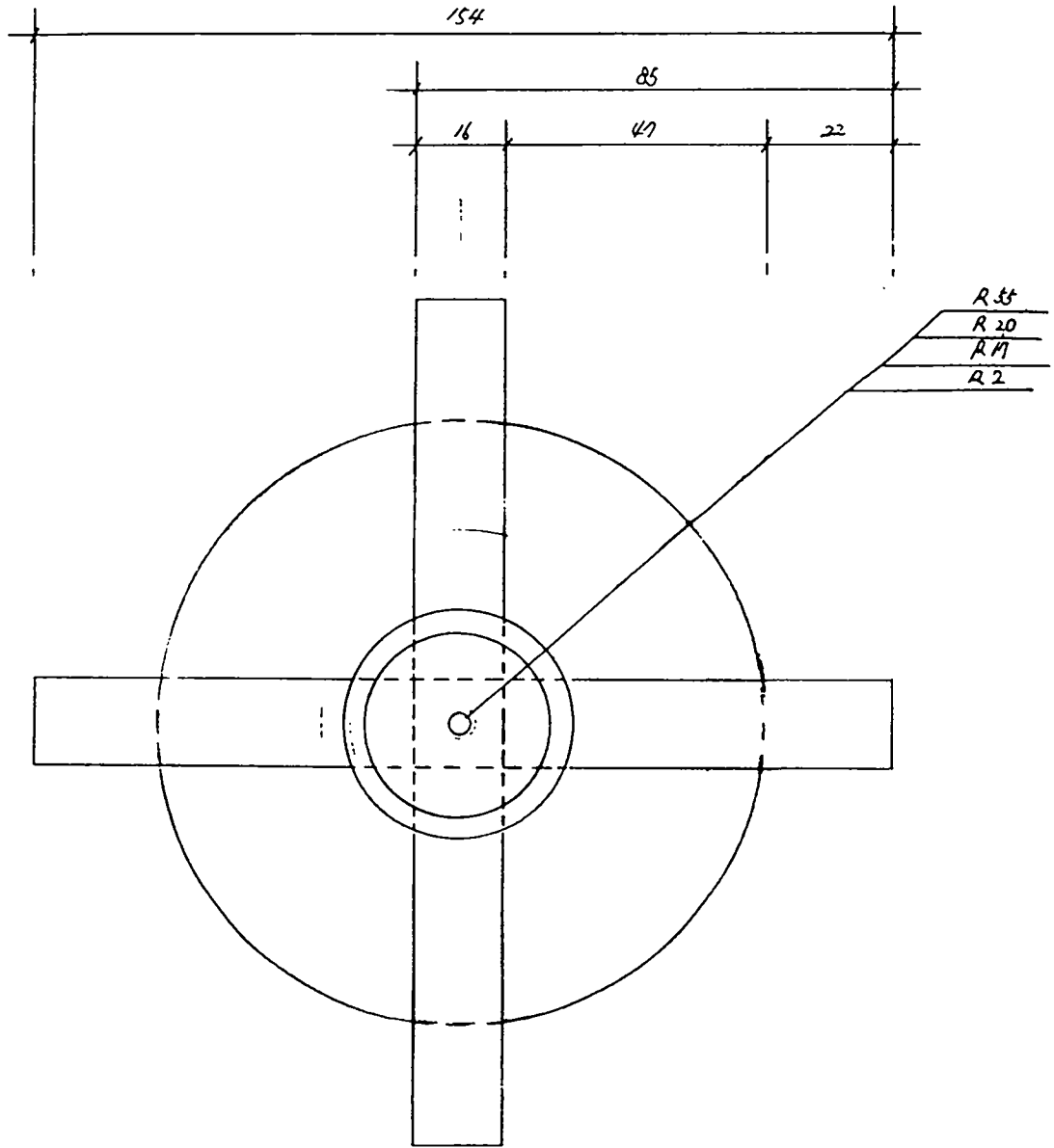


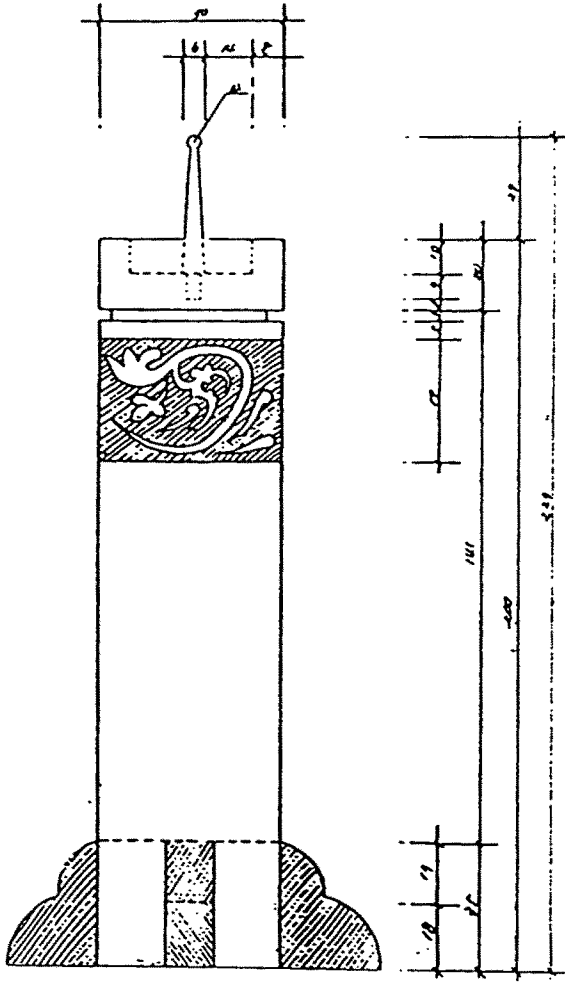
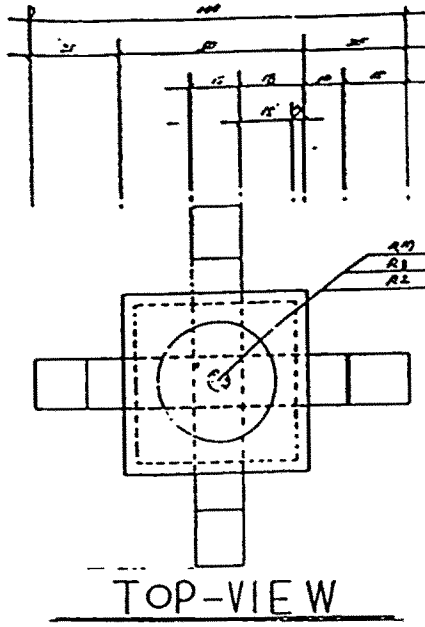
그림 5-3

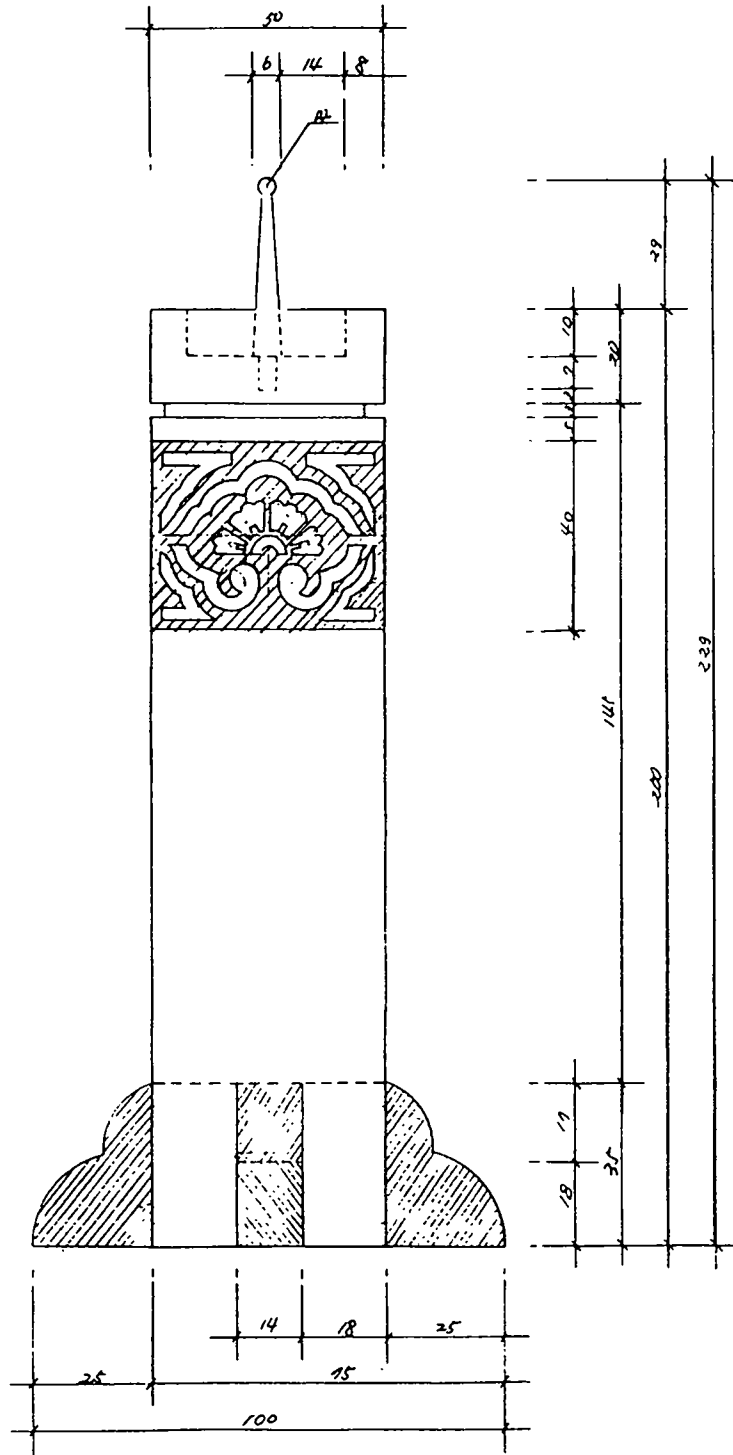


볼트 디자인

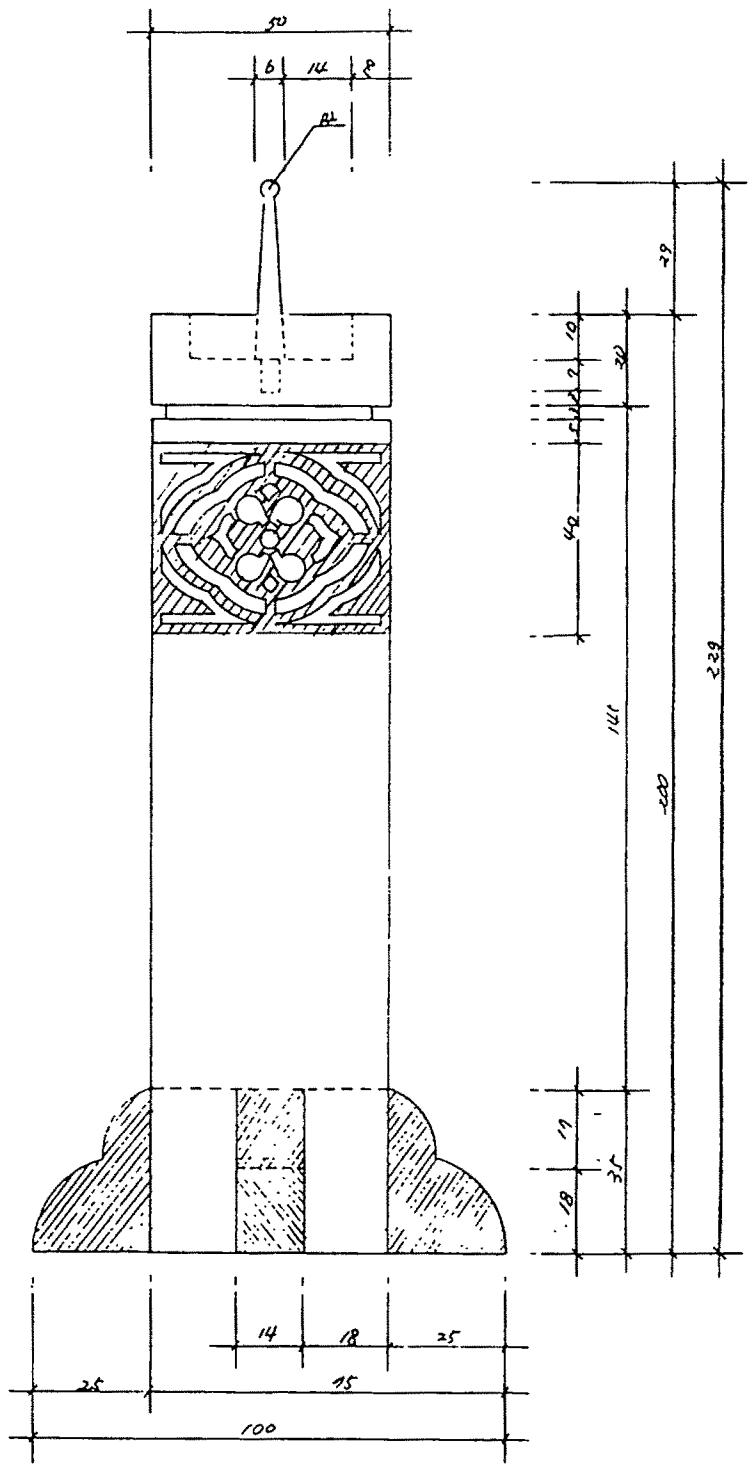


TOP-VIEW

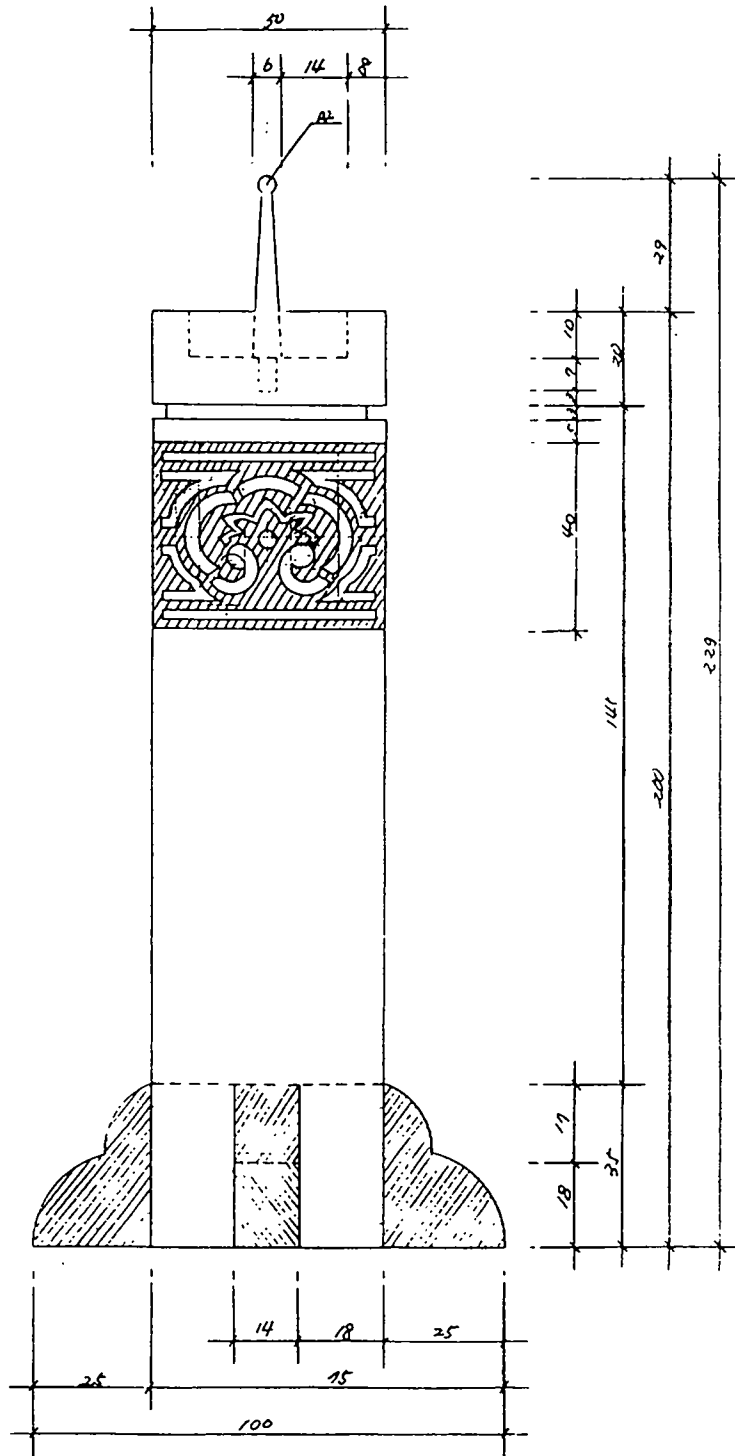




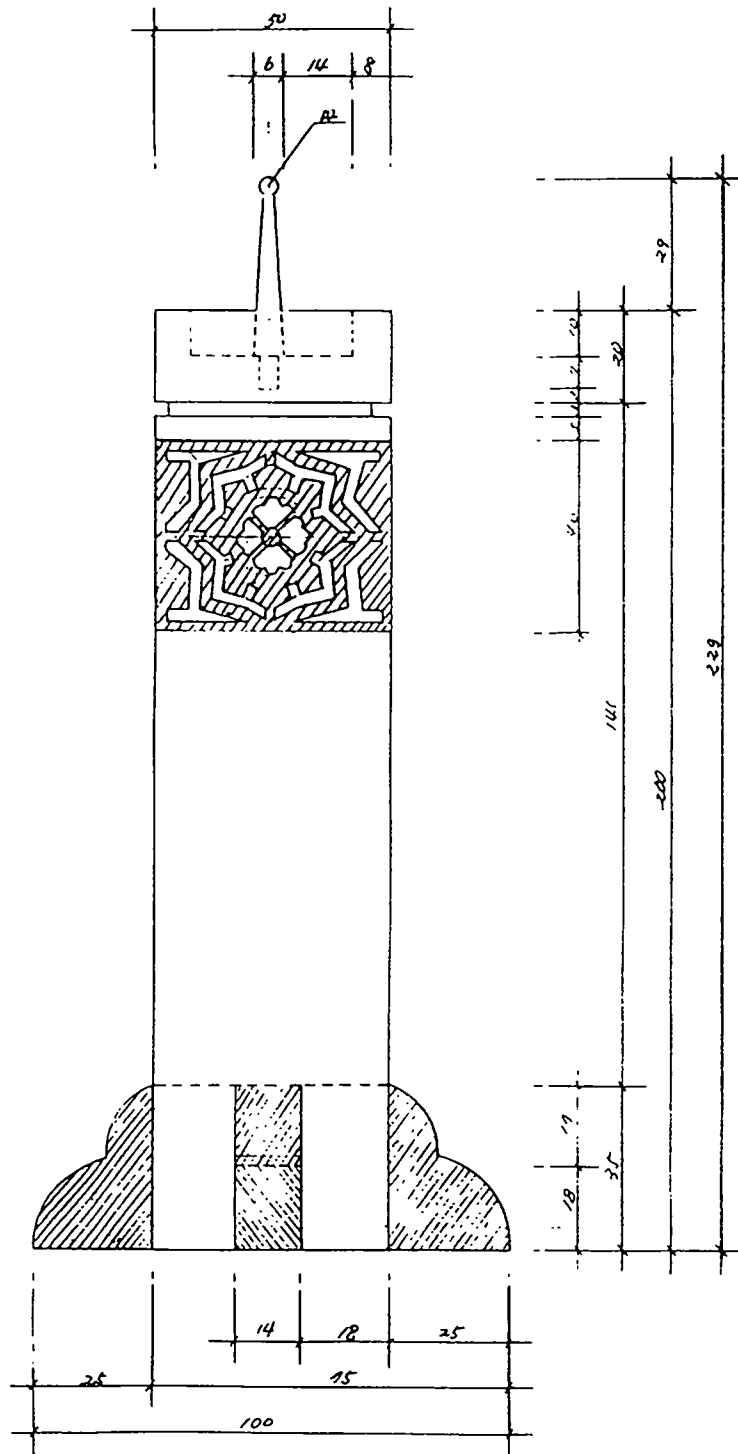
FRONT & SIDE-VIEW



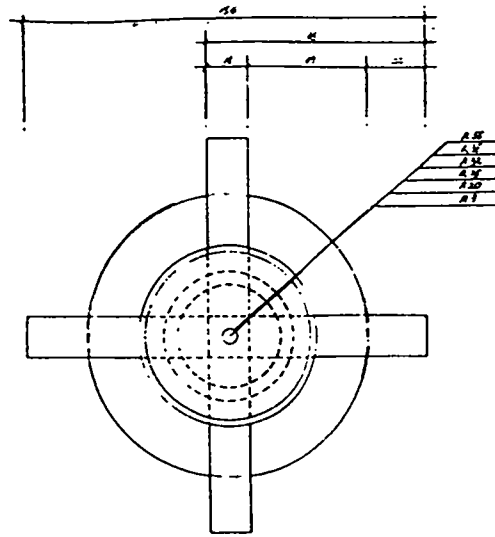
FRONT & SIDE-VIEW



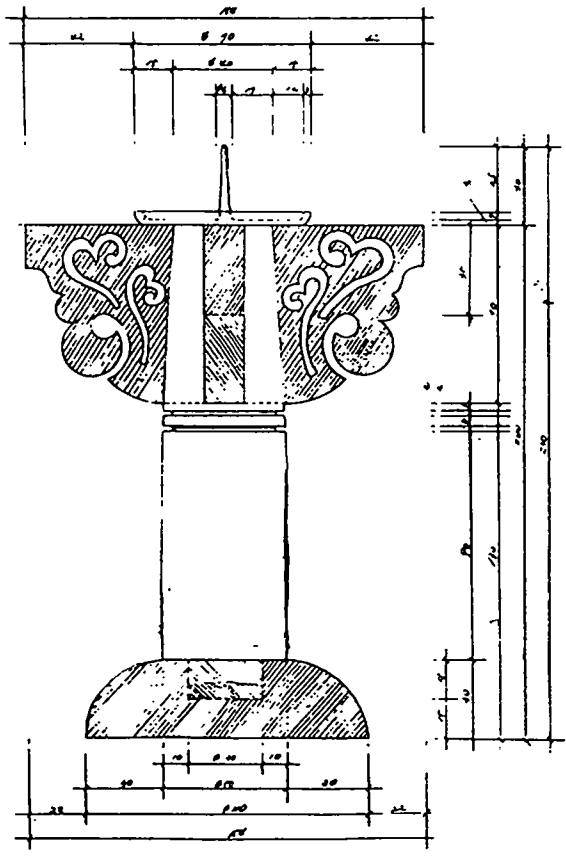
FRONT & SIDE-VIEW



FRONT & SIDE-VIEW



TOP-VIEW



FRONT & SIDE-VIEW

4. 장식용 시계 디자인

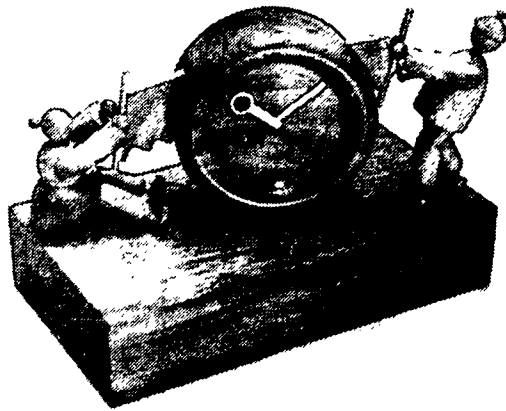
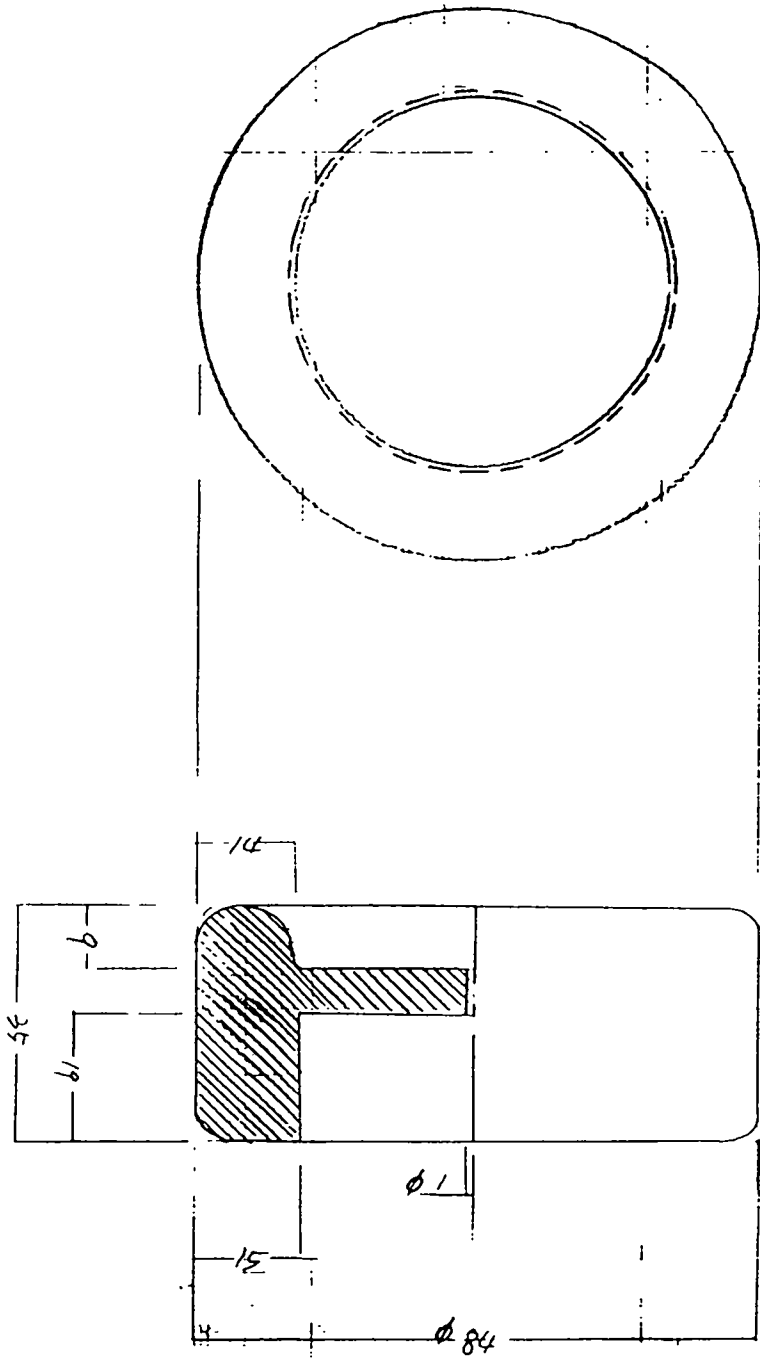
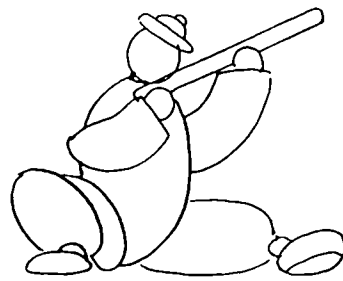
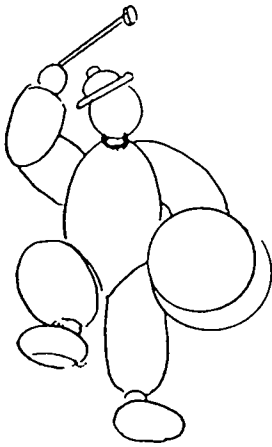
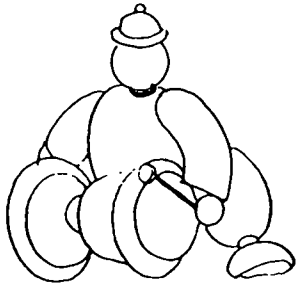
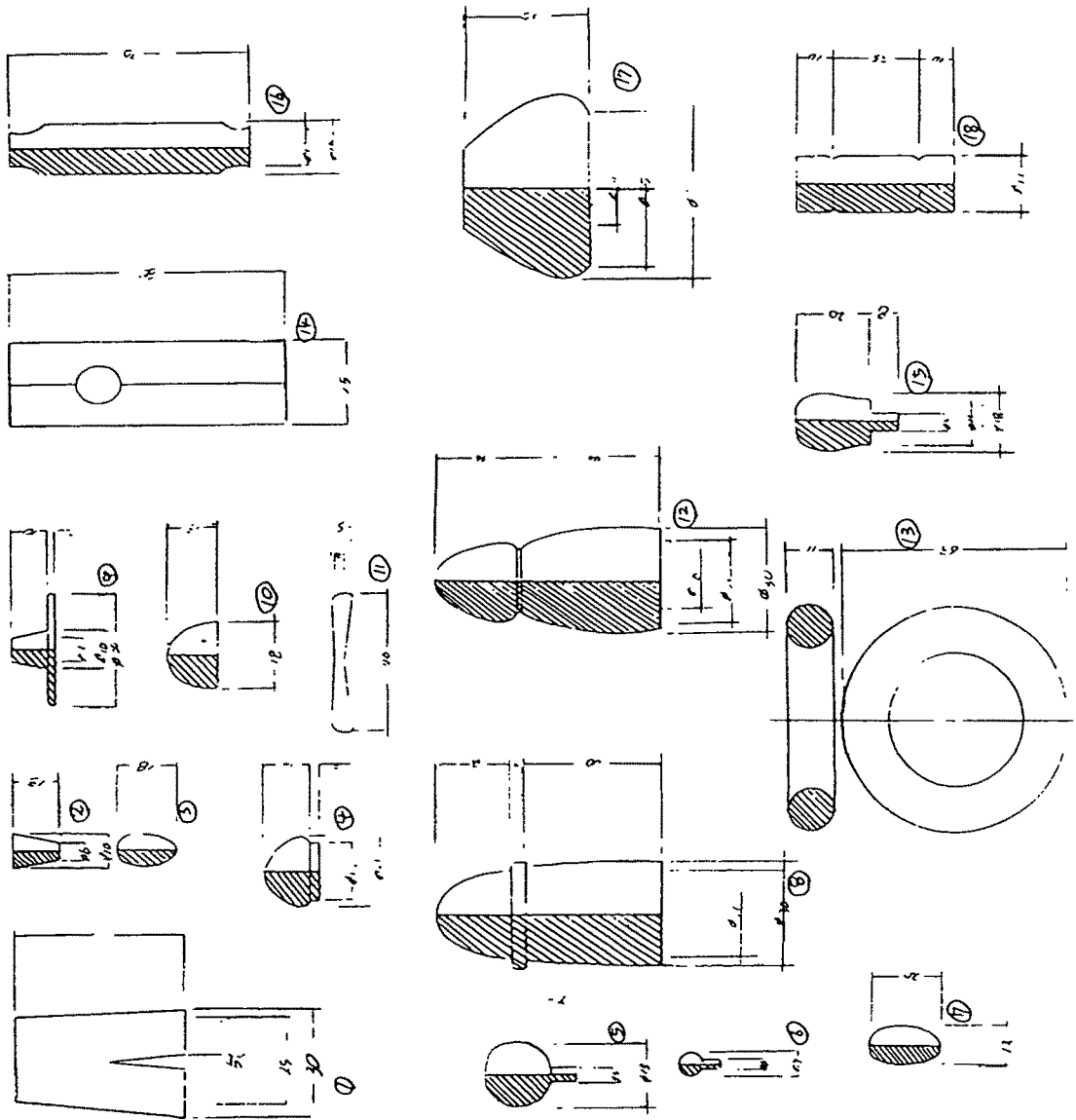
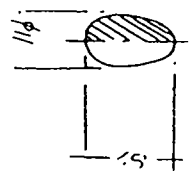
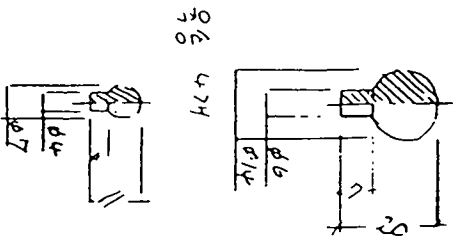
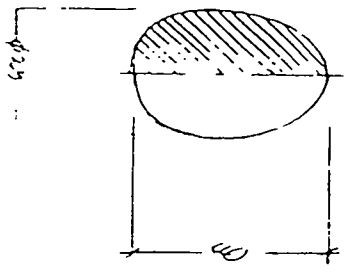
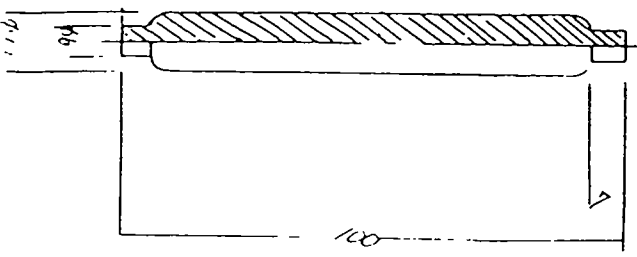
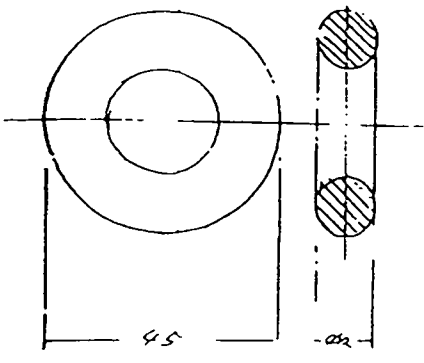
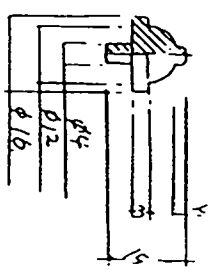
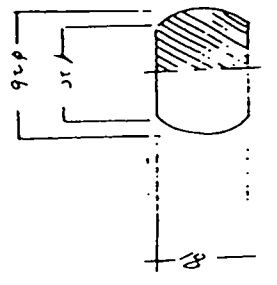
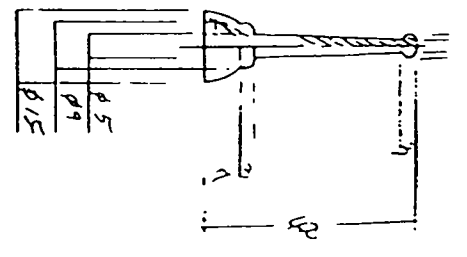
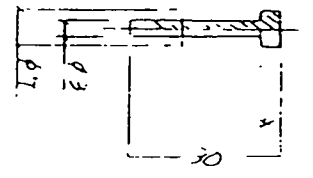
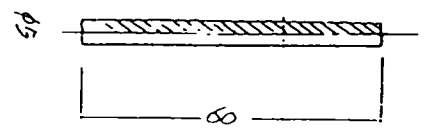
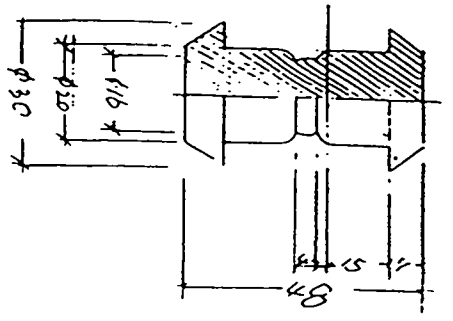


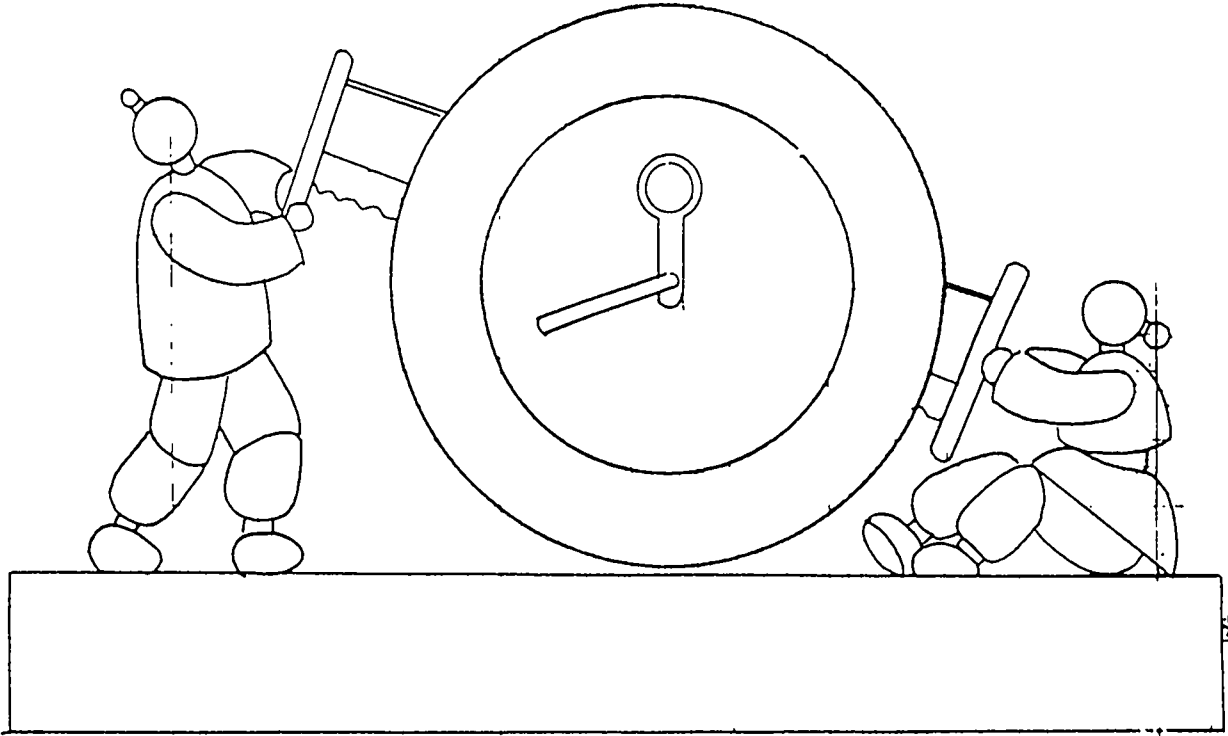
그림 5-4

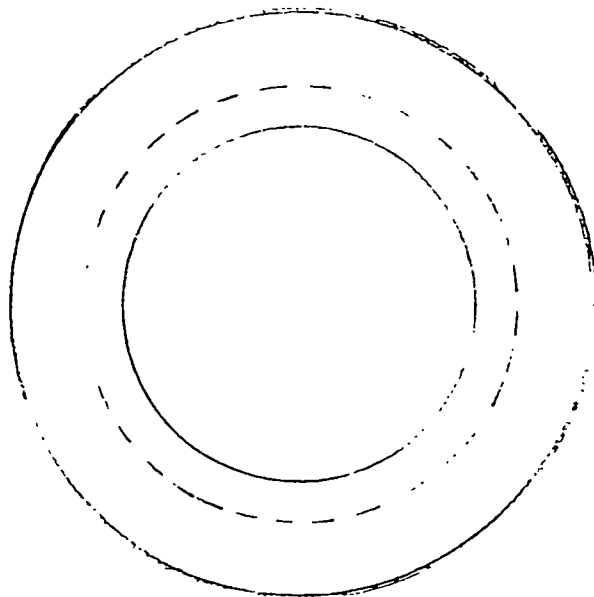
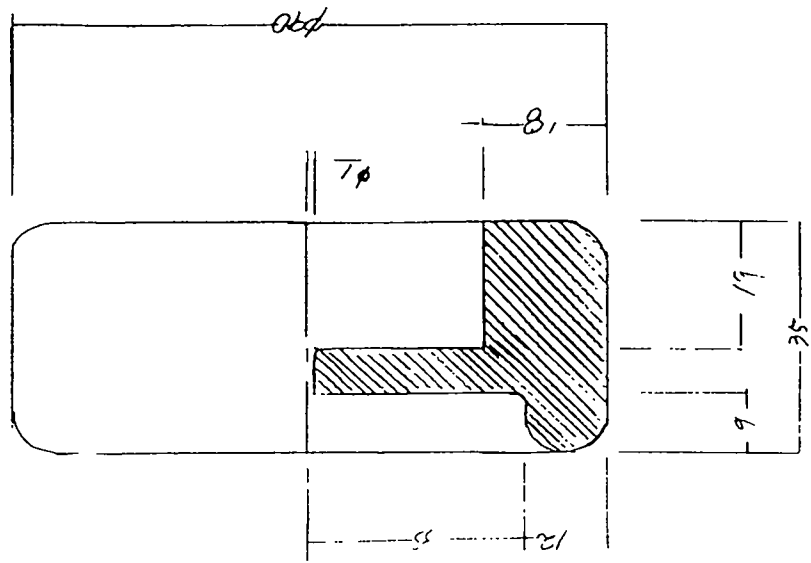


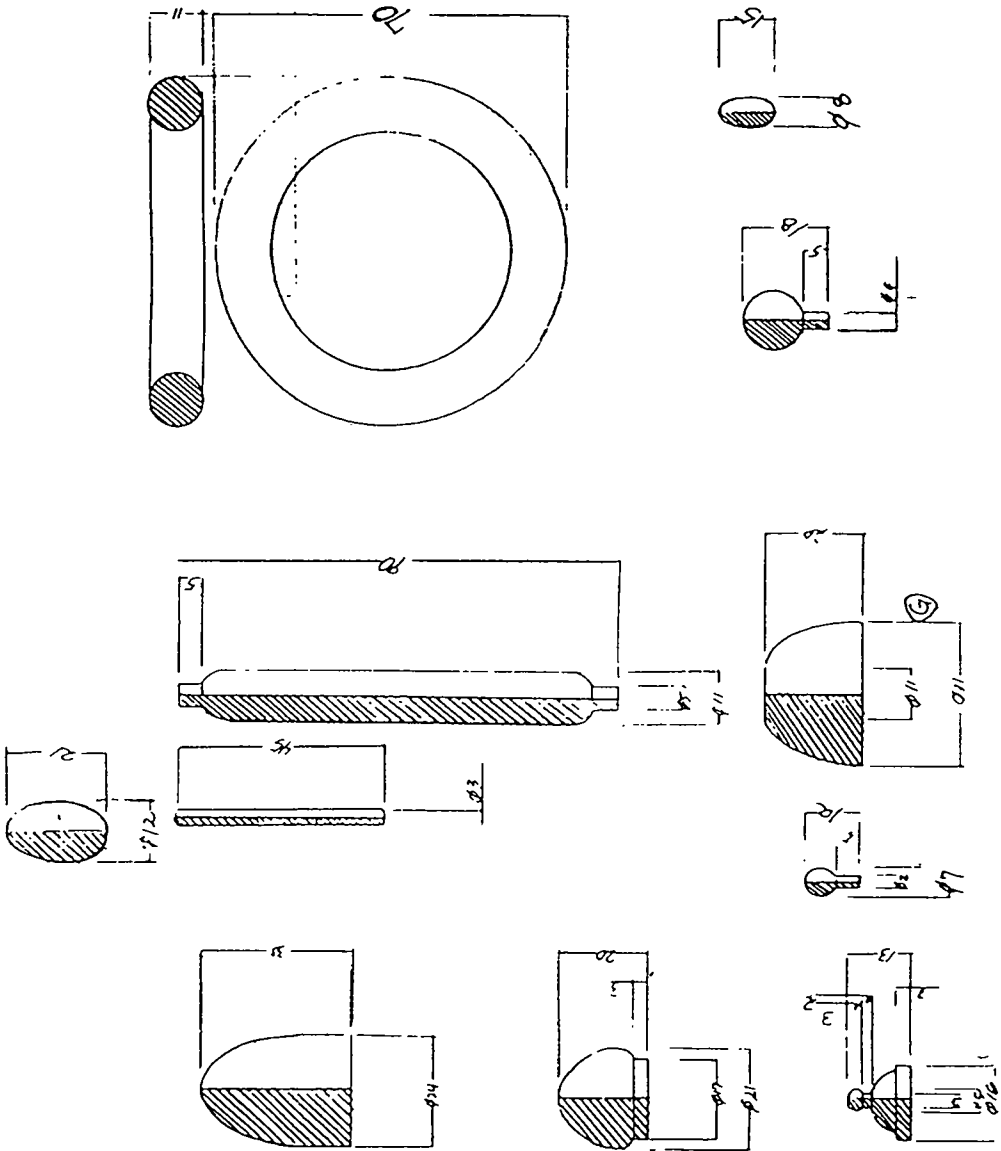


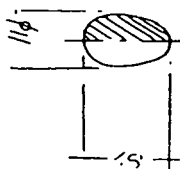
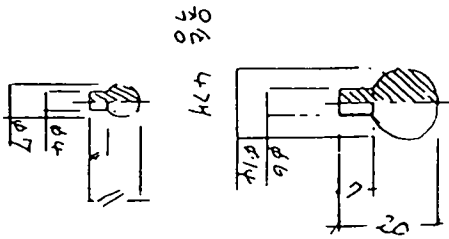
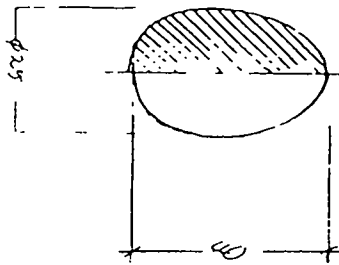
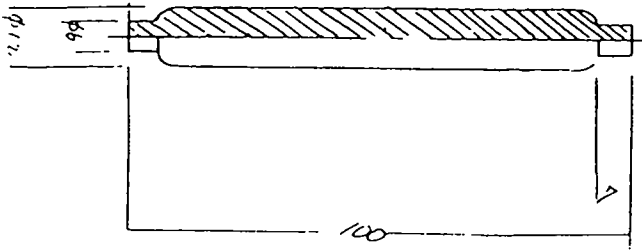
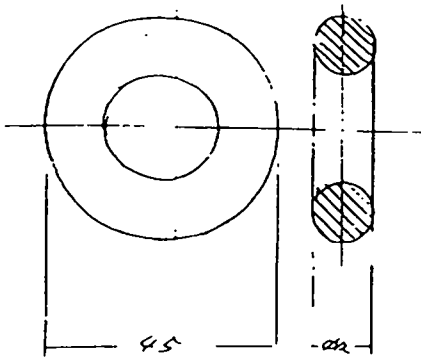
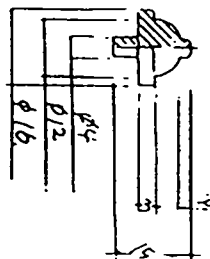
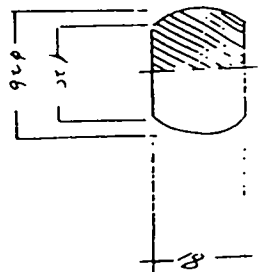
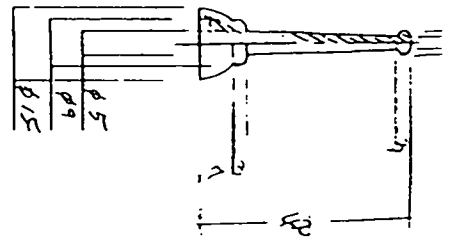
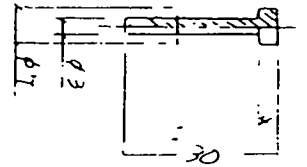
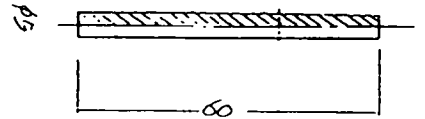
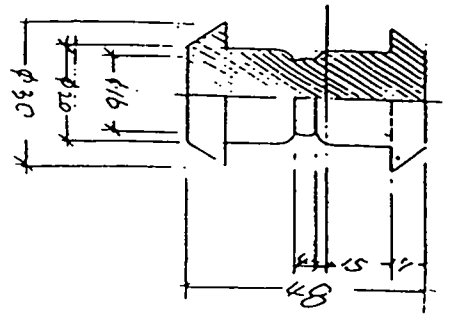












5. 장식용 나무 인형

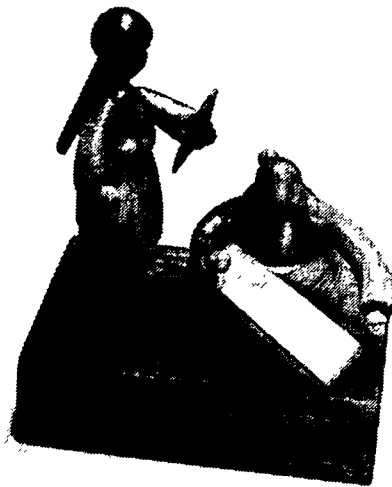
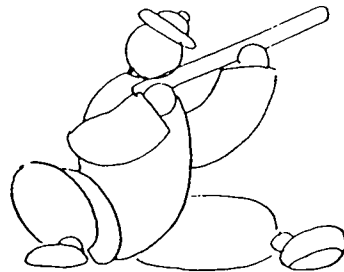
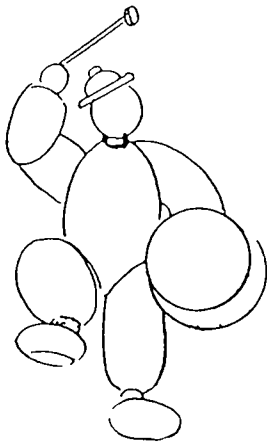
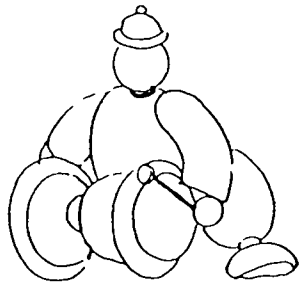
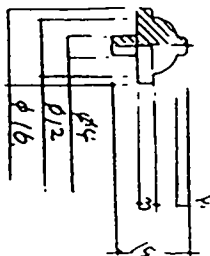
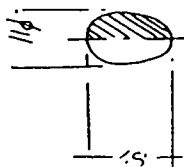
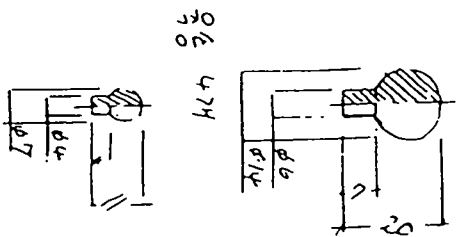
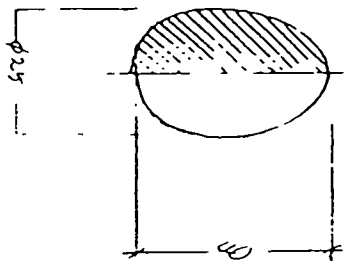
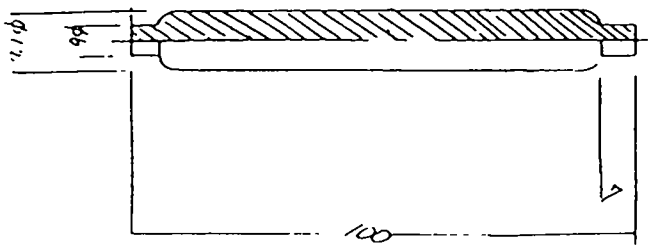
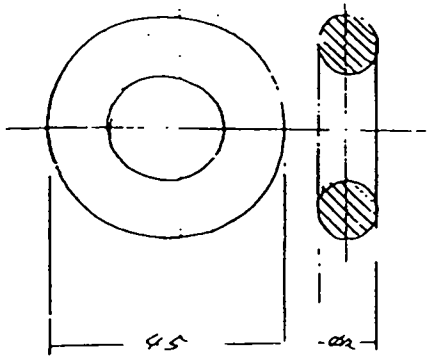
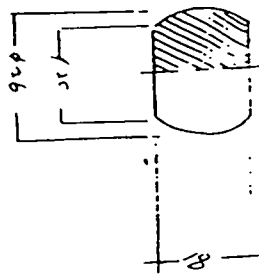
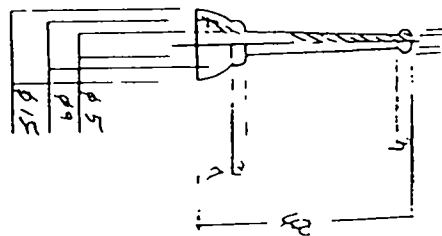
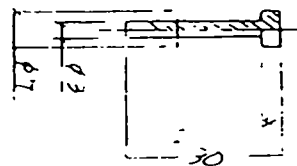
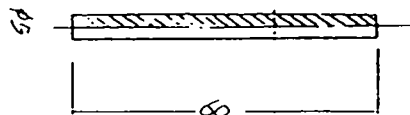
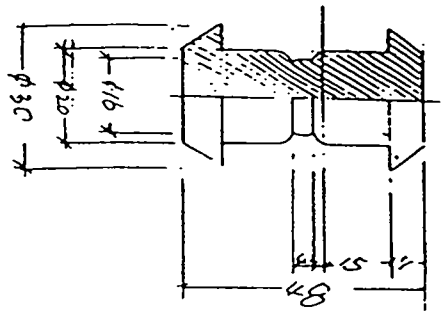


그림 5-5

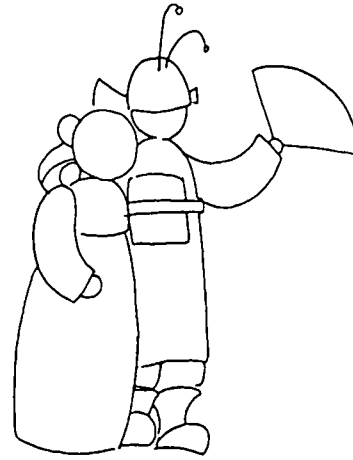






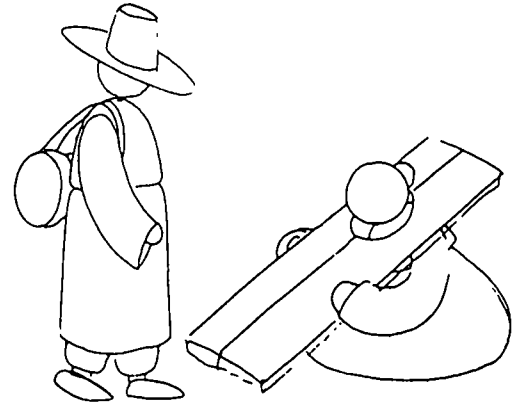
(7)

1, 4, 5, 6, 7, 12, 13, 15, 16, 17.



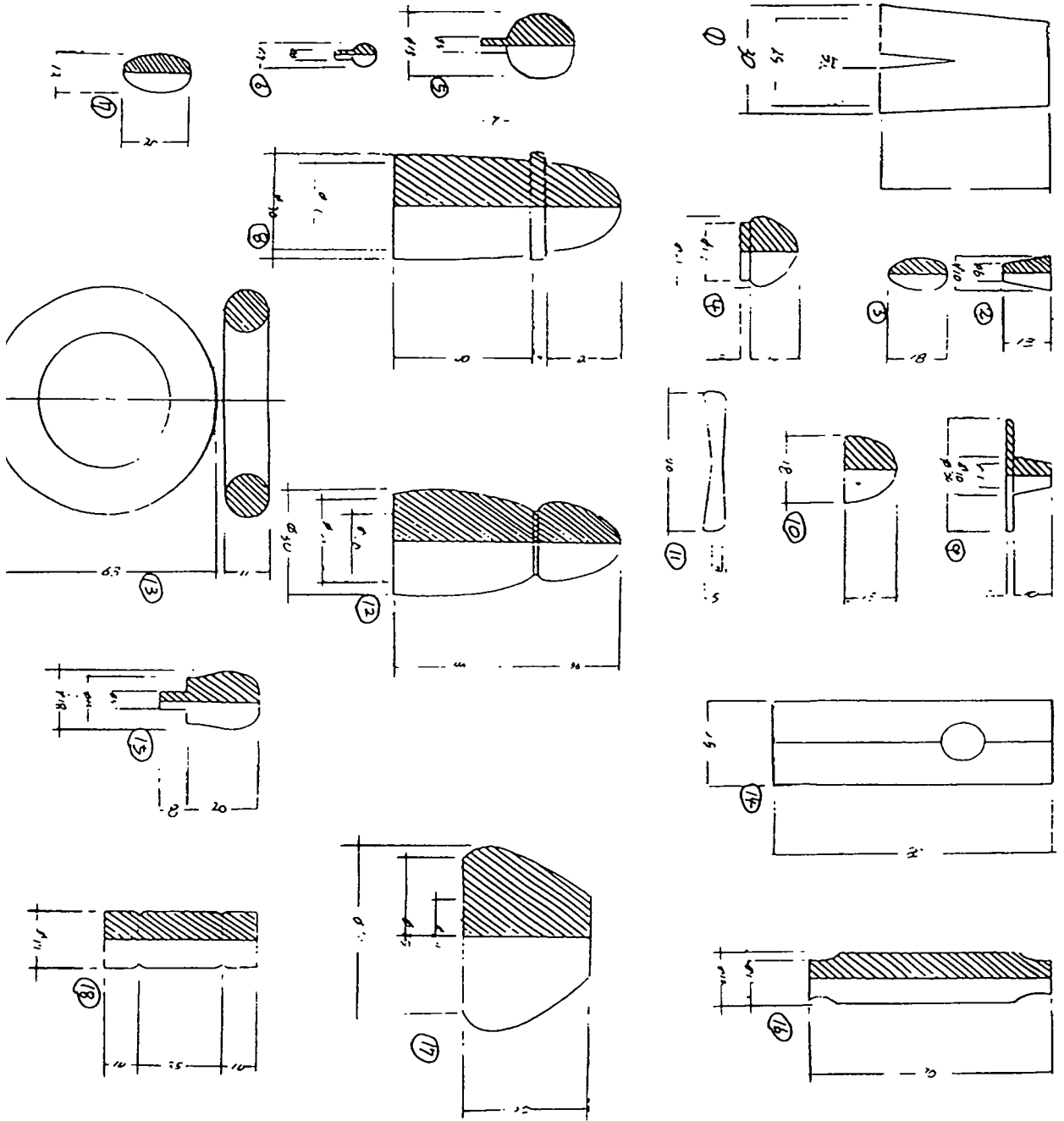
(4)

2, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 15.



(4)

5, 6, 7, 9, 12, 13, 14, 15, 17, 18.



6. 모빌형 그릇류

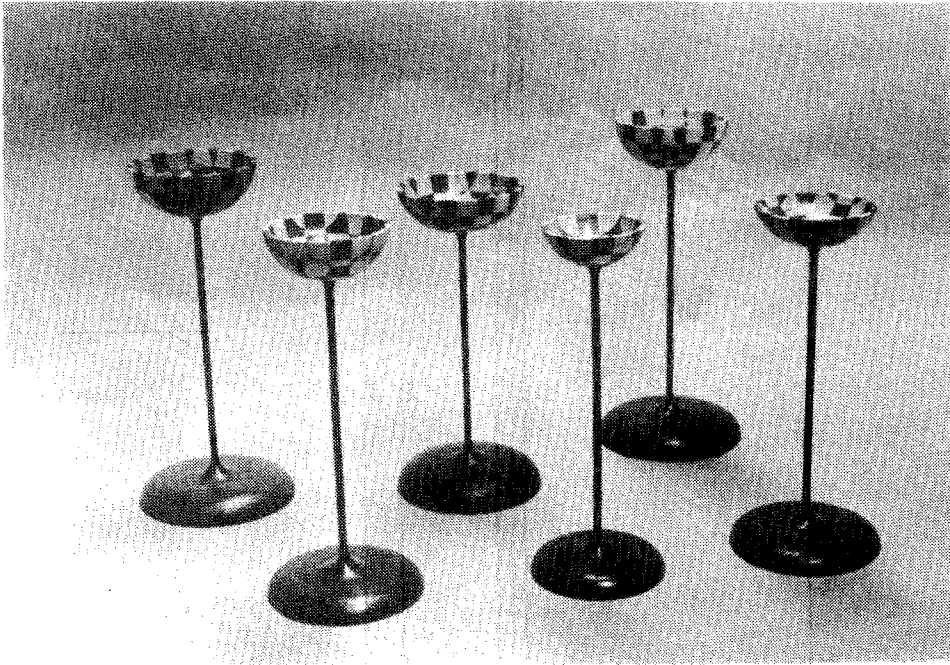
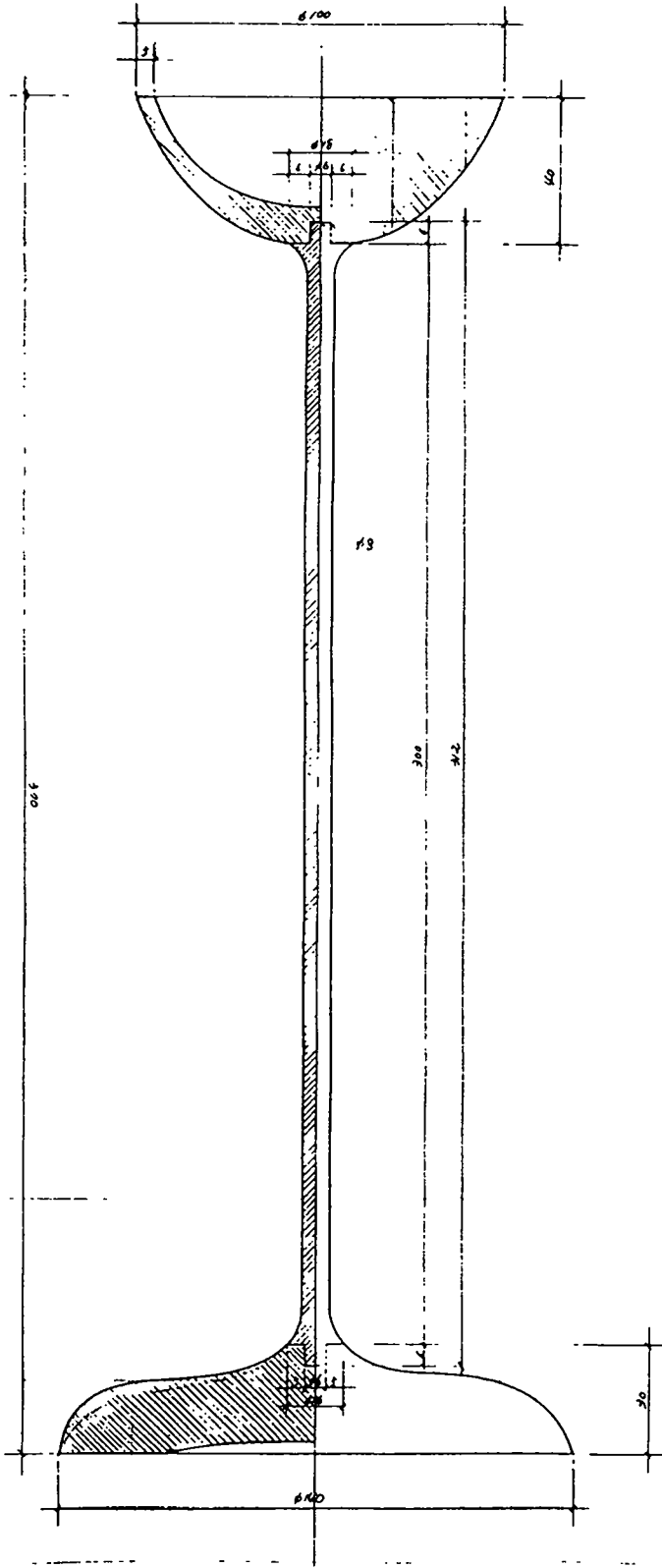
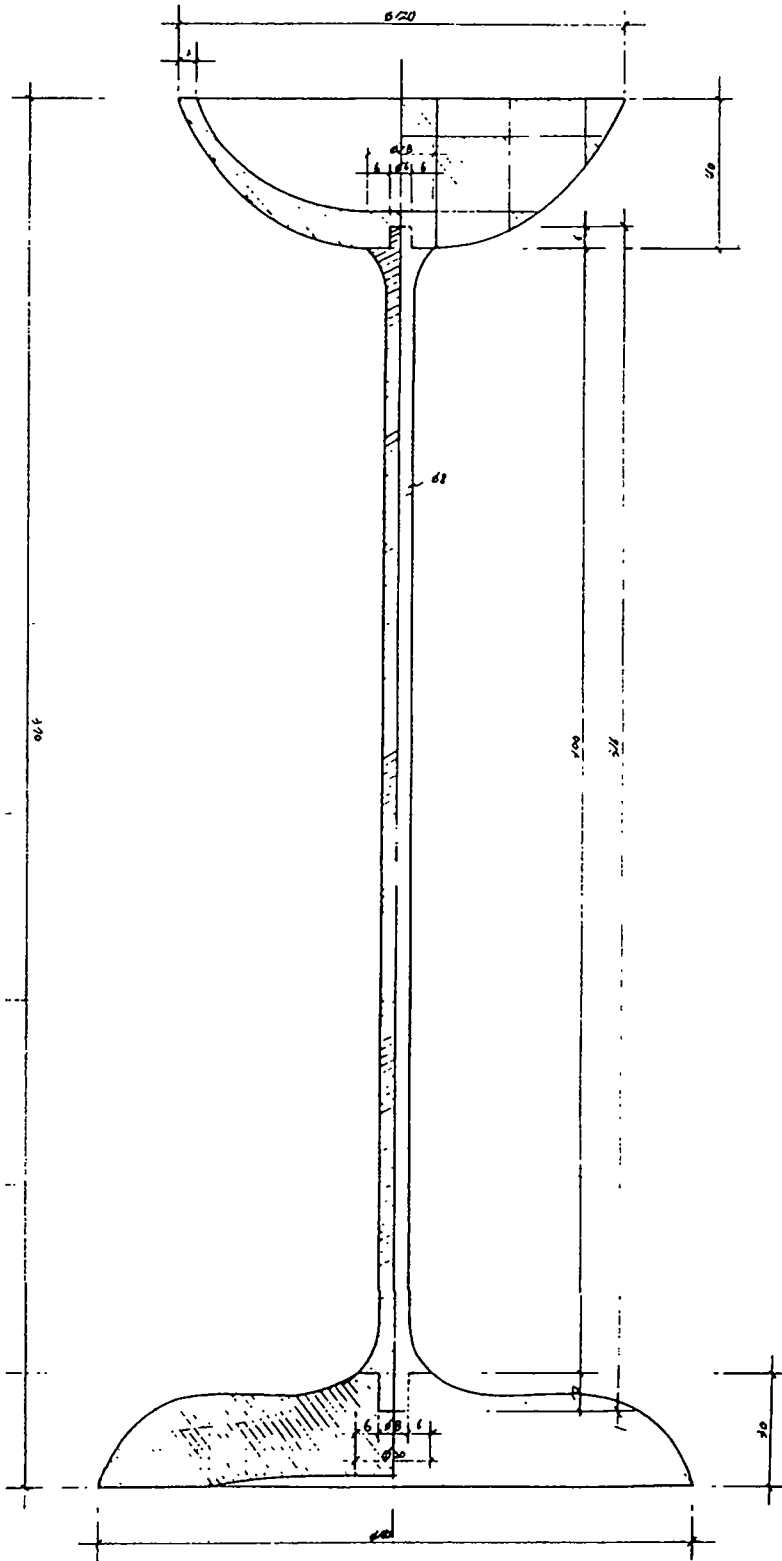


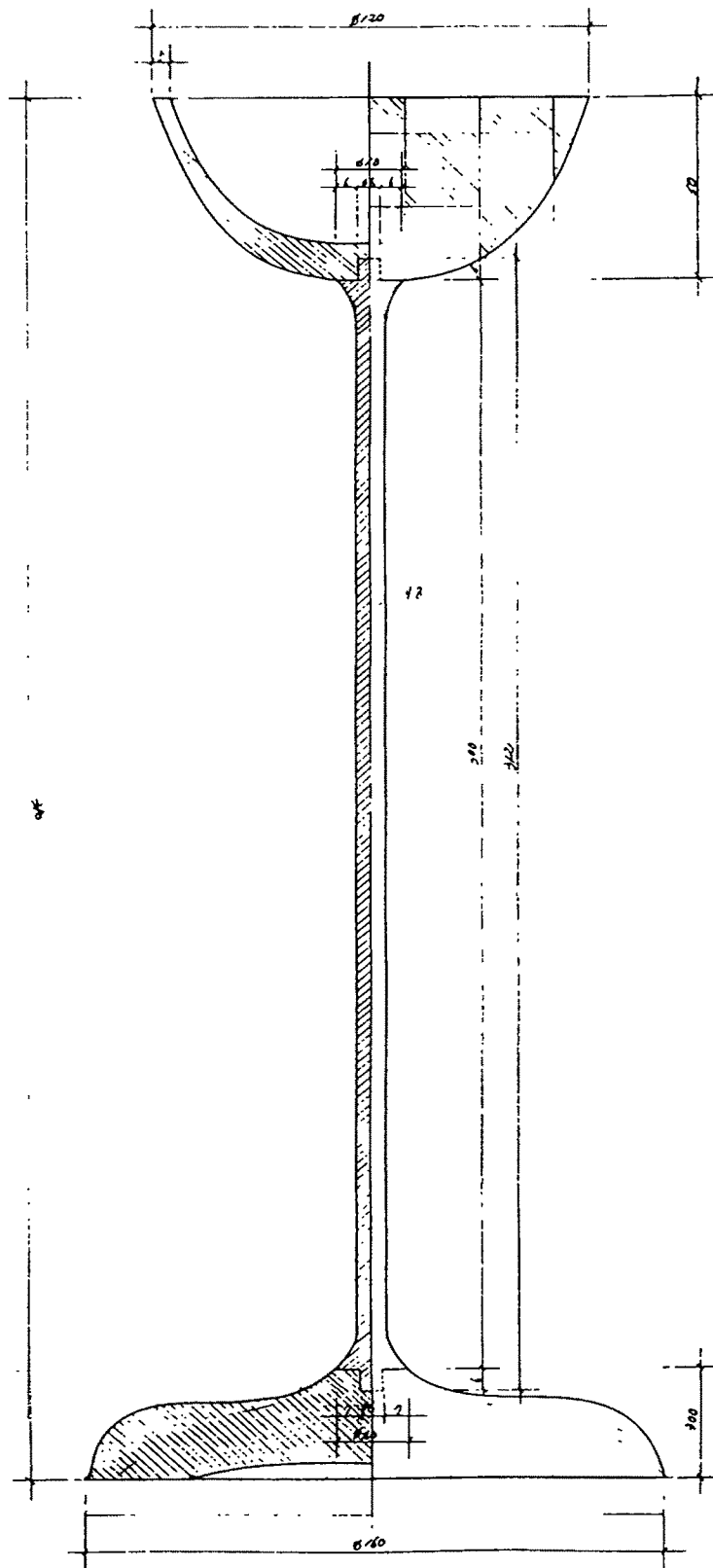
그림 5-6



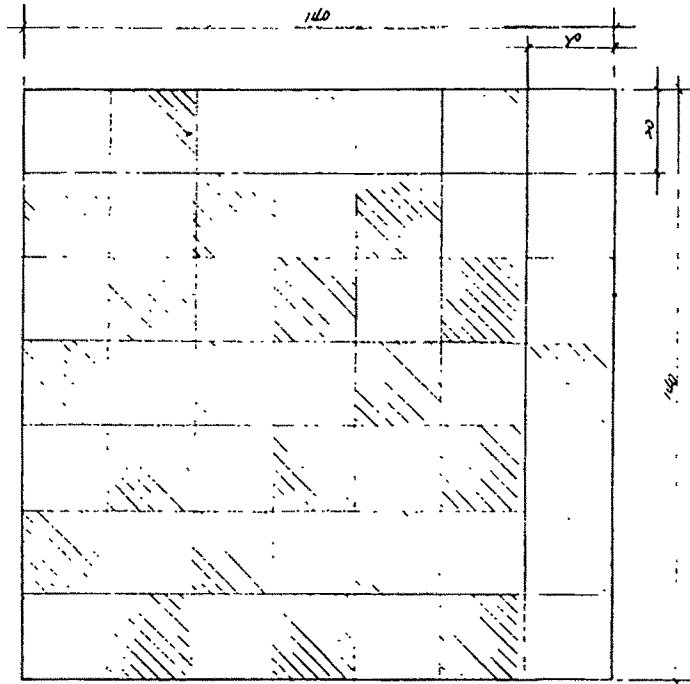
FRONT & SIDE-VIEW



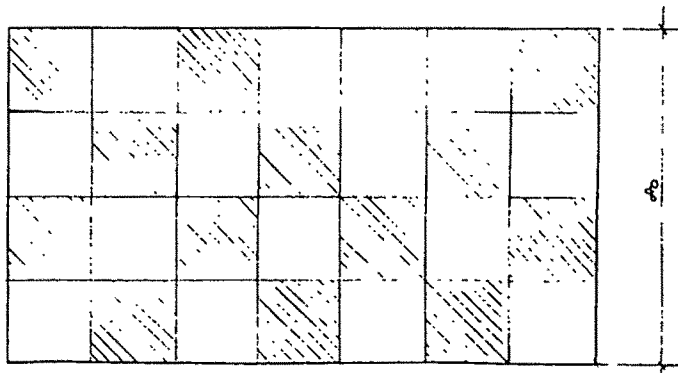
FRONT & SIDE-VIEW



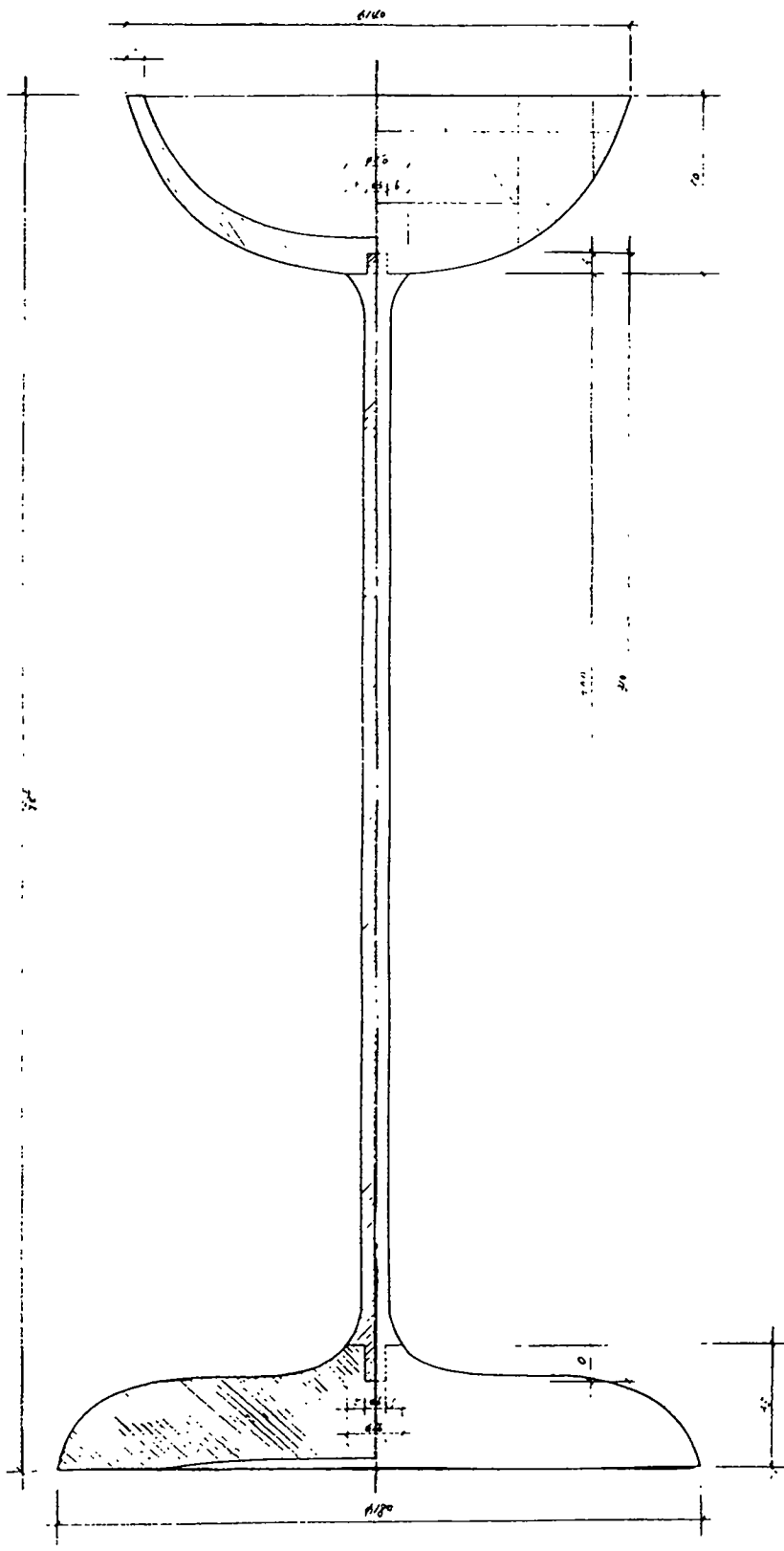
FRONT & SIDE-VIEW

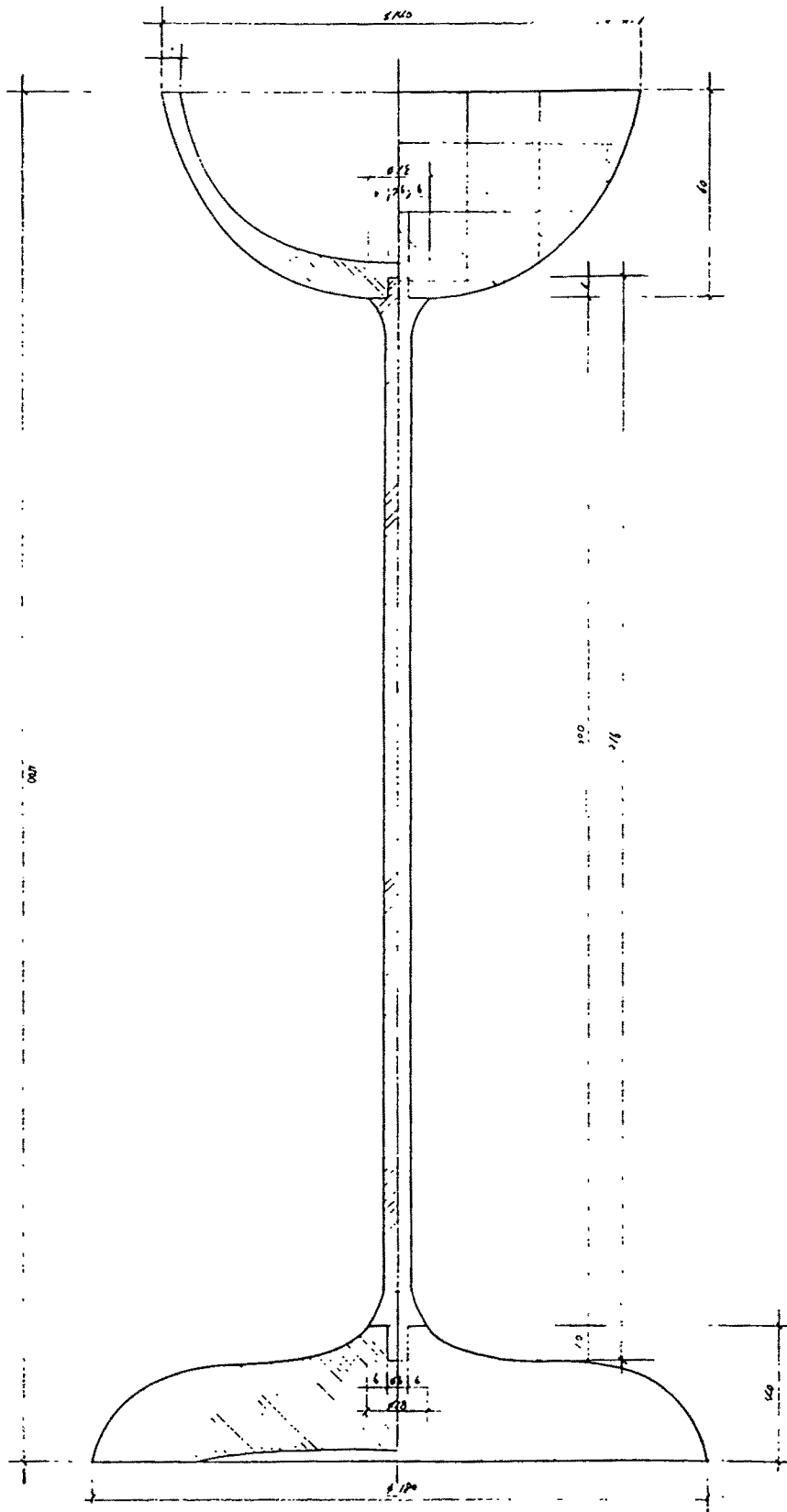


TOP - VIEW

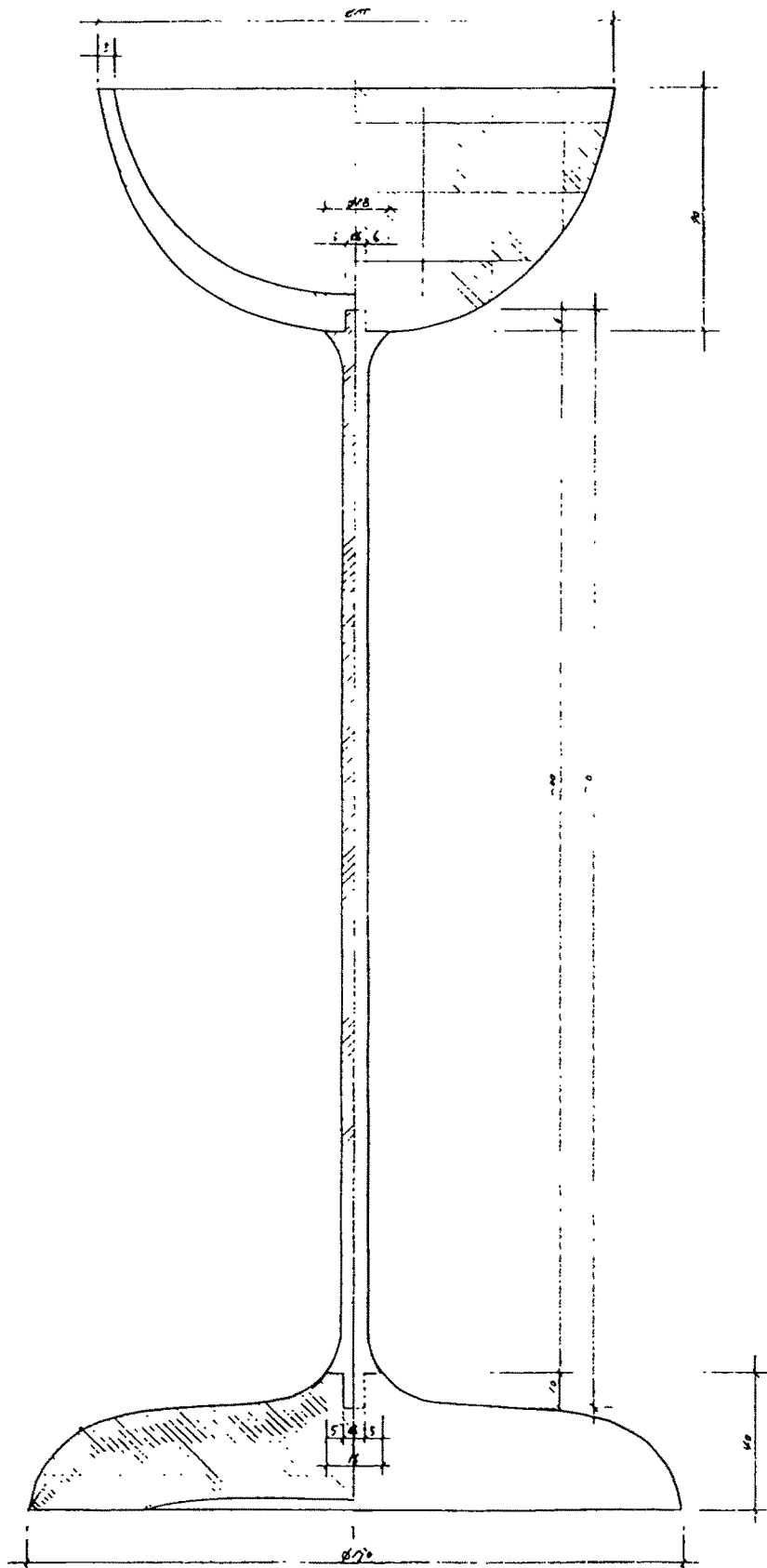


FRONT & SIDE - VIEW

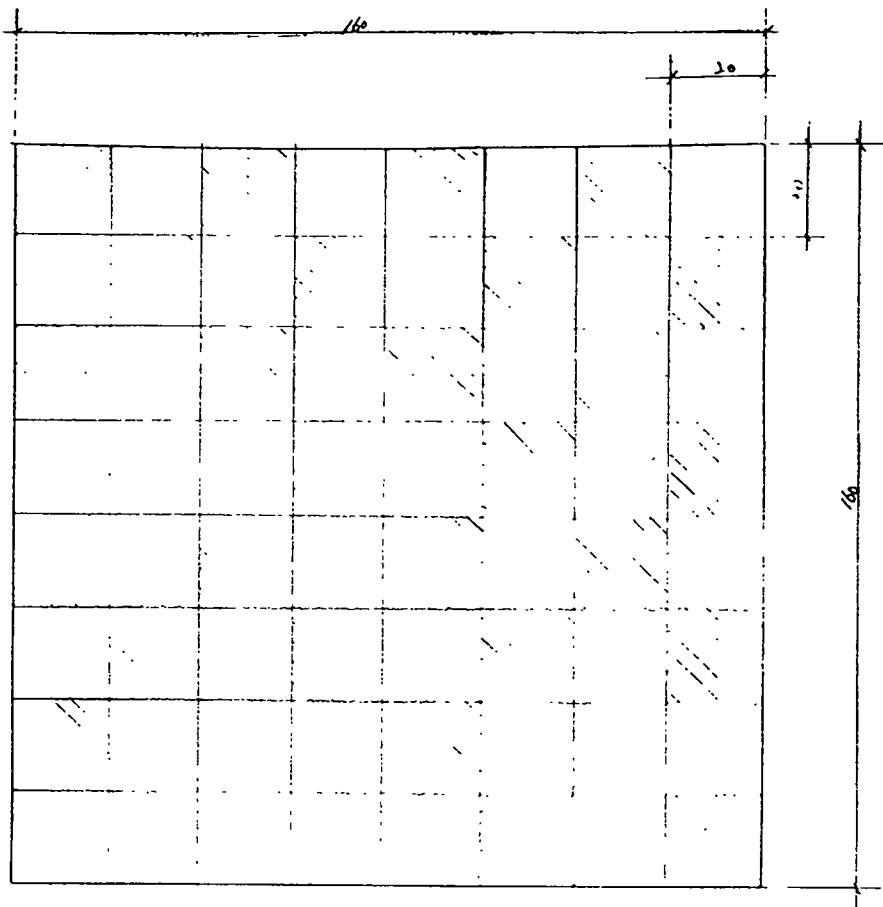




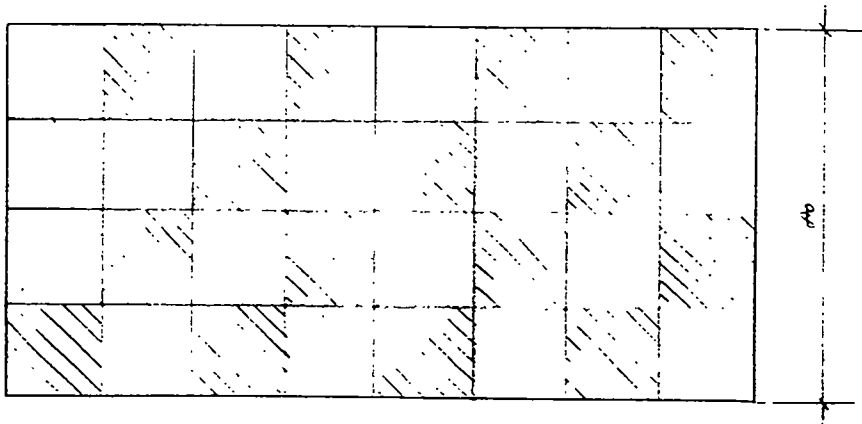
FRONT & SIDE-VIEW



FRONT & SIDE-VIEW



TOP-VIEW



FRONT & SIDE VIEW - 292 -

7. 접시류 및 냄비 받침 디자인

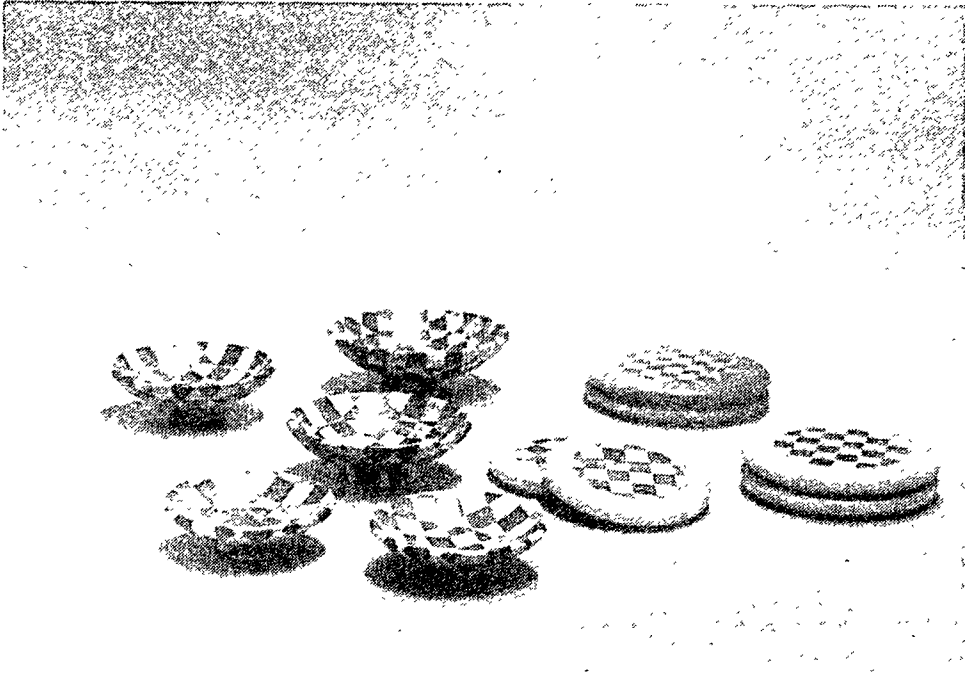
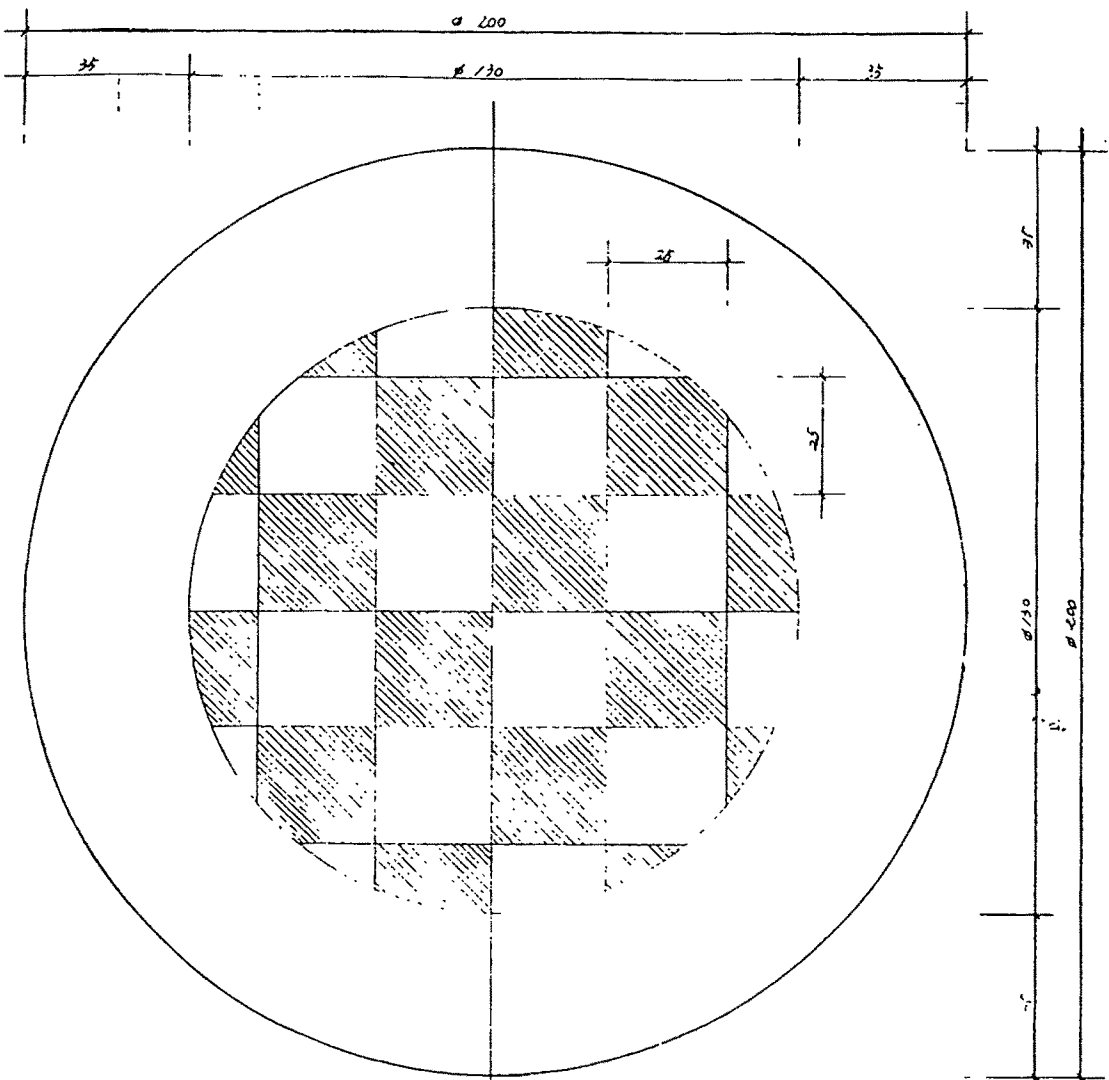
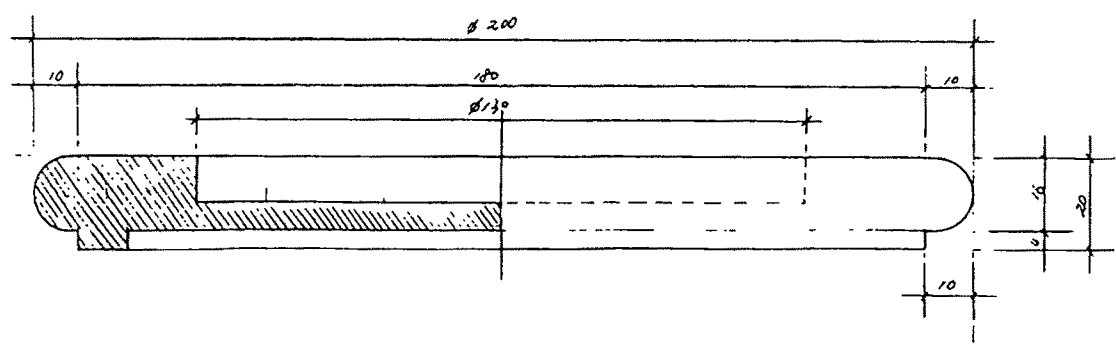


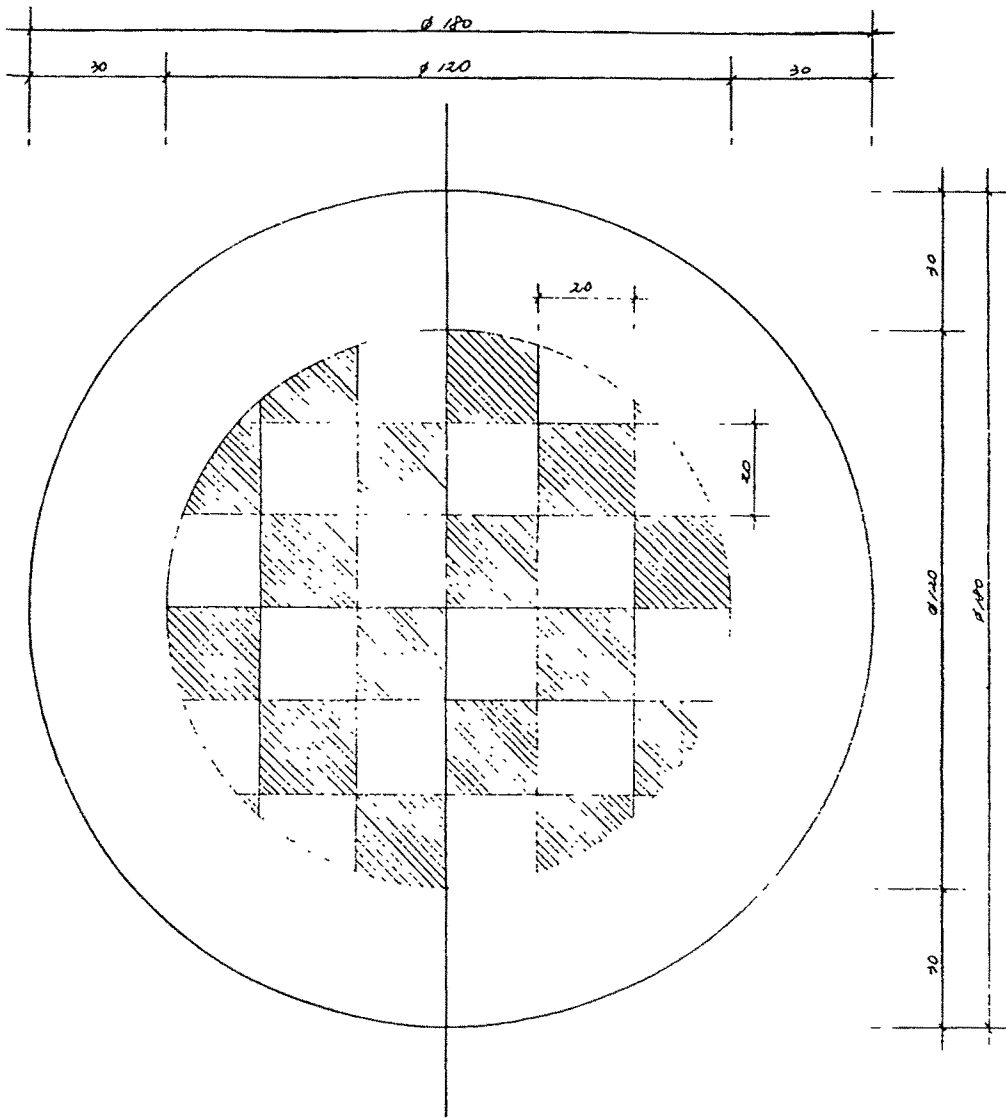
그림 5-7



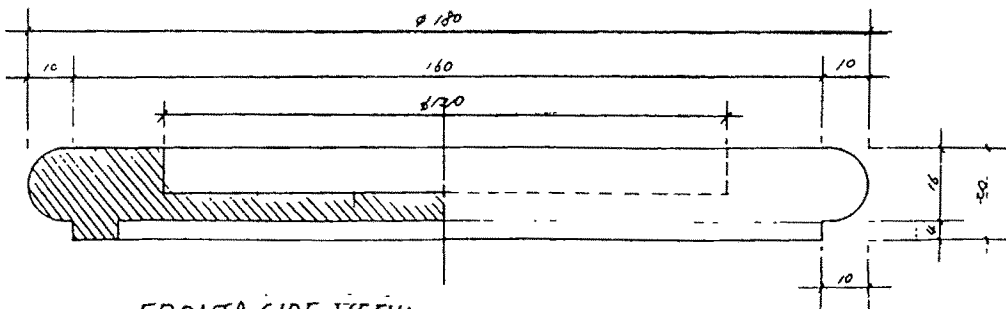
TOP-VIEW



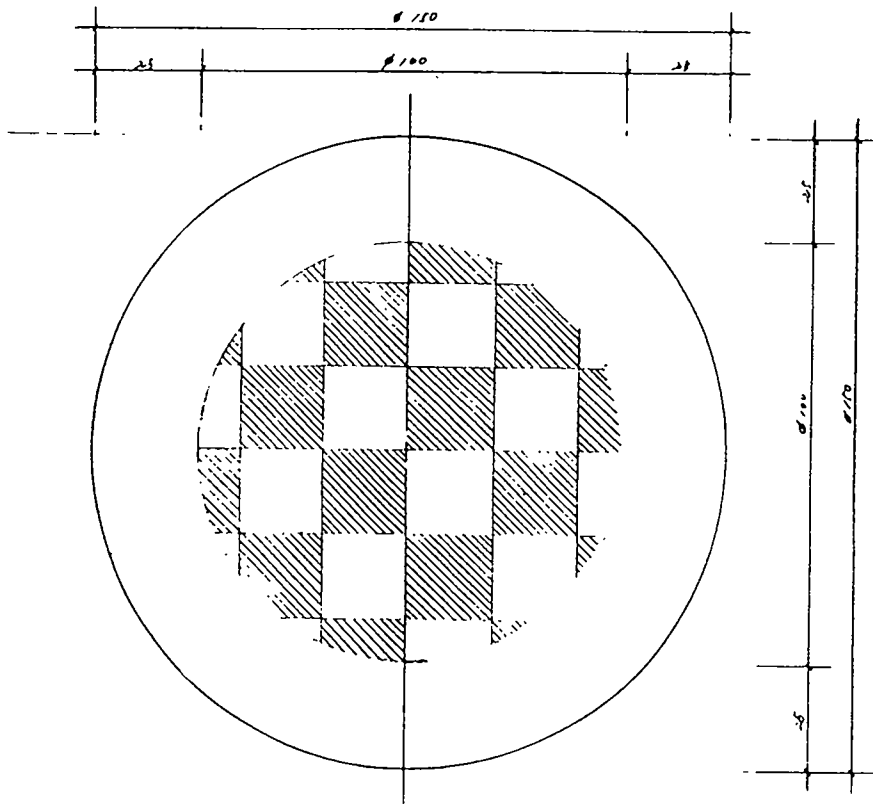
FRONT & SIDE-VIEW



TOP-VIEW

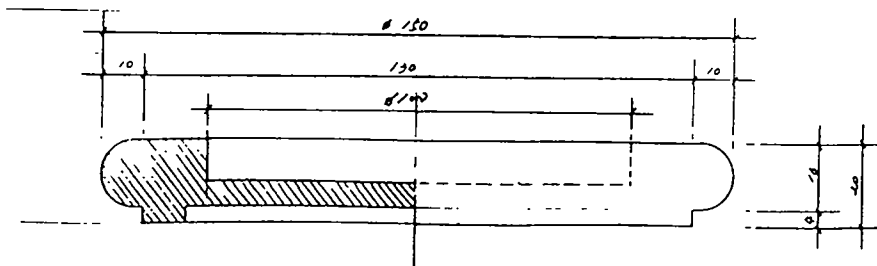


FRONT & SIDE-VIEW

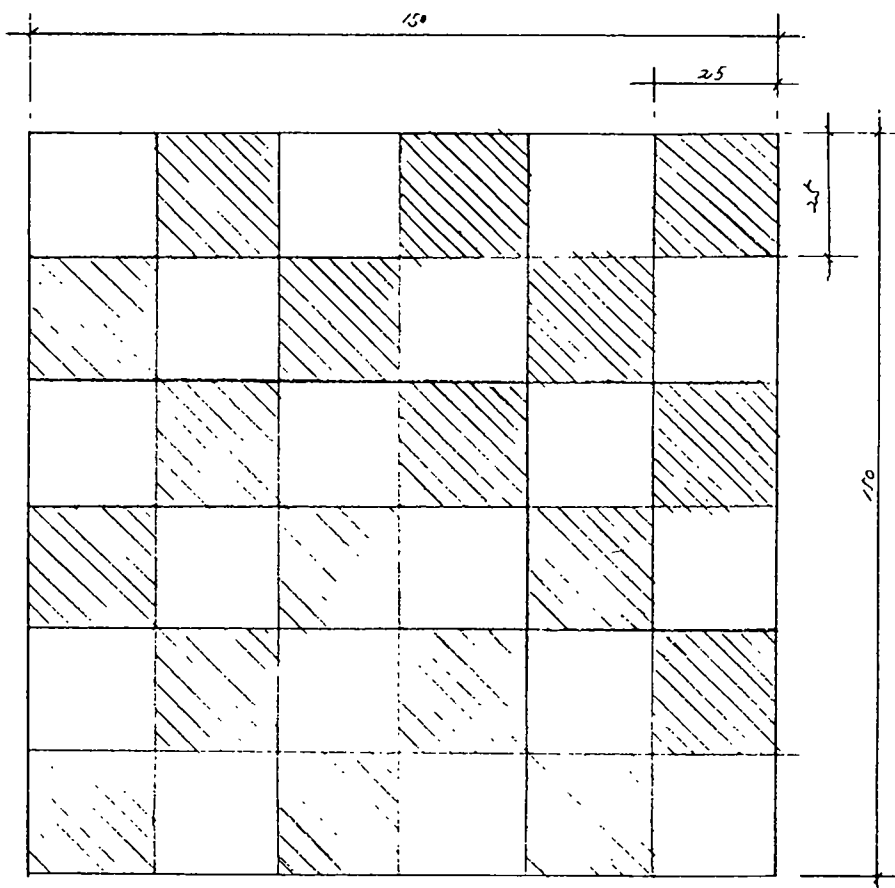


B-5

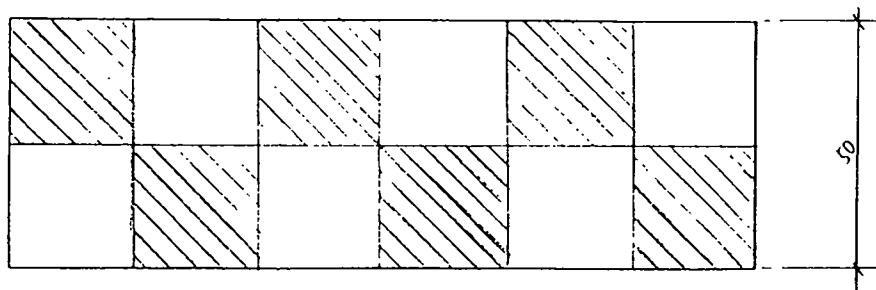
TOP-VIEW



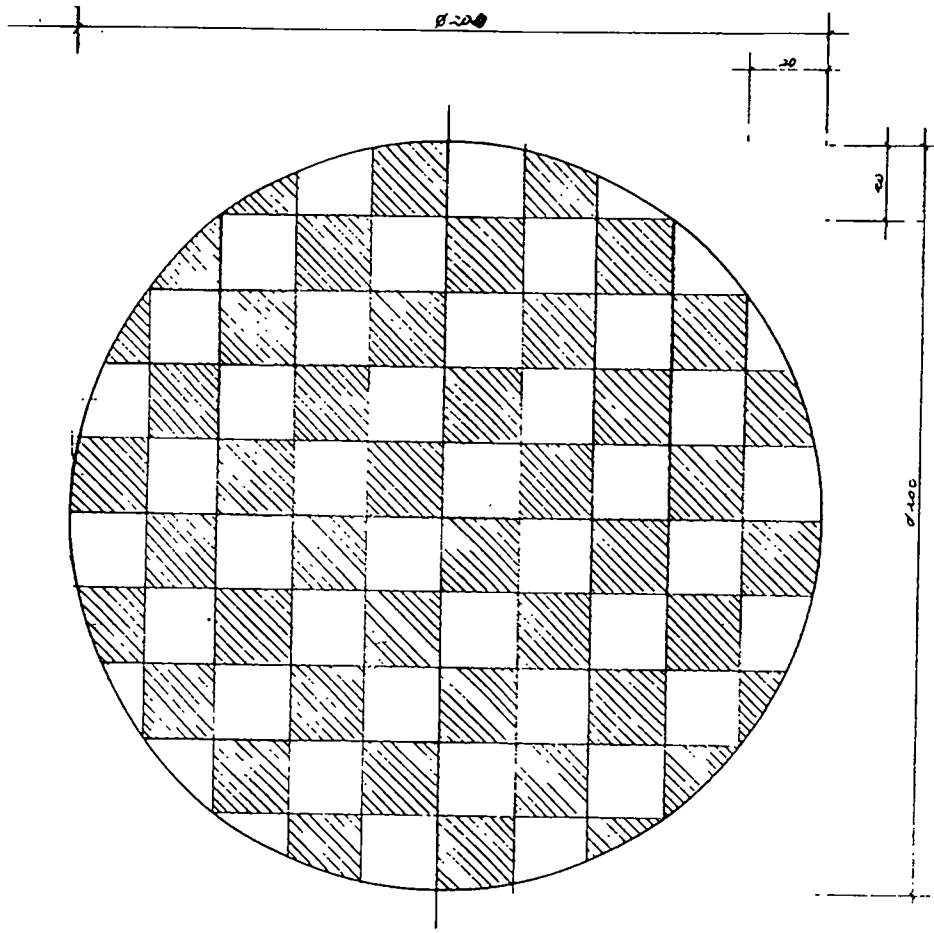
FRONT & SIDE-VIEW



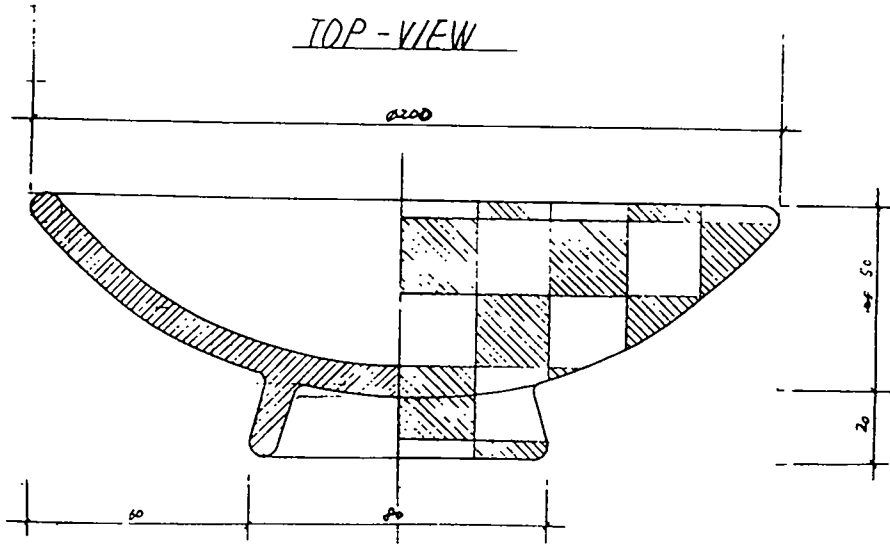
TOP - VIEW



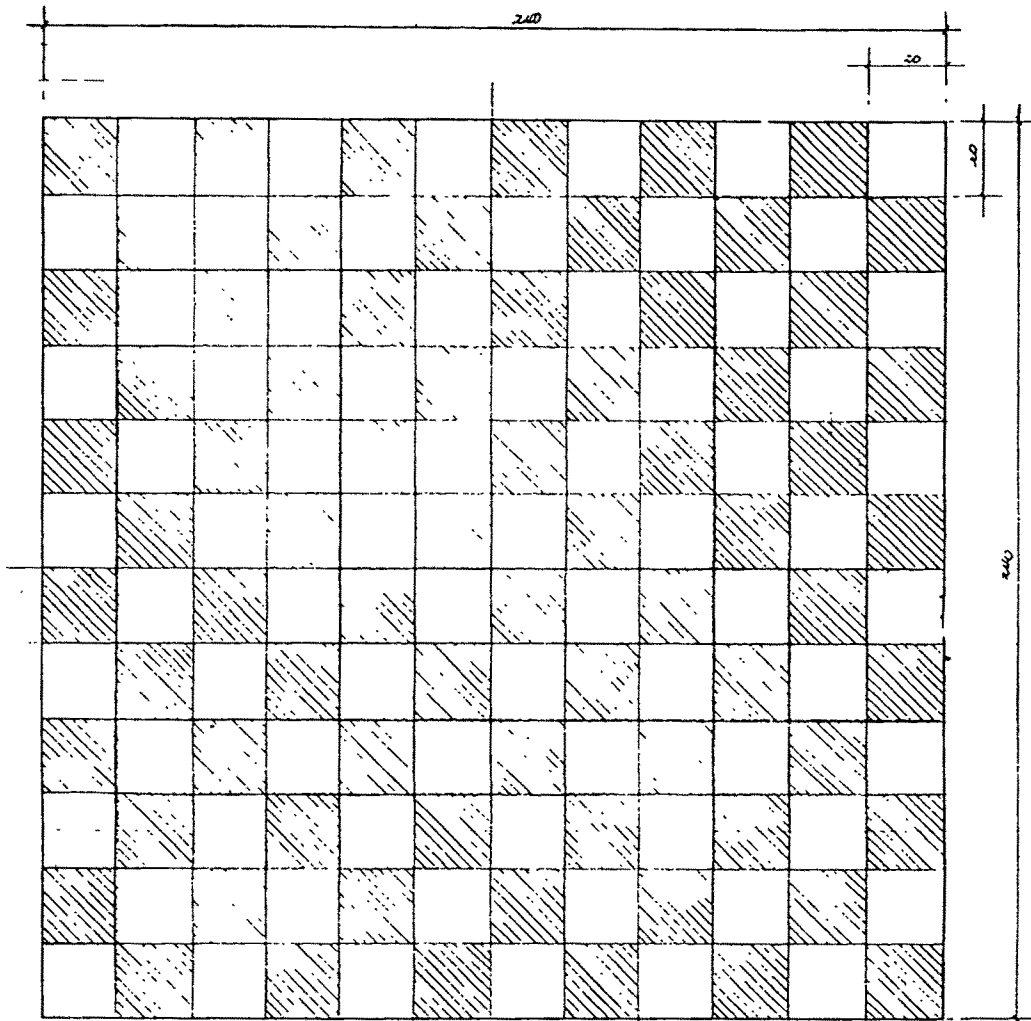
FRONT & SIDE - VIEW



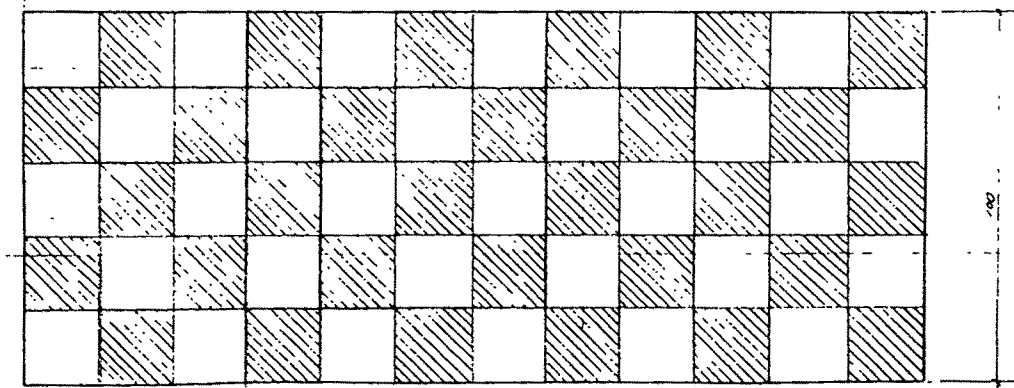
TOP - VIEW



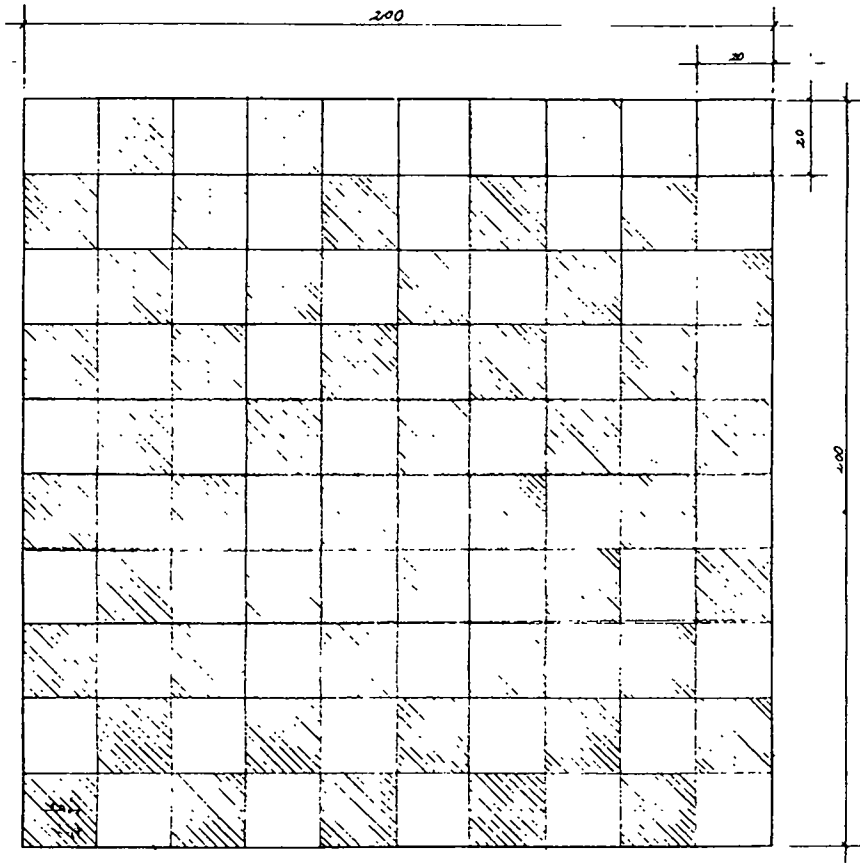
FRONT & SIDE - VIEW



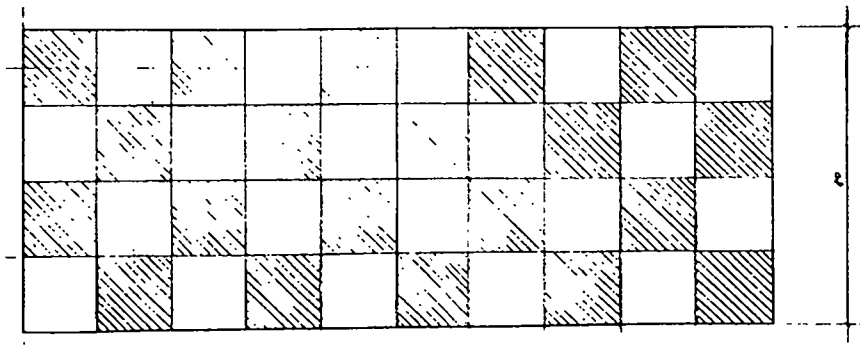
TOP-VIEW



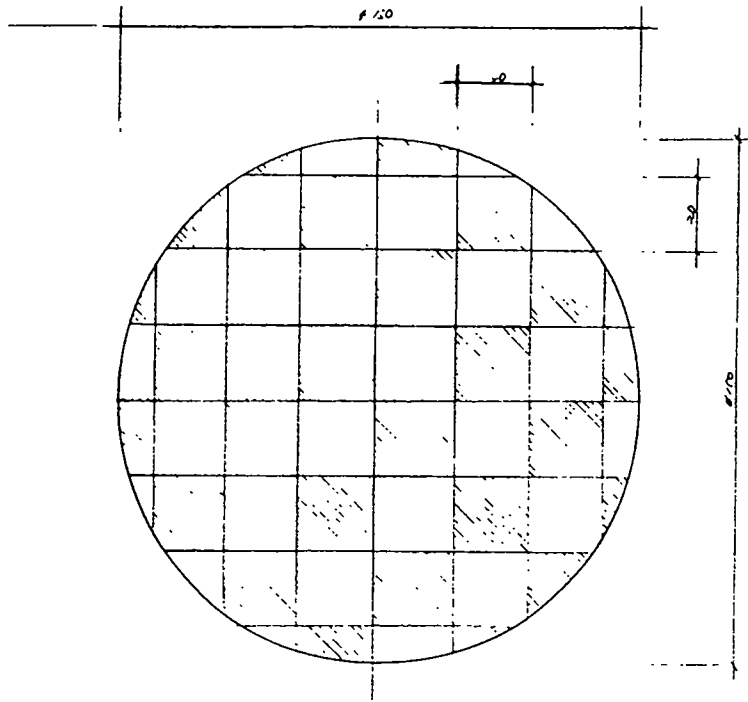
FRONT & SIDE-VIEW



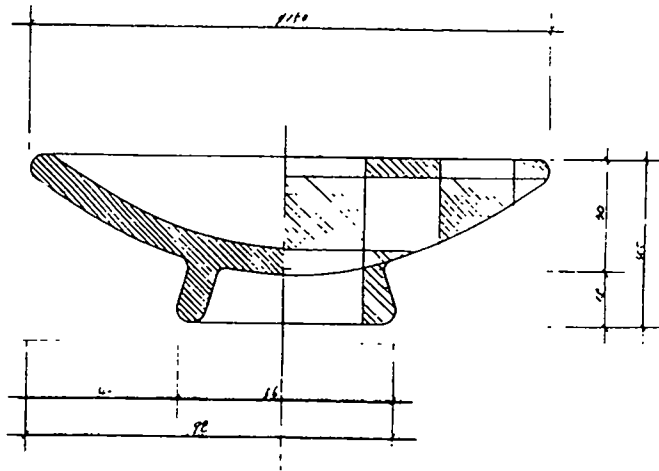
TOP-VIEW



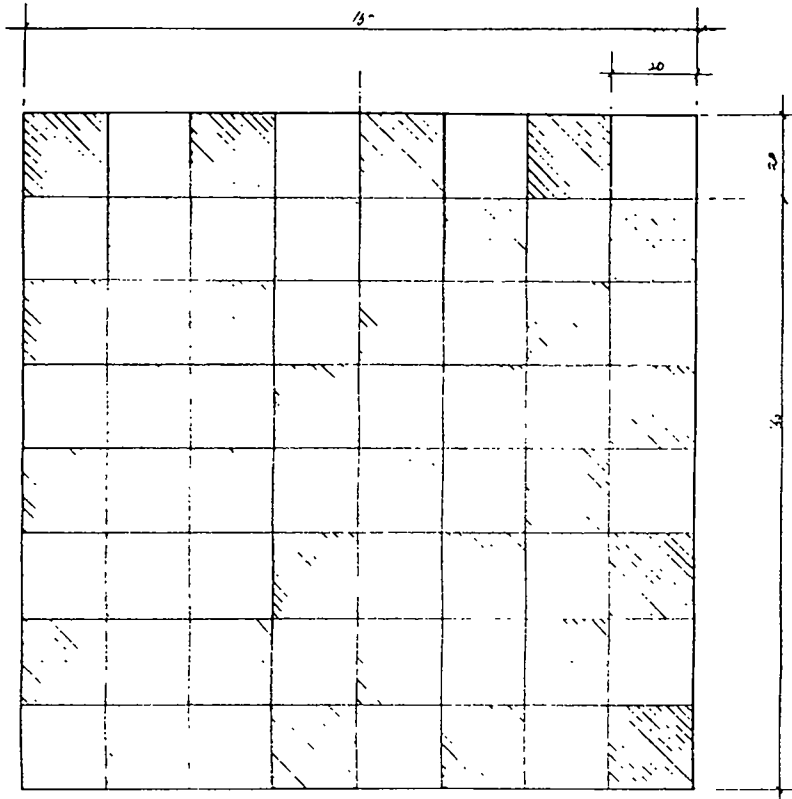
FRONT & SIDE-VIEW



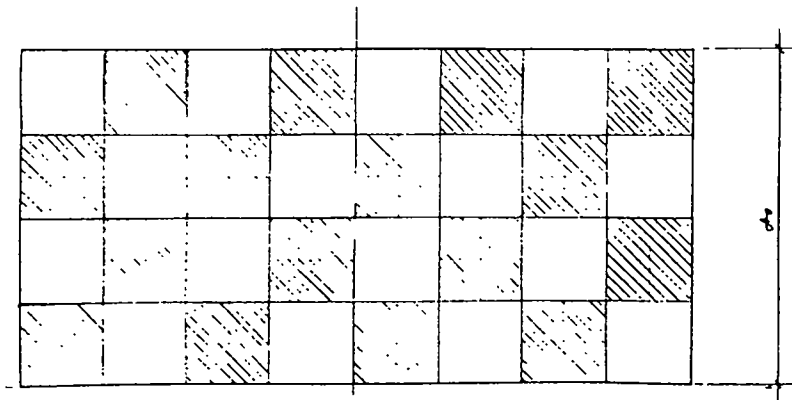
TOP - VIEW



FRONT & SIDE - VIEW



TOP - VIEW



FRONT & SIDE - VIEW

8. 함류 디자인

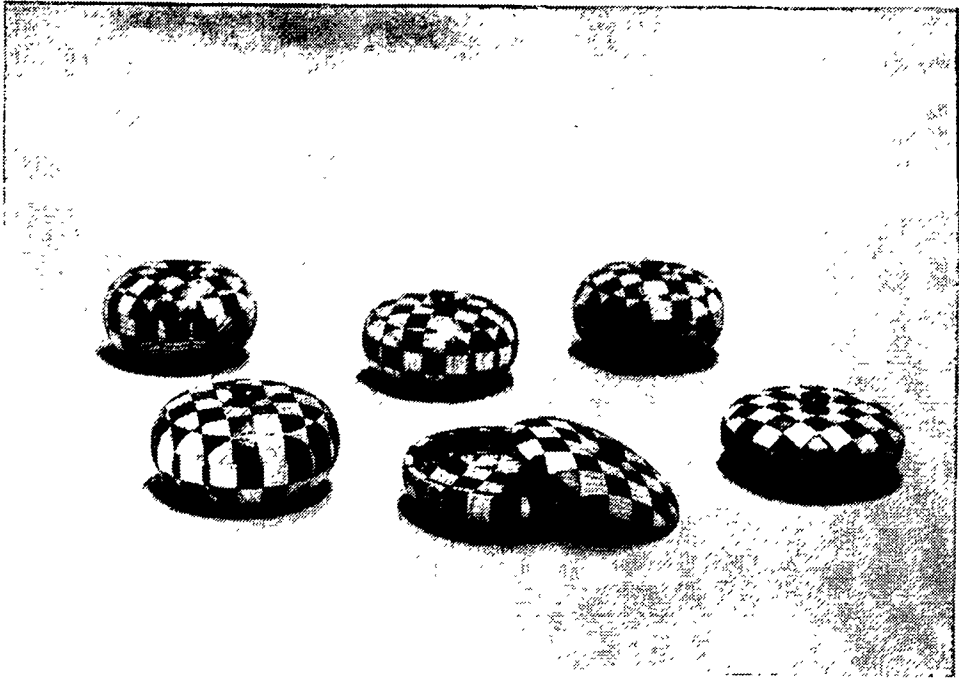
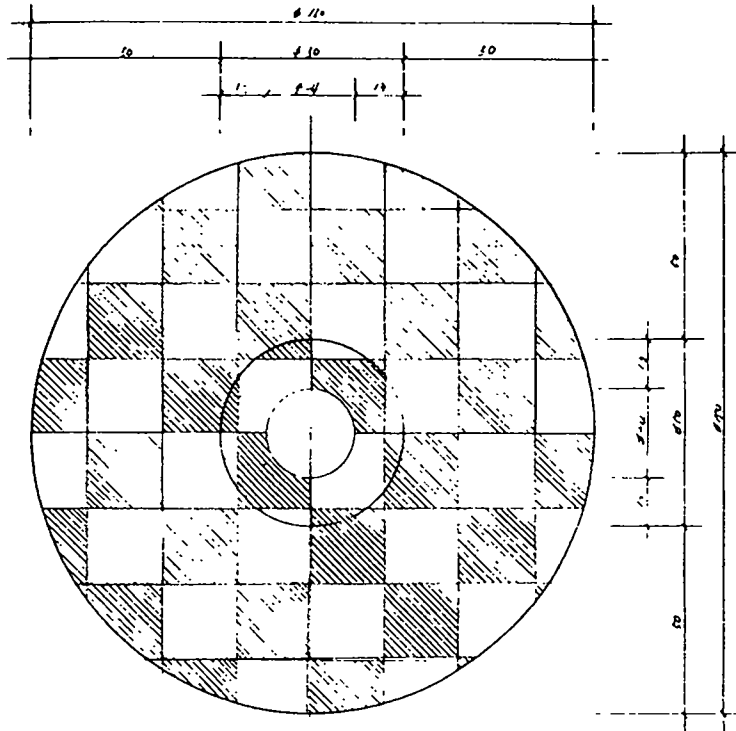
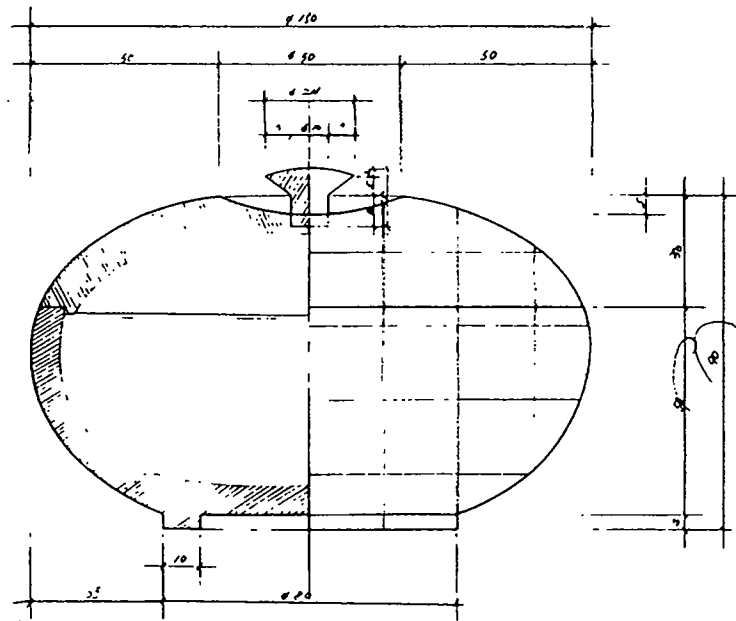


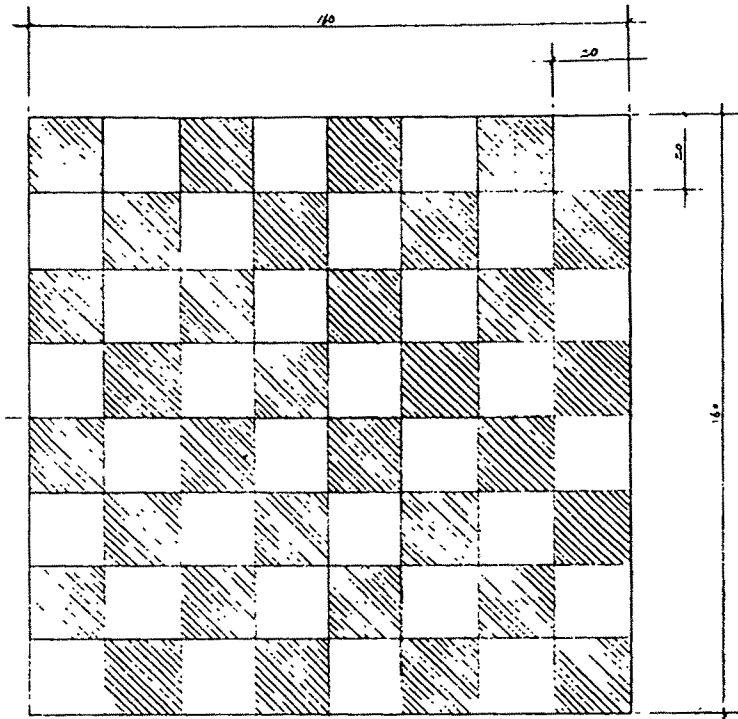
그림 5-8



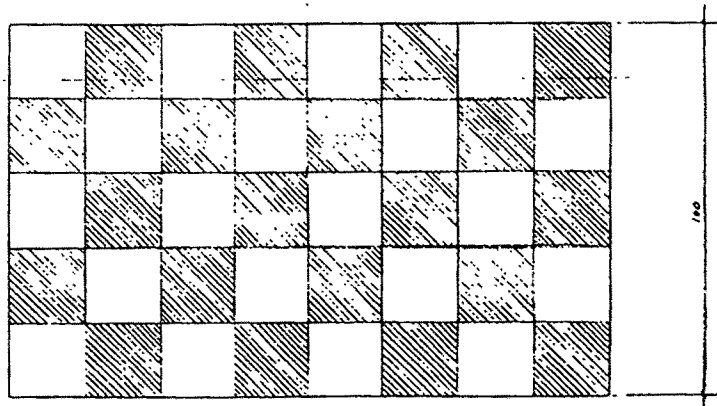
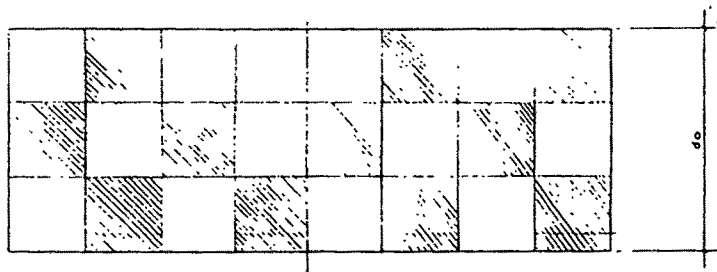
TOP-VIEW



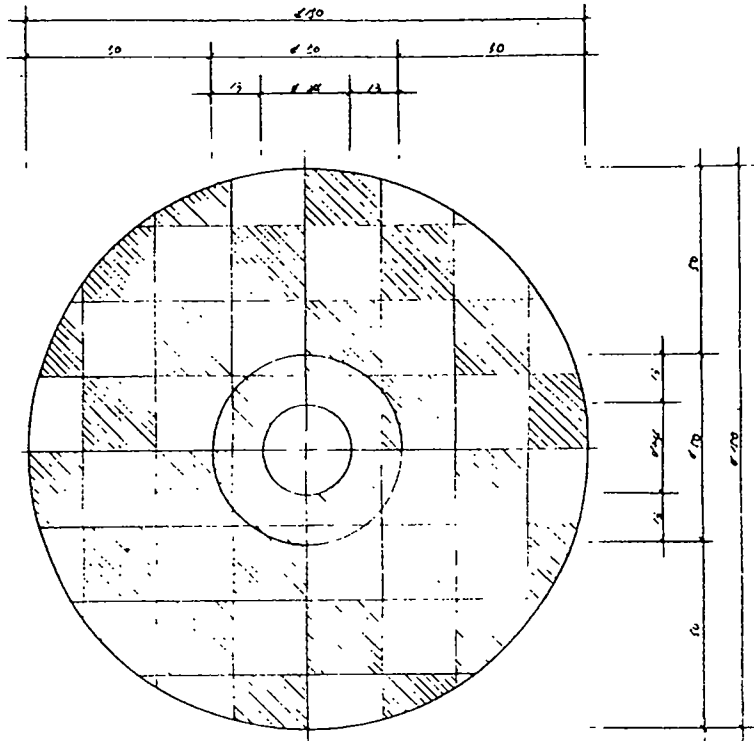
FRONT & SIDE-VIEW



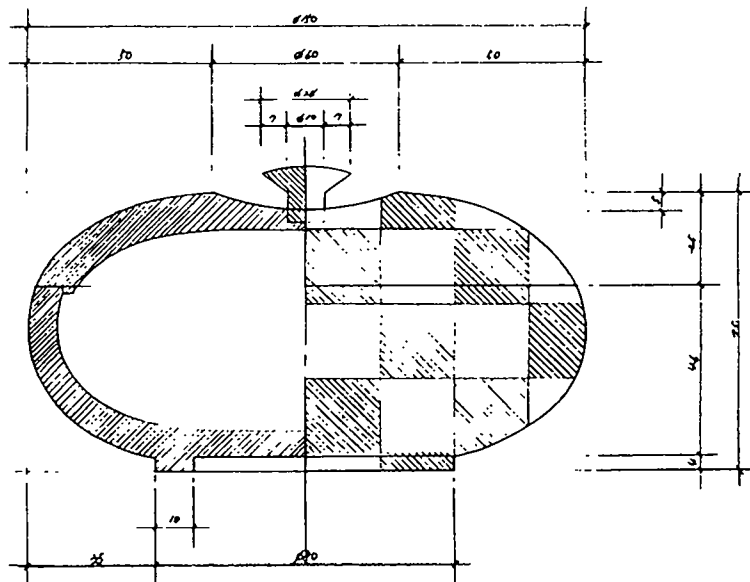
-TOP-VIEW-



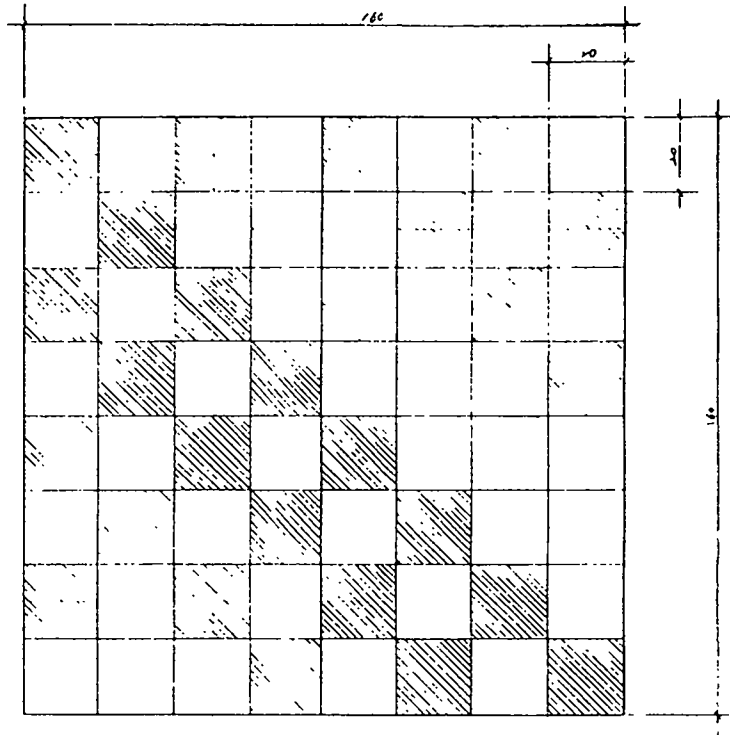
FRONT & SIDE-VIEW



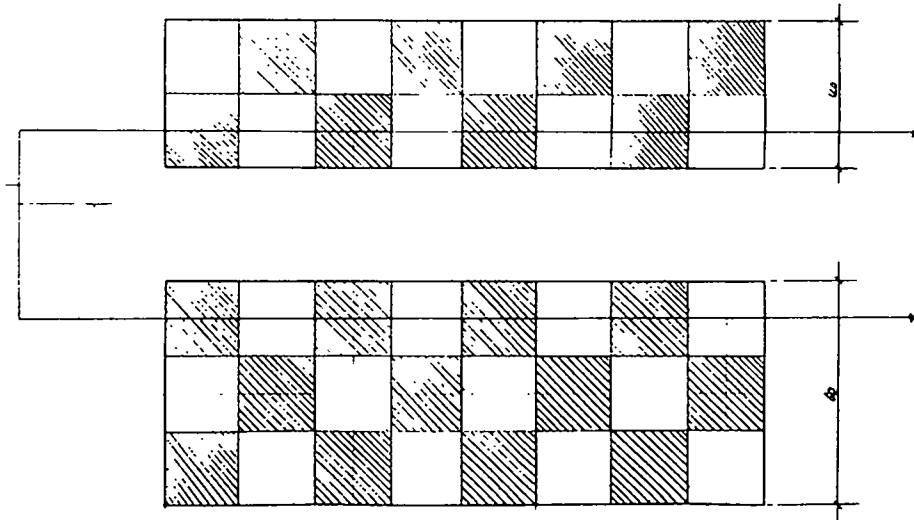
TOP - VIEW



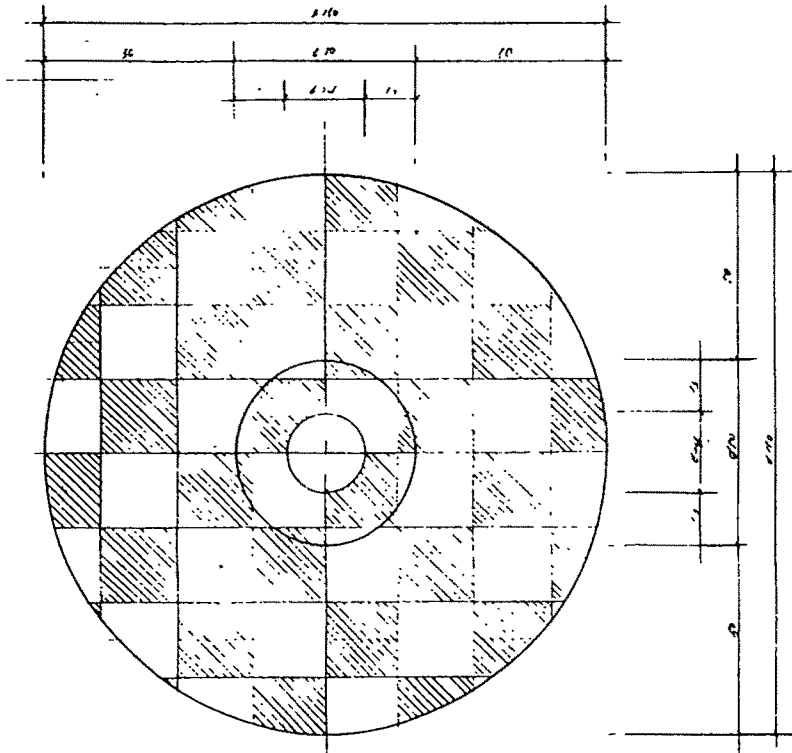
FRONT & SIDE - VIEW



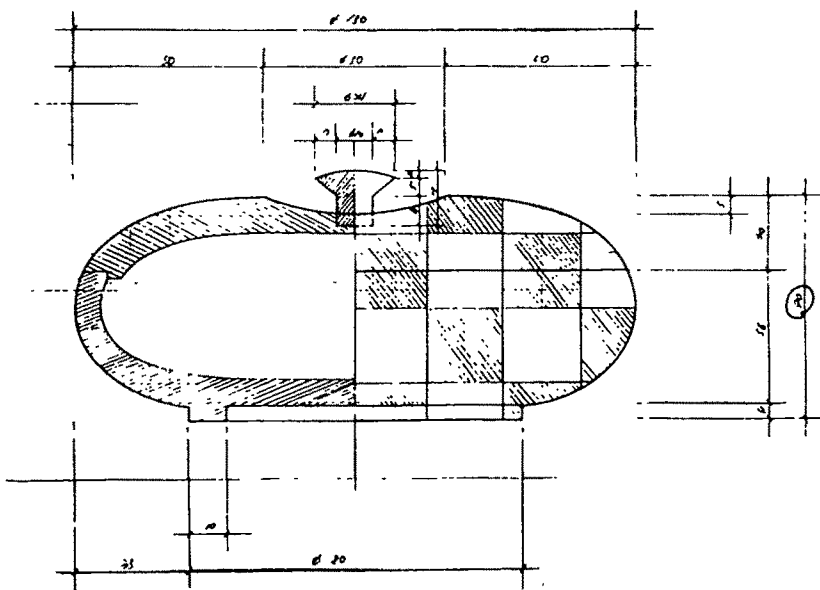
TOP - VIEW



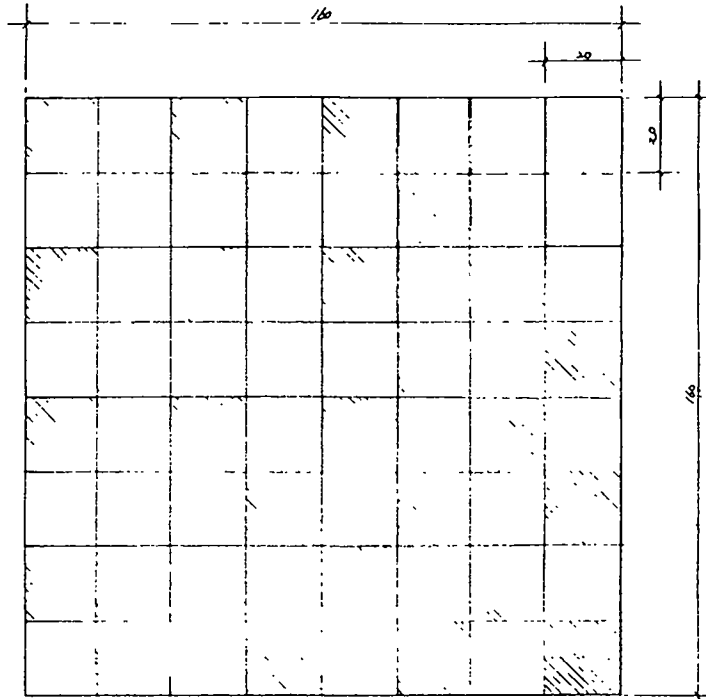
FRONT & SIDE - VIEW



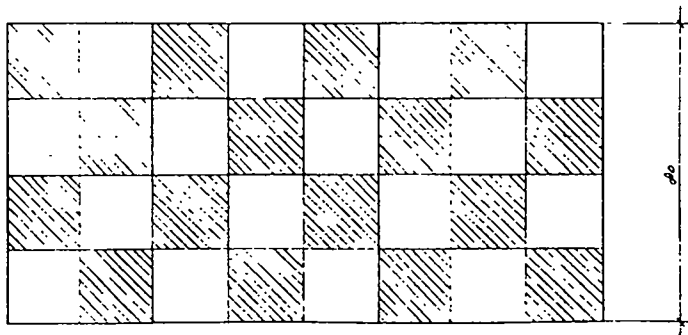
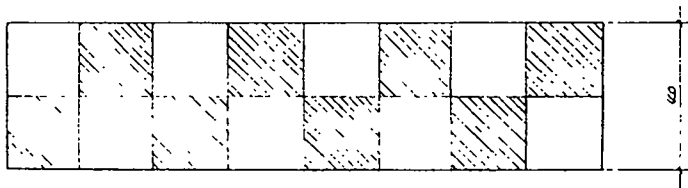
TOP-VIEW



FRONT & SIDE-VIEW



TOP - VIEW



FRONT & SIDE-VIEW

9. 일력 디자인

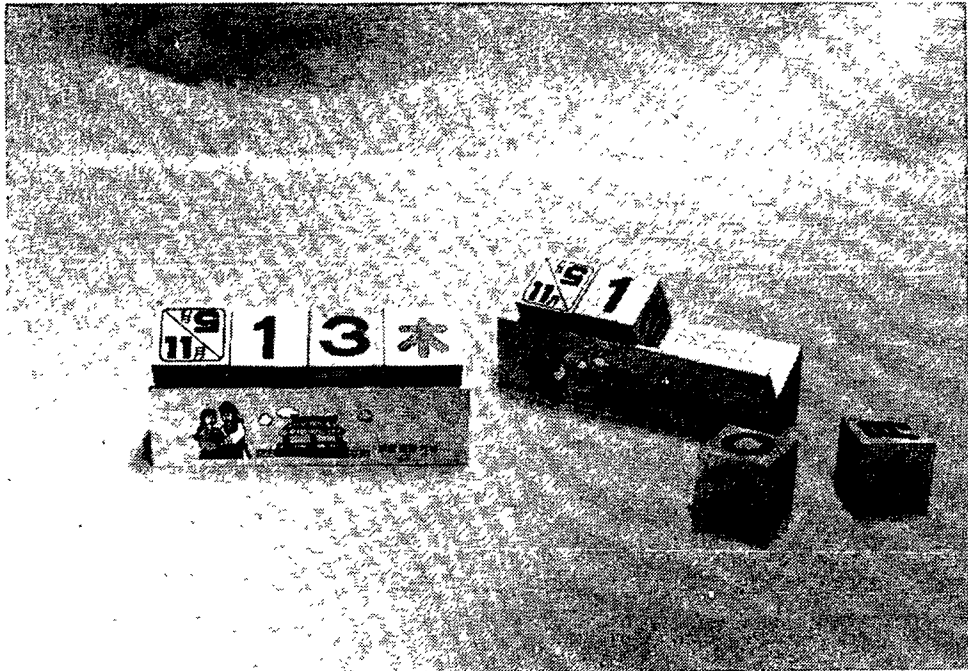
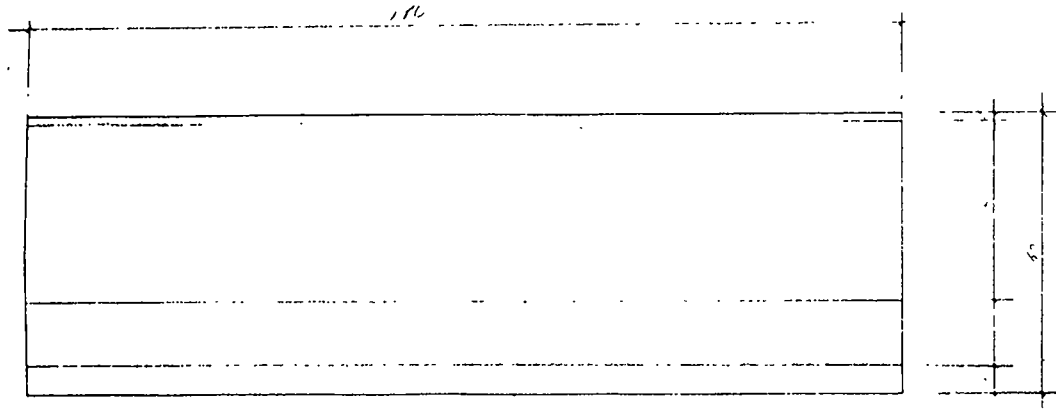
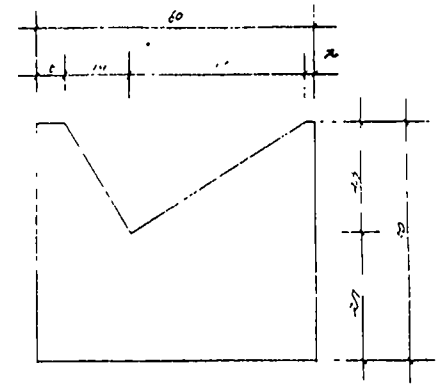
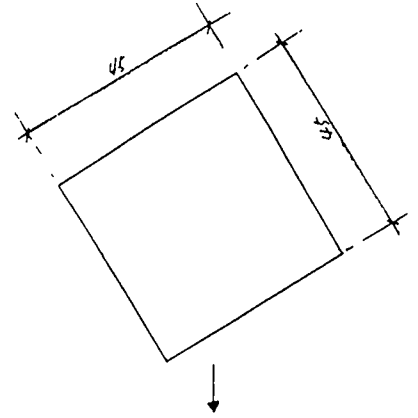


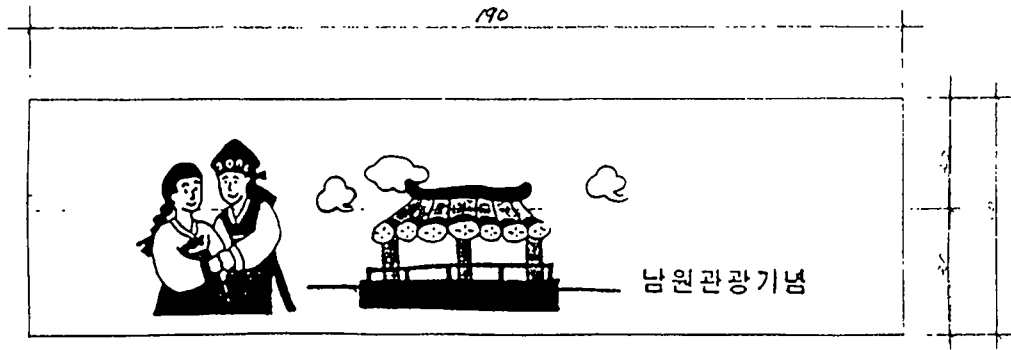
그림 5-9



TOP-VIEW

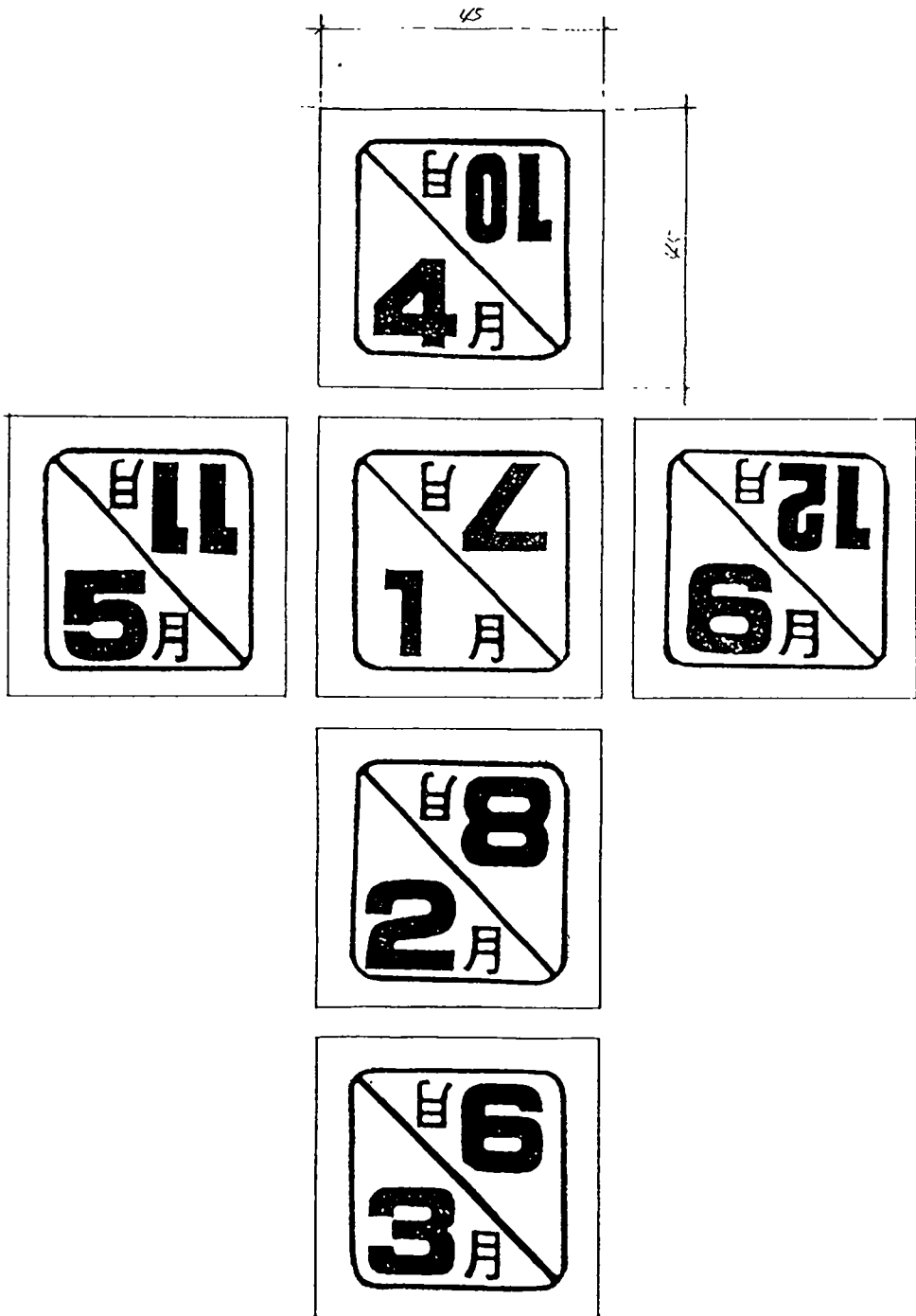


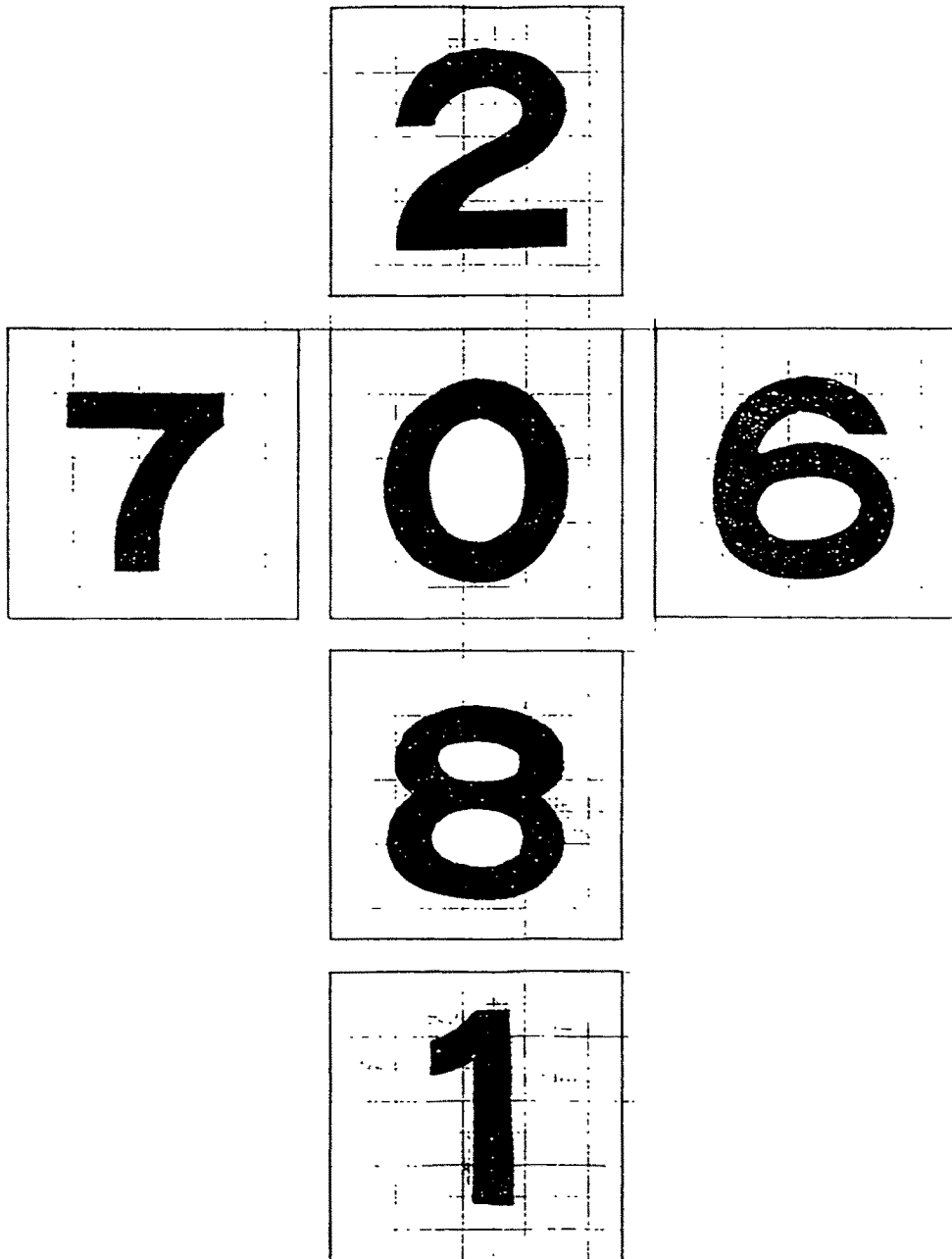
SIDE-VIEW

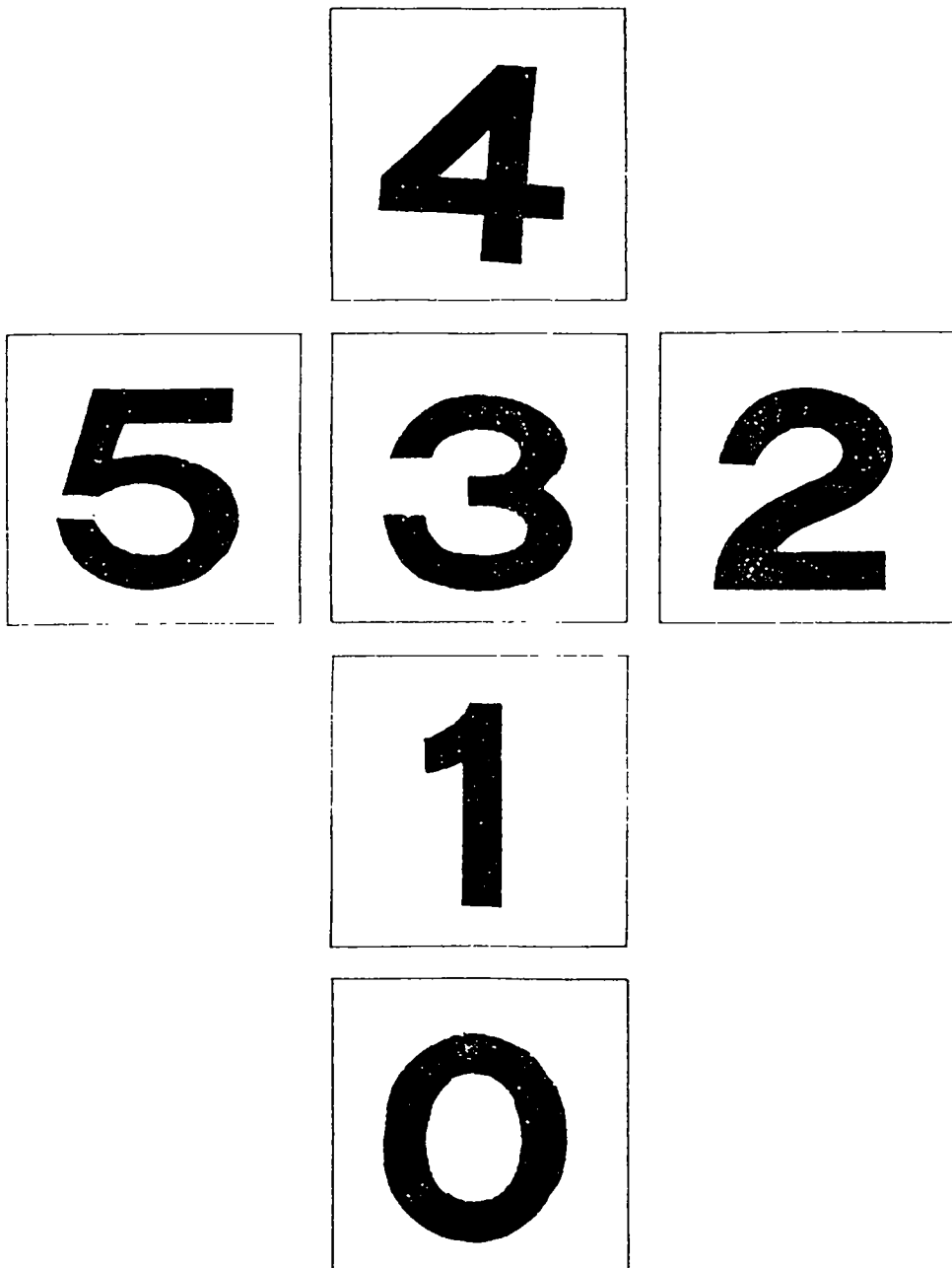


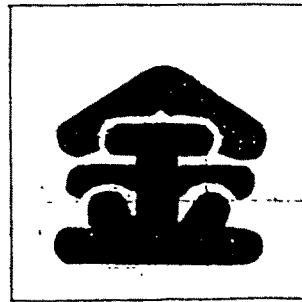
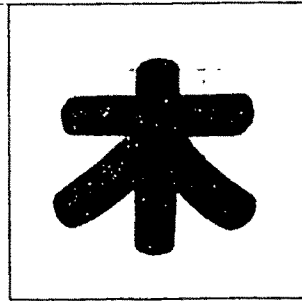
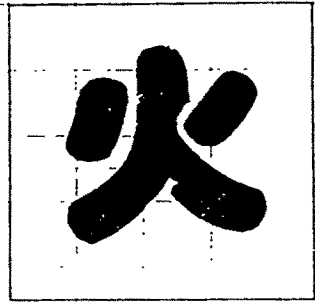
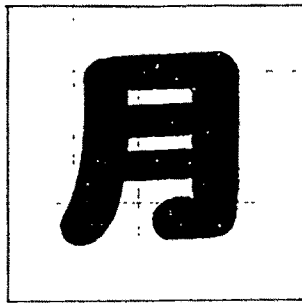
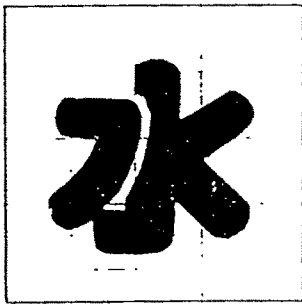
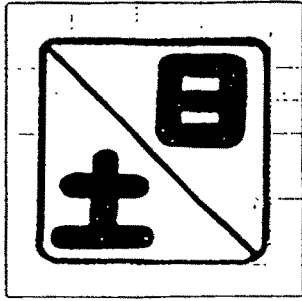
FRONT-VIEW

일력디자인 정육각형 전개도









10

5

0

5

10. 화병 디자인

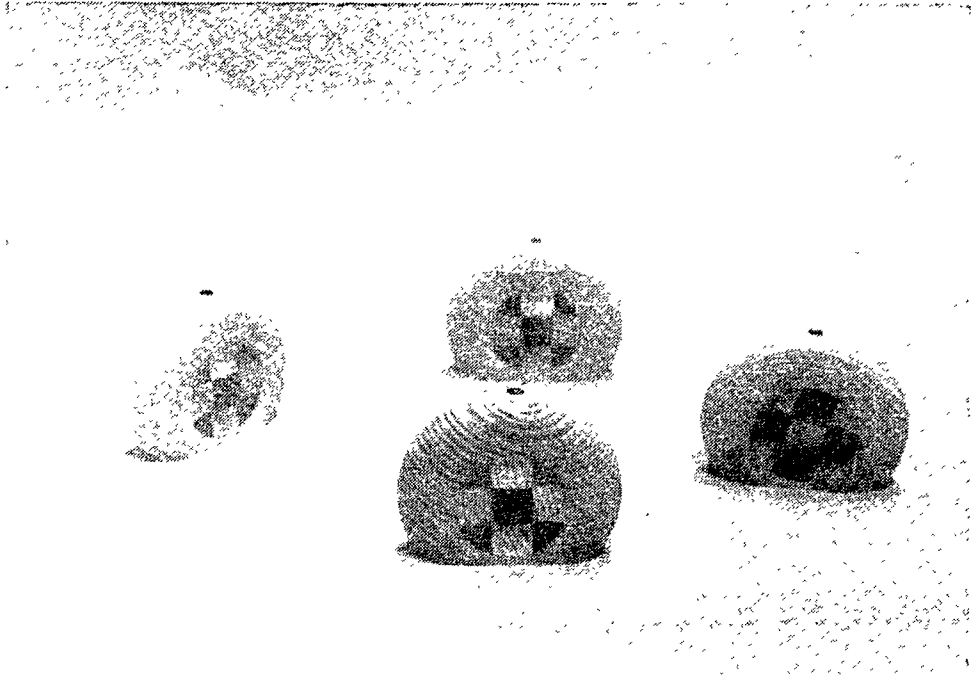
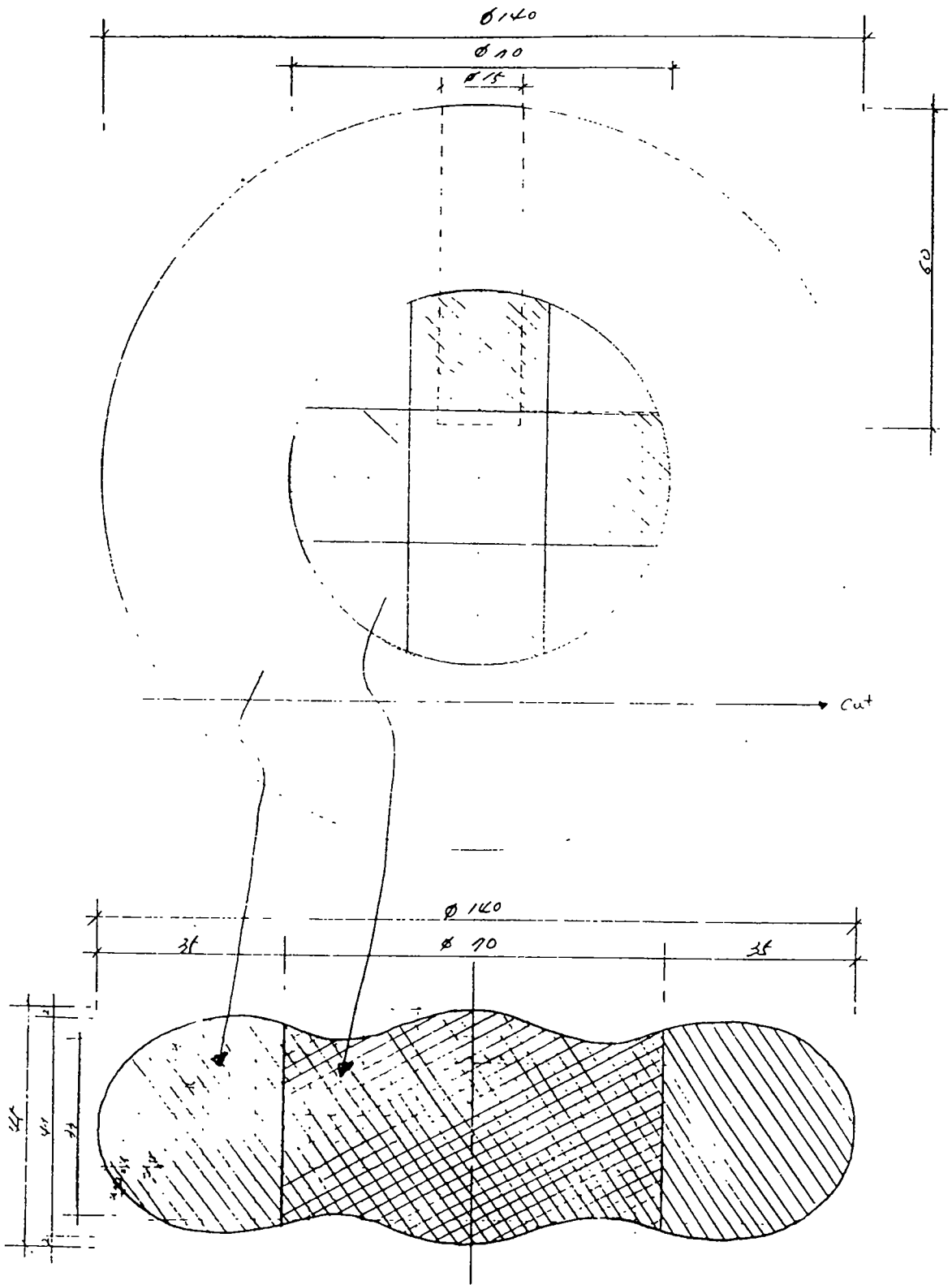
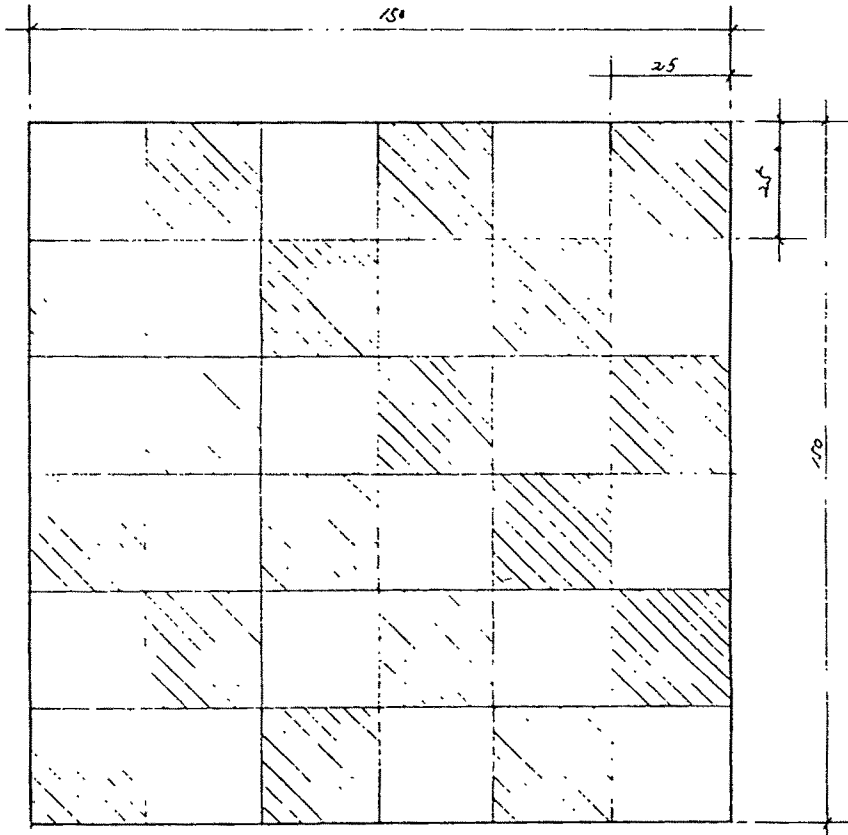
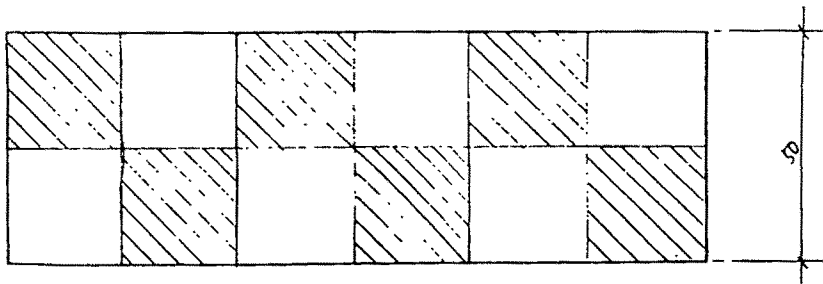


그림 5-10





TOP VIEW



FRONT & SIDE VIEW

11. 연필꽃이 디자인

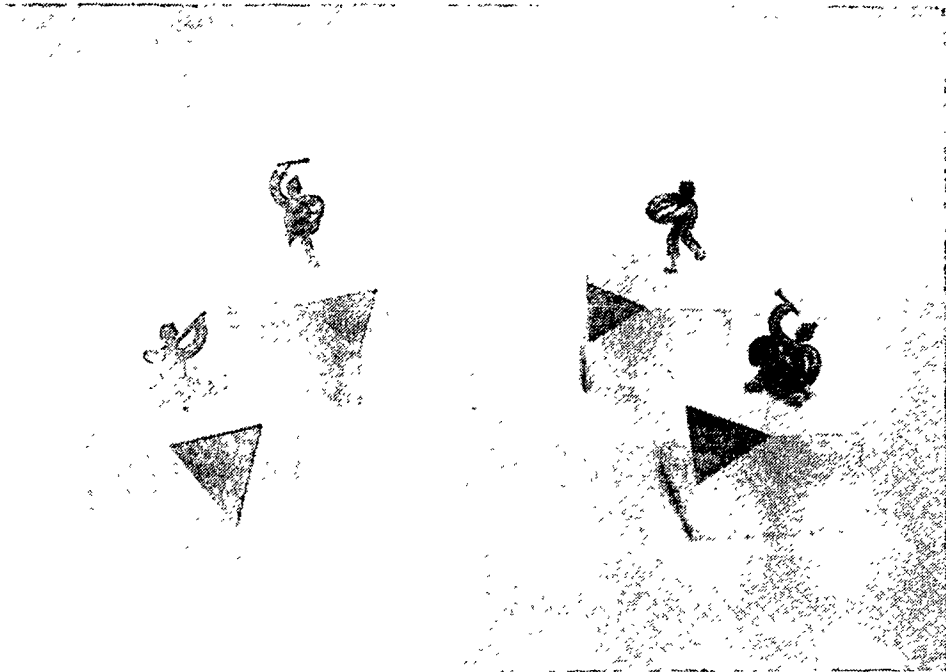
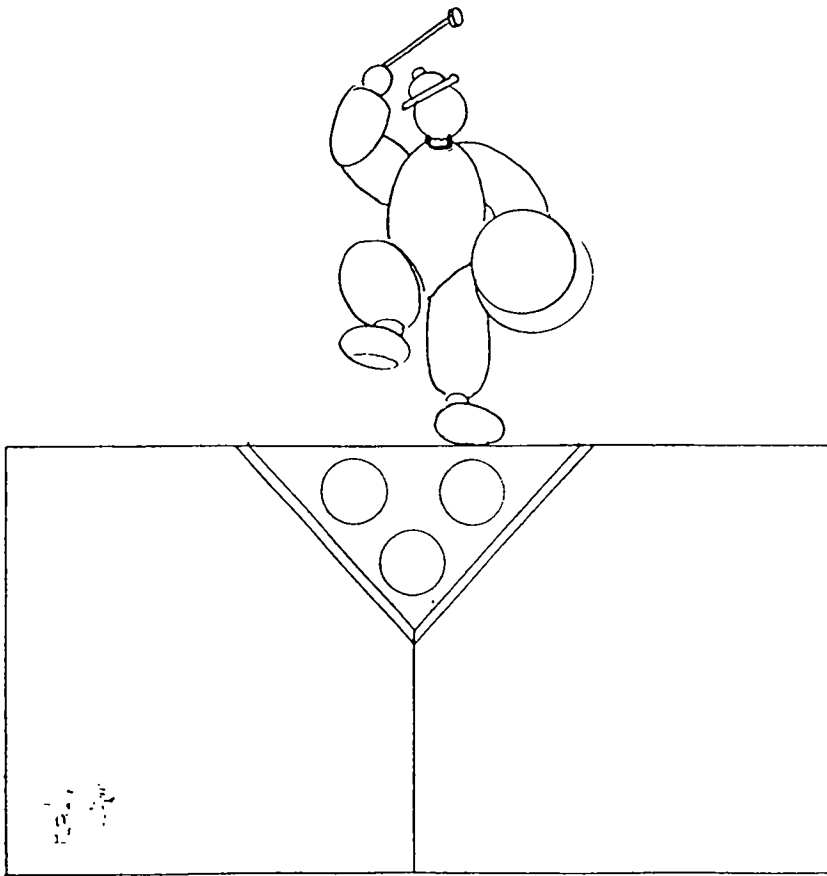
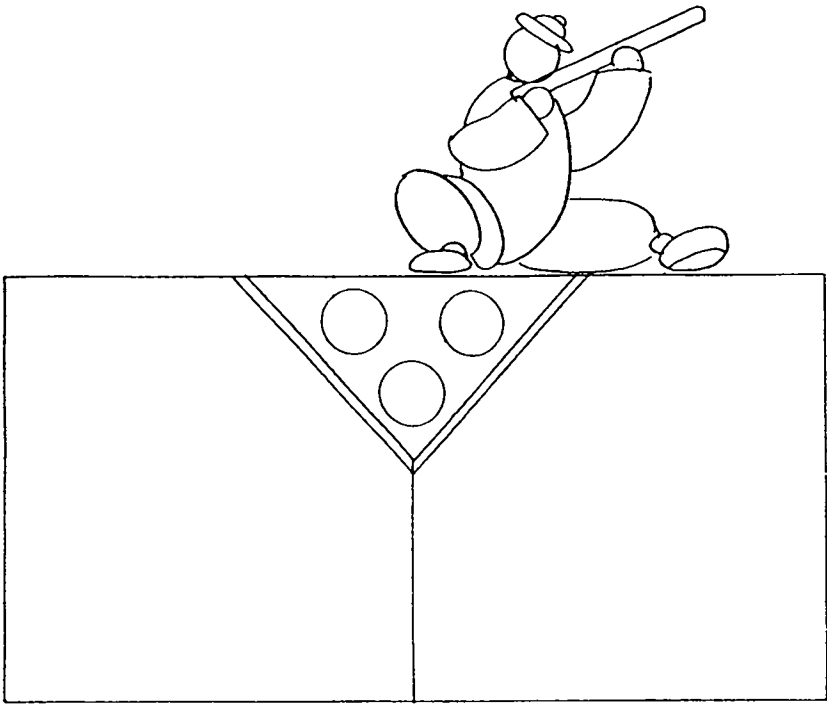
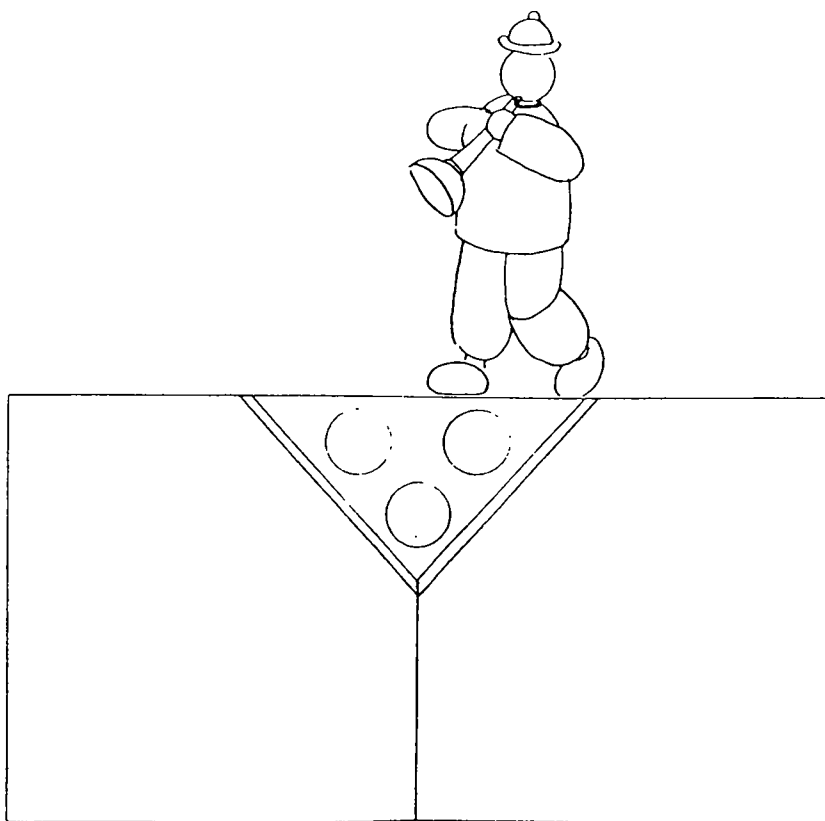
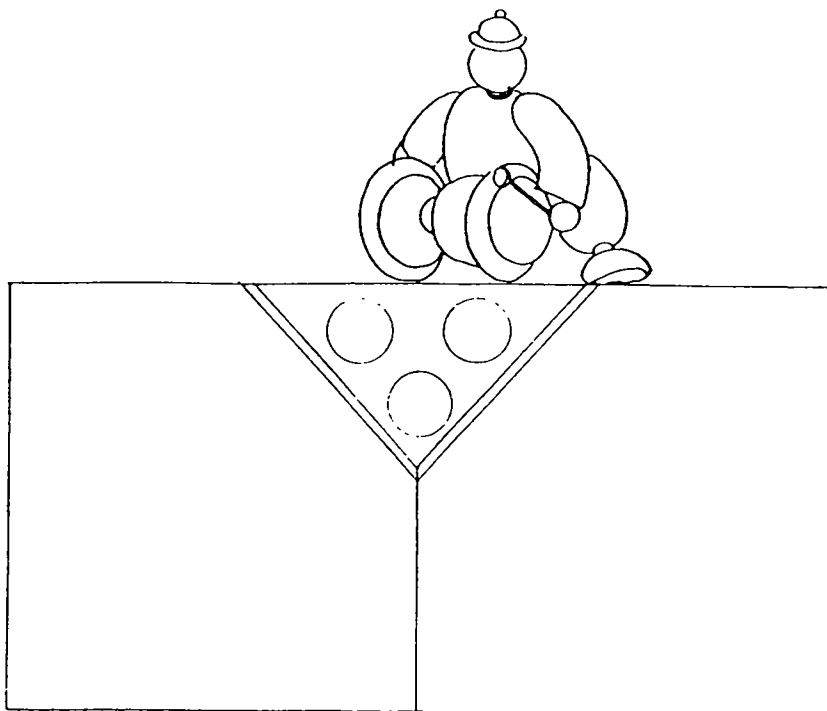
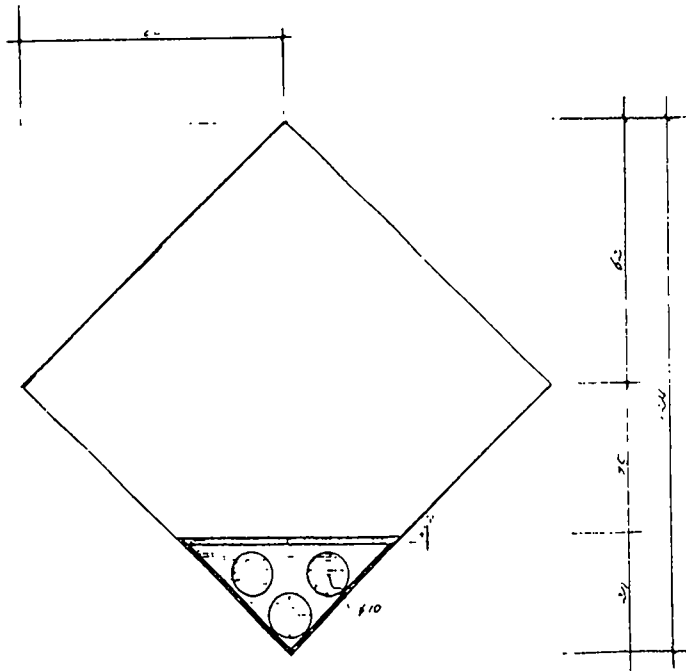


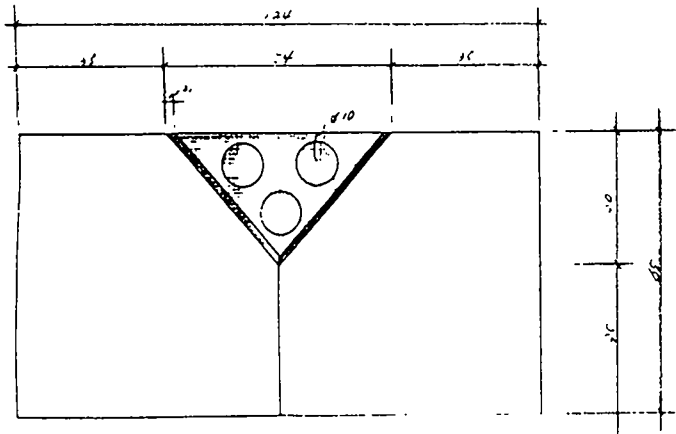
그림 5-11



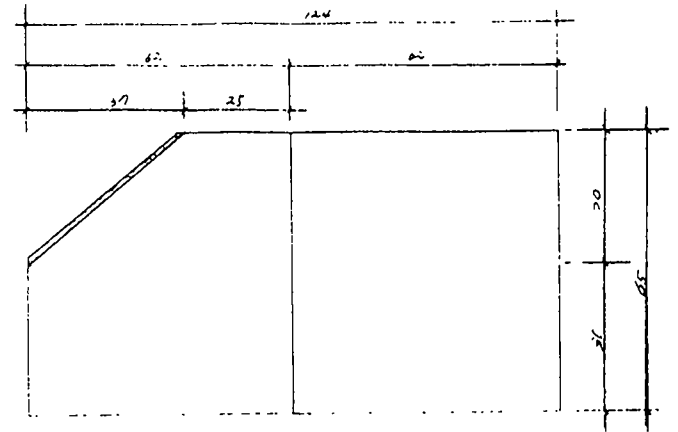




TOP-VIEW



FRONT-VIEW.



SIDE-VIEW

제 5 절 결 론

지리산 지역 목공예 제조업체는 옛부터 전통 목공예의 본산으로 인식된 곳이다. 그러나, 근래 들어 생산 품목의 획일성과 목기 수요의 감소 그리고 산림 환경의 변화로 다른 곳과 같이 어려움을 맞게 되었다. 특히 관광 남원의 지역적 특성을 살리지 못하는 디자인의 후진성과 재료의 안정적인 공급이나 대체수종의 개발은 자체적으로 해결하기에 어려운 문제가 아닐 수 없다.

따라서, 이러한 문제점은 시급히 개선되어 타지역 목공예품과 차별화와 특성화가 이루어야 침체된 지역 목공예 산업이 활성화되고 나아가 수출 유망 산업으로서의 경쟁력을 확보할 수 있을 것이다.

이와 같은 취지와 목적으로 목공예품의 특성화 디자인 개발을 3차년도에 걸쳐 연구한 결과 다음과 같은 몇 가지 결론을 추출 하였다.

1. 지역을 대표하는 목공예품 개발에는 소재의 개발이 대단히 중요하다.
2. 신제품과 새로운 모델 그리고 품종의 다양화가 계속해서 연구 개발되어야 경쟁력이 생성될 수 있다.
3. 목재의 건조방법을 개선시키면 침엽수 간벌재도 공예용 재료로 활용할 수 있고, 활엽수의 경우에도 수율을 높일 수 있다.

[부 록]

설문 1 일반인 조사

안녕하십니까, 본 조사는 지리산 지역과 남원 지역 관광사업에 도움을 줄 수 있도록 관광단지에서 제작, 판매되는 목재 토산품과 목공예품을 연구하고자 합니다. 본 자료는 본 연구목적이외에는 어떤 용도로도 사용하지 않을 것을 약속드리며 정확하게 응답을 하여 주시기 바랍니다.

1995. 10. 전북대학교 예술대학 미술학과
임 승 택 교수

1. 귀하께서는 '지리산' 하면 가장 생각나시는 것을 중요도 순위로 3가지만 고르시오.

- | | | | |
|----------|-----------------|----------|-------|
| ① 실상사 | ② 쌍계사 | ③ 화엄사 | ④ 문수사 |
| ⑤ 천은사 | ⑥ 연곡사 등의 사찰과 보물 | ⑦ 노고단 | |
| ⑧ 피아골, | ⑨ 정령치고개, | ⑩ 고사목 지대 | |
| ⑪ 남원 광한루 | ⑫ 남원 운봉 목기 | ⑬ 지리산 온천 | |

2. 귀하께서는 '남원' 하면 생각나시는 것을 우선 순위로 2가지만 고르시오.

- ①광한루() ②춘향전() ③흥부전() ④지리산()
⑤운봉 목기() ⑥남원의 국악원() ⑦기타_____

3. 귀하께서는 지리산의 목재토산품이나 목공예품을 산다면 가장 갖고 싶은 2가지를 고르시오.

- ①춘향과 관련된 것() ②흥부전과 관련된 것()
③지리산의 생태계와 관련된 것() ④남원의 전통 제기(목기)()
⑤지리산에 소재한 사찰과 관련된 것() ⑥국악과 관련된 것()
⑦기타_____

4. 귀하께서 이 밖에 지리산에서 꼭 갖고 싶은 선물이 있다면 무엇입니까?

5. 귀하께서 토산품 구입시 중요시 하는 점은 무엇입니까?

- ①모양(형태)() ②용도(쓰임새)() ③가격()
④부피나 무게() ⑤재료() ⑥내구성(오래쓰는 정도)()
⑦전통미나 향토성() ⑧기타_____

6. 일반인들에게는 보통 선물 1개의 가격이 어느 정도가 알맞겠습니까?

- ①3천원 이하() ② 3천원이상 5천원미만() ③5천원이상 만원미만()
④만원이상 2만원미만() ⑤ 2만원이상 () ⑥기타_____

7. 선물의 용도는 무엇입니까?

- ①주방용() ②사무용 또는 문방용() ③장식용() ④화장용()
⑤일상용품() ⑥기타_____

8. 귀하께서 선물을 주고 싶은 상대는?

- ①아동() ②청소년() ③남성성인() ④여성성인() ⑤노년()

9. 선물의 크기는 대략 어느 정도가 좋겠습니까?

- ①손크기보다 작게() ②귀하의 손크기 ③손크기의 2배()
④손크기의 3배() ⑤손크기의 4배이상()

10. 우리 지역에서 생산되는 토산품이나 목공예품에 손색이 있다면 해당되는 것을 있는대로 고르시오.

- ①고급스럽지 않다()
②정교하게 제작되지 않았다()
③지역적 특색이 표현되지 않았다()
④품종이 다양하지 않다()
⑤제품의 질에 비해 값이 비싸다()
⑥타지역의 제품과 차별성이 없다()

11. 귀하의 생각에 우리 지역에서 생산되는 토산품이나 목공예품의 스타일은 어떻습니까?

- ①현대적이다() ②어느쪽도 아니다() ③전통적이다()

12. 귀하께서는 지리산 지역이나 남원 지방에서 생산되는 토산품의 판매증대를 위해 해결해야 할 점은 무엇이라고 생각하십니까?

- ①전통미와 지역적 특성 표현()
②품질고급화()
③품종의 다양화()
④타지역과의 제품의 차별화()
⑤정교한 표면처리()
⑥기타_____

13. 귀하께서는 지리산 지역이나 남원 지방에서 생산되는 토산품이나 목공예품의 색상에 대해서는 어떻게 생각하십니까?

- ①너무 어둡다() ②어둡다() ③적당하다() ④밝다()
⑤너무 밝다()

14. 귀하께서 다음 품목중 갖고 싶은 것 2개만 고른다면 어느 것이 되겠습니까?

- ①아동용 퍼즐() ②장식용 시계() ③장식용 나무인형() ④장식용 촛대()
⑤목기() ⑥다반류() ⑦소반류() ⑧기타_____

우리나라 목기, 제기 수요의 상당량을 차지하는 남원산 목기(제기세트(32개-37개), 소반류, 다반류)에 관한 내용입니다.

15. 귀하께서는 남원 목기의 품질에 대하여 어떻게 생각하십니까?

- ①타지역의 목기와 다른 점이 없다(
②타지역의 목기와 다른 점이 있다()
다른 점이 있다면 무엇이라고 생각하십니까?
①형태(디자인)() ②전통미() ③재료() ④마감칠() ⑤기타_____

16. 귀하께서는 목기의 형태나 모양을 어떻게 생각하십니까?

- ① 전통적인 재래식 모양이 좋은 것 같다()
- ② 현대인의 생활 양식과 정서에 알맞도록 개선해야 한다()
- ③ 전통적인 형태를 바탕으로 현대인의 정서에 부합되도록 부분적 변화를 줘야 한다()
- ④ 잘 모르겠다()

17. 귀하께서는 목기의 색상은 어떻게 생각하십니까?

- ① 전통적인 재래식 색상이 좋은 것 같다()
- ② 현대인의 생활양식과 정서에 알맞도록 개선해야 한다()
- ③ 전통적인 색상을 바탕으로 현대인의 기호에 적합하도록 부분적 변화를 줘야 한다()
- ④ 잘 모르겠다()

18. 귀하께서는 목기의 제작시 재료사용에 대하여 어떻게 생각하십니까?

- ① 재래식방법으로 원목으로만 제작해야 한다()
- ② 원목과 합판 또는 무늬목(단판)을 혼합사용해야 한다()
- ③ 원목을 더욱 여러가지 방법으로 접합 또는 접목을 사용해야 하고 필요한 부분에는 합판이나 무늬목을 사용할 수 있다()
- ④ 잘 모르겠다()

19. 그 밖에 남원산 목기의 수요증대를 위하여 덧붙이고 싶은 말씀은 무엇입니까?

설문 2 남원방문 관광객 조사

1. 다음 항목은 남원과 관련된 것들입니다. 귀하께서 좋아하는 2-3개를 고르신다면?

- ① 춘향전() ② 흥부전() ③ 국악() ④ 광한루()
- ⑤ 지리산() ⑥ 목기() ⑦ 기타_____

2. 귀하께서 남원 관광후 다음의 목재 토산품이나 목공예품을 살 수 있을 때 가장 갖고 싶은 것 2가지를 고르다면?

- ①춘향전과 관련된 것() ②홍부전과 관련된 것()
- ③국악과 관련된 것() ④광한루와 관련된 것()
- ⑤지리산과 관련된 것() ⑥운봉 목기와 관련된 것()
- ⑦기타_____

3. 귀하께서 남원에서 다음의 품종들을 살 수 있을 때 꼭 갖고 싶은 것 2개를 고르시오.

- ①목기() ②다반류() ③소반류()
- ④아동용퍼즐() ⑤장식용 시계() ⑥장식용 나무인형()
- ⑦장식용 촛대() ⑧기타_____

4. 귀하께서 이 밖에 남원 관광단지에서 꼭 갖고 싶은 선물이 있다면 무엇입니까?

5. 귀하께서 토산품 구입시 중요시 하는 점은 무엇입니까? 2개를 고르시오.

- ①모양(형태)() ②용도(쓰임새)() ③가격()
- ④부피나 무게() ⑤재료() ⑥내구성(오래쓰는 정도)()
- ⑦전통미나 향토성() ⑧기타_____

6. 선물의 쓰임새는 어느것이 적당하겠습니까?

- ①주방용() ②사무용품 또는 문방용품() ③장식용품() ④화장용품()
- ⑤일상용품() ⑥기타_____

7. 귀하께서 선물을 주고 싶은 상대는?

- ①자신이 사용() ②친구() ③가족() ④직장동료() ⑤기타_____

***귀하의 성별,연령대, 직업, 거주지 등을 기록해주시요.**

- 성 별 : 남 , 여
- 연 령 대 : _____ 대
- 직 업 :
- 거 주 지 :

설문 3 국립공원 지리산 방문 관광객 조사

1. 다음 항목은 국립공원 지리산과 관련된 것들입니다. 귀하께서 좋아하는 2-3개를 고르신다면?

- ①명찰(실상사, 쌍계사, 화엄사, 문수사, 천은사, 연곡사)과 관련된 것()
- ②노고단, 피아골, 정령치고개, 고사목지대, 천왕봉 등 등산코스()
- ③지리산의 생태계(동물 및 식물)()
- ④지리산 온천()
- ⑤기타_____

2. 귀하께서 국립공원 지리산 관광후 목재토산품이나 목공예품을 살 수 있을 때 가장 갖고 싶은 것은?

- ①명찰(실상사, 쌍계사, 화엄사...)과 관련된 것()
- ②노고단, 피아골, 정령치고개, 고사목지대, 천왕봉 등 등산코스과 관련된 것()
- ③지리산의 생태계와 관련된 것()
- ④지리산 온천과 관련된 것()
- ⑤기타_____

3. 귀하께서는 국립공원 지리산 주변의 토산품 판매소에서 판매하는 목재 토산품이나 목공예품에 대해서 어떻게 생각하십니까?

- ①다른 관광지에서는 볼 수 없는 독특한 제품이다()
- ②다른 관광지에서는 흔히 볼 수 있는 비슷비슷한 제품이다()
- ③잘 모르겠다()
- ④기타_____

4. 귀하께서 국립공원 지리산에서 다음의 품종을 살수 있을때 꼭 갖고 싶은 것 2개만 고르시오.

- ①목기() ②다반류() ③소반류() ④아동용 퍼즐()
- ⑤장식용시계() ⑥장식용 나무인형() ⑦장식용 촛대() ⑧기타_____

5. 귀하께서 이 밖에 지리산 관광 후 꼭 갖고 싶은 선물이 있다면 무엇입니까?

6. 귀하께서 토산품 구입시 중요시 하는 점은 무엇입니까? 2개를 고르시오.

- ①모양(형태)() ②용도(쓰임새)() ③가격()
④부피나 무게() ⑤재료() ⑥내구성(오래쓰는 정도)()
⑦전통미(향토성)() ⑧기타_____

7. 선물의 쓰임새는 어느것이 적당하겠습니까?

- ①주방용() ②사무용품 또는 문방용품() ③장식용품() ④화장용품()
⑤일상용품() ⑥기타_____

8. 귀하께서 선물을 주고 싶은 상대는?

- ①자신이 사용() ②친구() ③가족() ④직장동료() ⑤기타_____

***귀하의 성별,연령대, 직업, 거주지 등을 기록해주시요.**

- 성 별 : 남 , 여
- 연 령 대 : _____ 대
- 직 업 :
- 거 주 지 :

제 7 장

총 합

1. 목공예용 대체수종개발 연구

- 침엽수재 원판의 진공건조기술 개발 -

가. 가열판압체식진공건조

무처리나 ETS처리 및 EWS처리 원판들의 생재에서 이용함수율까지 진공건조하는데 소요된 시간은 종래의 실내음건 방식보다는 크게 단축되었지만 HPP/V건조의 경우 열판에 의해 원판의 상하 횡단면이 차단되므로써 횡단면을 통한 수분증발이 제약을 받아 건조시간이 상당히 지연되는 편이었다. 따라서 횡단면을 통한 수분증발에 절대적으로 의존하는 원판을 HPP/V건조기를 활용하여 건조하기 위해서는 열판과 원판사이에 적절한 배기망을 끼워서 잔적하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

또한 EWS처리 원판들의 경우 이용함수율 수준까지의 건조가 불가능하였고, 고함수율 상태가 장기간 지속되므로 말미암아 변재변색 또한 심하게 나타나 EWS처리는 심재율이 지나치게 낮은 수종이나 HPP/V건조에는 그 적용에 신중을 기해야할 것으로 판단된다.

은행나무의 경우 두께간에 건조속도의 차이가 현저하게 나타나 최소한 두께차가 25mm이상인 원판들을 동일 로드에 혼합 잔적하는 것은 피하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

수중에 관계없이 심재할렬의 발생정도는 경미한 편이었으나, 일반적으로 원판건조시에 크게 문제가 되지 않는 변재할렬이 심재할렬보다 심하게 발생된 경우가 많았다. 이는 본 시험에 사용된 공시수종의 경우 변재부의 초기함수율이 심재부보다 훨씬 높았을 뿐만 아니라, 고함수율인 변재부위가 점유하는 비율이 상당히 높았고 공시원판들의 상당수가 박피된 상태에서 건조가 개시되어 건조초기에 방사방향으로의 수분경사가 크게 형성되었기 때문인 것으로 생각된다.

은행나무의 경우 심재할렬, 변재할렬 및 V형크랙 모두 그 발생 정도가 경미하여 목공예용 원판으로서의 대체가능성이 높은 것으로 평가되었으나 약간의 운할이 발생하는 문제가 있었다.

소나무, 리기다소나무 및 잣나무의 원판들은 V형크랙의 발생 정도가 심하였고, 특히 하나의 원판에 여러개의 V형크랙이 발생하는 특징을 보였는데, 이는 앞서 언급한 바와 같이 건조초기에 변재할렬이 발생되었고, 건조후기에 발현되기 시작한 이방성수축응력이 이 변재할렬부에 집중되었기 때문인 것으로 해석된다. 따라서 침엽수재 원판들을 V형크랙에 의한 손상

없이 건조하기 위해서는 박피가 되지 않도록 저목하거나, 선삭가공품의 가공공정을 원판건조 후에 귀도리하는 순서로 전환하는 것이 바람직 할 것으로 생각된다. 또한 내부에 잔적된 원판에 기계적 압체력을 가할 수 있는 진공건조기를 활용할 경우 건조중에 기계적 압체력을 해제하는 것은 V형크랙 예방에 바람직하지 않은 것으로 판단된다.

공시수종에 관계없이 HPP/V건조 또는 RFP/V건조된 원판들에서는 촉진 폭로조건에서의 수지용출은 전혀 없는 것으로 조사되어 이들 공시수종들을 목공예용재로 활용하는데 있어서 사용상의 수지용출문제는 진공건조에 의해서 해결 가능한 것으로 나타났다.

나. 압체식고주파건조

수종이나 두께 및 처리에 관계없이 생재에서 이용함수율 수준까지 건조하는데 소요된 시간은 HPP/V건조시간과 비교하여 크게 단축되었다. 이는 고주파가열에 의해 목재 내부의 온도를 표층온도보다 높게 유지하는 것이 가능한 것에도 그 원인이 있지만, 원판과 열판사이의 배기망과 차습판을 삽입함으로써 원판의 횡단면을 통한 수분증발이 보다 용이하게 이루어졌기 때문인 것으로 생각된다. 특히 EWS처리 원판의 경우 HPP/V건조에서는 건조속도가 매우 느려 이용함수율까지의 건조속도가 불가능하였으나, RFP/V건조에서는 다른 처리원판들과 거의 같은 건조속도를 유지하였다.

심재할렬과 변재할렬의 발생정도는 처리나 두께에 의한 영향보다는 결로의 발생이 중요한 인자로 작용하였다. 이는 원판에서 증발된 수분이 차가운 차습판에 부딪히면서 발생된 응축수가 차습판 아래에 놓여 있는 원판의 상부측 횡단면을 흡습시켜 이 횡단면은 고함수율 상태를 유지한 반면에 반대측 하부횡단면은 정상적인 건조가 이루어지므로써 상·하 두 횡단면간에 수분경사가 크게 형성되기 때문인 것으로 생각된다. 따라서 각종 전처리나 건조조건 조절 등을 통한 건조수율의 향상은 원목의 양호한 저목상태, 적절한 잔적 및 건조실의 결로예방을 위한 벽체의 보온 등의 전제하에서 기대될 수 있을것으로 판단된다.

건조초기에 변재할렬이 심하게 발생한 원판은 V형크랙에 의한 손상도 심하게 나타나, RFP/V건조하에서도 변재할렬과 V형크랙간에 매우 밀접한 관련이 있는 점에 주목해야 한다.

은행나무의 경우 V형크랙이 거의 없거나 매우 경미 하였으나 박피처리원판은 V형크랙의 발생이 심하였다. 이는 역시 원판의 접선단면을 통한 수분증발로 방사방향으로의 수분경사가 형성되고, 이로 인해 건조초기에

접선단면상에 어느 정도의 접선방향 인장응력이 발현되기 때문인 것으로 생각된다.

2. 목공예용 대체수종개발 연구

-침엽수재의 목공예용재화기술 개발-

국내 원목 공급량의 약 83%를 차지하고 있는 침엽수재를 이용한 목공예용재 대체수종을 개발하고자 수행한 본 연구의 결과 대표적인 침엽수 간벌재(낙엽송, 리기다소나무, 소나무)는 남원지역에서 주로 사용하고 있는 목공예용재(물푸레나무, 오리나무, 사방오리나무, 느티나무 등)가 심변재가 뚜렷하지 않고 조직이 치밀한 산공재나 환공재인 반면에 이들 수종은 모두 연륜이 뚜렷하고, 심변재의 구분이 명확했으며, 춘추재의 이행이 급하고, 리기다소나무와 소나무에서 수지용출이 심하게 나타났다. 또한 활엽수 목공예용재에 비하여 비중이 낮고, 수축율이 큰 것으로 측정되어 치수안정성이 열등한 것으로 측정되었으며, 절삭시 털솨음이 많이 발생하고 거친 절삭면을 나타내었다.

한편, 이들 침엽수 3수종의 접착성 및 우레탄수지, 불소수지 도장성에 있어서는 수종에 따른 차이는 나타나지 않았으며, 접착성 및 도장성은 우수한 것으로 측정되었다.

리기다소나무와 소나무는 제재 및 건조과정을 거치면서 청변이 심하게 발생하였으며, 이는 제재직 후 바로 보존제를 분무해 줌으로써 청변을 예방할 수 있는 것으로 나타났다. 이들 수종을 공예용재로 적용하기 위해서는 열압축처리 및 수지함침열압축 처리를 해 줌으로써 비중을 높이고 춘추재 및 심변재 간의 차이를 줄이고, 털솨음 및 절삭성을 향상시킬 수 있었으며, 소재에 비하여 강도적 성능을 월등히 향상시킬 수 있는 것으로 나타났다. 열압축 처리는 방사방향으로 열압축하는 것이 가장 바람직한 것으로 나타났으며, 두께 15mm 판재의 경우에 열압온도 160℃, 압력 50kgf/cm², 열압시간 60분이 최적의 열압축 조건이었다. 열압축시 리기다소나무에서는 수지용출이 심하게 나타나 표면에 오염이 발생하였으며, 다음이 소나무, 그리고 낙엽송에서 일부 관측되었다.

이상과같이 낙엽송, 리기다소나무, 소나무에 일정한 압력으로 열압축 처리를 함으로써 비중을 높여주고 강도적 성능을 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라 조직을 균일화시킬 수 있어 공예용재로 이용이 가능 할 것으로 기

대되며, 또한 제6장의 목공예용 특성화 디자인 개발에서 보여주는 것과 같이 이들 침엽수재와 기존의 공예용 활엽수재를 집성접착 시킴으로써 새로운 공예용재, 가구 및 건축 내장재로의 이용이 가능할 것으로 기대된다.

3. 관행 목공예용 활엽수재 원판 및 특수운동구용재의 진공건조기술 개발

가. 목공예용 원판의 압체식고주파진공건조의 가능성 검토

EWS처리 원판의 RF/V건조중 평균건조속도는 전 건조기간에 걸쳐 거의 균일하고, 안정적이었던 반면에 무처리와 ETSH처리 원판의 경우는 상당히 기복이 심하였고, 또 건조시간이 경과함에 따라 건조속도가 급속하게 저하되었다. 이것으로 미루어볼 때 EWS처리 원판의 경우 심재부보다 수분유동이 상대적으로 용이한 횡단면의 변재부를 비닐로 래핑처리하므로써 내부수분의 유동속도와 표면에서의 수분증발 속도간에 거의 차이가 없었던 것으로 생각된다.

원판의 상부표층과 하부표층간의 온도경사는 EWS처리 원판이 무처리원판 보다 완만하였는데, 이는 적절한 잔적과 횡단면 변재부의 래핑처리에 의한 효과인 것으로 판단된다.

RF/V건조 원판들중 V형크랙에 의해 손상되지 않은 원판들의 접선방향 수축율은 ASTM수축율 시험편의 접선방향 수축율의 절반 정도에 불과한 반면, 방사방향 수축율은 반대로 약 2배정도로 크게 나타나, 결과적으로 두 횡단방향의 수축율의 합은 ASTM수축율의 경우에 비해서 10~20% 정도 더 작게 나타났다.

원판을 RF/V건조할 경우 심재할렬은 매우 효과적으로 예방되어졌고, V형크랙도 동일 원판의 횡단면내에서 심·변재간 또는 상하횡단면간 건조속도의 균형을 유지하도록 조치한다면 상당한 예방효과를 거둘수 있을것으로 생각되지만 역시 RF/V건조만으로는 V형크랙의 예방에 불완전하다. 반대로 RF/V-to-press건조는 심재할렬 예방에는 무의미하였지만 V형크랙 예방에는 완전무결한 것으로 나타났다. 그러므로 원판을 심재할렬이나 V형크랙에 의한 손상이 없이 건조하는 데에는 기계적 압체력을 가하면서 RF/V건조하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

나. 관행 목공예용 활엽수재 원판의 압체식고주파진공건조기술 개발

생재에서 이용함수율까지 건조되는데 호도나무 원판의 경우 349시간

이, 물푸레나무 원판의 경우 200시간이 각각 소요되었는데 현재 지리산지역 목공예제조업체들이 절대적으로 의존하고 있는 실내음건에 소요되는 시간 2~3개월과 비교해 볼 때 건조시간의 단축은 괄목할만하였다.

두께 50mm 호도나무 엔드처리원판들의 건조초기 건조속도가 무처리나 박피처리 원판들의 건조속도보다 크게 낮은 것으로 나타났는데, 이는 엔드처리원판들의 횡단면을 통한 수분증발이 억제되었기 때문인 것으로 적절한 잔적과 결로방지 등이 뒷받침된다면 변재할렬이나 심재할렬 예방에도 기여할 것으로 예측된다.

물푸레나무의 평균건조속도는 두께50mm원판 0.15%/hr, 두께75mm원판 0.16%/hr로서 호도나무에 비해서 느린 편이었다.

변재할렬은 호도나무의 두께 50mm원판에서만 경미하게 발생하였을뿐 나머지 원판에서는 전혀 발생하지 않았다. 심재할렬도 물푸레나무 원판에서는 전혀 발생하지 않았고, 호도나무 원판에서도 경미하게 발생한 편이었다. 이는 고주파진공에 의한 내부수분의 유동속도 증진에 기인한 것으로 판단되며, 특히 적절한 잔적과 건조중 완벽한 결로방지 등이 이루어진다면 고주파진공에 의해서 얻어지는 효과들의 반감을 최소화할 수 있을 것으로 생각된다.

V형크랙은 두께 50mm 호도나무 원판에서 경미하게 발생하였을뿐, 두께 75mm호도나무 원판과 물푸레나무 원판에서는 극히 경미하거나 전혀 발생하지 않았다. 이는 경미한 변재할렬 및 고주파진공에 의한 수축을 감소 효과와 더불어 압체력에 의한 횡단방향 수축의 추가적인 억제효과 등에 기인한 것으로 해석된다.

RFP/V건조는 원판의 잔류응력의 완화에도 기여하여 목제품이 사용중 V형크랙에 의해 손상될 위험을 감소시키는 효과를 얻을 수 있는 것으로 생각 된다.

다. 특수운동구동제의 진공건조기술 개발

RFP/V건조에 소요된 시간은 148시간으로서 열기건조시간의 약 3/10에 불과하였는데, 이는 열기건조의 경우 비교적 완만한 조건의 고강도 건조스케줄을 적용한 반면에 RFP/V건조의 경우 재내외간의 절대압력차와 표층과 내층간의 역온도경사 등에 힘입어 내부수분의 유동이 급속하게 이루어졌기 때문인 것으로 생각된다.

건조초기 12시간동안의 RFP/V건조의 건조속도는 열기건조의 경우보다 무려 15배나 빠르게 나타났다. 이것은 이 시기에 재내외간에 절대압력이

가장 크게 형성되고, 물의 끓는점이 낮아 건조재 또는 건조재내의 수분을 가열시키는데 소요되는 시간이 상대적으로 작기때문인 것으로 해석된다.

RFP/V건조의 횡단방향 수축율은 열기건조재보다 20~40%정도 작았고, 두 횡단방향 수축율의 합도 열기건조재보다 30%정도 작았다. 고주파진공의 경우 상대적으로 저온하에서 건조가 이루어지므로써 찌그러짐의 발생이 적고, 또 액체장력이 소멸된 이후 찌그러짐의 복원이 용이하기 때문인 것으로 판단된다.

RFP/V건조재의 방사방향 수축율은 접선방향 수축율보다 오히려 약간 크게 나타났는데, 이것은 건조중 접선방향에 대하여 수직으로 압축력이 가해지므로써 접선방향 수축이 억제되었기 때문인 것으로 생각된다.

횡단면할렬은 열기건조재나 RFP/V건조재의 경우 경미하였으나 RFP/V건조재가 약간 심하였다.

재면할렬은 RFP/V건조재의 경우 매우 경미하였으나, 열기건조재는 다소 심한 편이었다. 충격흡 흡수에너지는 RFP/V건조재가 $1.44\text{kgf} \cdot \text{m}/\text{cm}^2$ 로서 열기건조재의 $1.26\text{kgf} \cdot \text{m}/\text{cm}^2$ 보다 약간 높았다. RFP/V건조의 경우 열열화에 따른 강도손실이 적고, 또한 완만한 수분경사 때문에 미세할렬의 발생이 적은 것에 기인한 것으로 여겨진다.

열기건조중 소요된 총 전력량은 RFP/V건조의 경우보다 무려 7배가량이나 많았고, 단위시간당 소요전력량은 약 2배정도 많이 소모되었다.

4. 간벌소경재를 활용한 목재복합육조 제조기술 개발

침엽수 간벌 소경재를 이용한 고부가가치 신상품을 개발의 일환으로 목제육조 및 목제타일 등 육실용품 제조기술을 개발하고자 수행하였다.

목제육조의 제조는 제재 및 건조, 라미나제조, 집성판제조, 부재가공, 보존처리, 육조조립, 내수제처리, 우레탄수지처리, 불소수지처리의 공정을 거쳐 제조하였다.

육조는 항상 냉수 혹은 온수와 접하고 있으므로 사용 접착제는 내수성이 우수하고, 작업성이 좋은 상온경화형 이소시아네이트계 접착제를 사용함으로써 내수접착력, 내온수접착력, 반복끓임접착력에서 평균 $20\text{kgf}/\text{cm}^2$ 의 접착력을 유지시킬 수 있었다.

또한 본 과제에서는 도막성능이 우수한 2액형 우레탄 수지와 초내후성 수지로 알려져 있으나, 지금까지 목제품에 적용된 바 없는 불소수지를 육조표면에 처리함으로써 한국공업규격 육조의 성능시험방법에서 제시한 시

험에서 변형 및 이상유무를 발견할 수 없었으며, 목재의 흡수 및 흡습성을 개선시킴으로써 젖음, 부후, 곰팡이, 미끄러짐, 수축과 팽윤에 의한 결합을 차단할 수 있는 것으로 나타났다. 우레탄 수지와 불소수지의 비교에 있어서는 내열수성, 내끓임성, 촉진내후성에서는 불소수지처리가 보다 우수한 성능을 나타내었으며, 내마모성과 내세척성에서는 우레탄 수지가 보다 우수한 것으로 나타났다. 이상과 같은 결과로 하도 및 중도에 우레탄 수지 처리를, 그리고 상도에 불소수지 처리를 하는 것이 육조의 성능 제조 비용면에서 바람직하다 생각된다.

한편, 육조 1조를 제조하는데 드는 비용은 감각상각비 및 인건비 등 고정비를 제외하고 약 172,732원정도로 계산되었으며, 이는 일본에서 편백나무로 제조한 목제육조의 약 10분의 1에 해당하는 비용이다.

이상과 같이 현재 저급, 저가인 침엽수 간벌 소경재를 이용하여 목제육조 및 육실용품(목제타일, 세면대, 육실용 마루판, 등)을 제조함으로써 목재의 천연적인 장점을 살리고, 치수가공이 용이하고 대량생산체제로 규격화가 가능한 우수한 성능의 목제육조의 제조가 가능케 됨으로써 하 새로운 고부가가치 산업으로 성장할 수 있을 것으로 기대된다.

5. 목공예품의 특성화 디자인 개발

지리산 지역 목공예 제조업체는 옛부터 전통 목공예의 본산으로 인식된 곳이다. 그러나, 근래 들어 생산 품목의 획일성과 목기 수요의 감소 그리고 산림 환경의 변화로 다른 곳과 같이 어려움을 맞게 되었다. 특히 관광남원의 지역적 특성을 살리지 못하는 디자인의 후진성과 재료의 안정적인 공급이나 대체수종의 개발은 자체적으로 해결하기에 어려운 문제가 아닐 수 없다.

따라서, 이러한 문제점은 시급히 개선되어 타지역 목공예품과 차별화와 특성화가 이루어야 침체된 지역 목공예 산업이 활성화되고 나아가 수출 유망 산업으로서의 경쟁력을 확보할 수 있을 것이다.

이와 같은 취지와 목적으로 목공예품의 특성화 디자인 개발을 3차년도에 걸쳐 연구한 결과 다음과 같은 몇 가지 결론을 추출 하였다.

지역을 대표하는 목공예품 개발에는 소재의 개발이 대단히 중요하고, 신제품과 새로운 모델 그리고 품종의 다양화가 계속해서 연구 개발되어야 경쟁력이 생성될 수 있다.