

木材用 接着劑의 最近 動向*1

盧正官*2

Recent Tendency of Adhesives for Wood Materials*1

Jeang-Kwan Roh*2

1. 머리말

국제화, 개방화, 환경보호주의 강화 및 하이테크 시대 돌입 등 급변하는 국제정세 하에서 합판, 파티클보드, 섬유판, 집성재, 2차가공 합판, 가구, 악기 및 건구 등으로 대표되는 목재 접착가공업계 또한 다양한 변화요구에 직면하고 있다. 특히, 대내외적으로 최근 목재업계의 최대 관심사는 ① 자원 확보, ② 생활환경의 변화에 대처하기 위한 신제품, 기술 개발 및 ③ 국제경쟁력 강화와 에너지 절약과 관련한 생산성 향상일 것이다.

이들 관심사를 접착 및 접착제와 연계하여 접근하여 보면, 먼저 자원문제는 자국자원 보호주의의 확대와 강화 및 목재자원 고갈로 인하여 합판의 품질저하(오버레이 등에 의한 장식성 요구)와 더불어 합판기재(基材)로 부터 파티클보드 및 섬유판 등의 목질보드 이용으로의 전환(접착물의 휨이나 비틀림 방지, 내수, 내구성 개선, 기능성 목질보드 개발 및 접착속도의 향상), 집성재의 용도 확대(접착내구성 향상, 고비중재의 접착기술 개발) 및 고지, 폐목질, 페타이어, 폐합성수지 등과 같은 폐자원의 재활용(목질과 다른 재료의 접착 및 성형기술 개발)등의 요구에 관한 대처 방안이 강구되어야 할 것이다. 다음은 생활환경의 변화에 따른 솔리드목재(Solid wood)지향으로 집성가구의 확산(내구성 향상 및 곡면, 입체면의 접착기술 개발)과 목질 마루판의 유행(고내수, 내구제품(WPC 제조기술 등)의 국내 생산기술 개발과 목질과 타재료의 접착 기술)이 널리 확산되리라 예상된다. 마지막은 경

쟁력과 생산성 향상을 위해서는 다품종 소량생산(접착속도의 향상, 에너지 절약 및 자동화)체제로 전환해야 할 것으로 생각된다. 이와 같은 변화에 대응하기 위해서는 경영주의 정확한 판단이 우선적으로 요구되지만 그에 못지않게 생산 및 연구 종사자들의 기술적 뒷받침이 더욱 절실해졌다. 우선 접착공정과 관련하여 과연 요구성과 용도에 적절한 접착제가 사용되고 있는지 한번 짚은 되돌아볼 필요가 있을 것이다.

목재용 수지접착제의 구성 성분은 종류나 용도에 따라 차이는 있으나, 주성 이외에 용제, 가소제, 충전제, 증량제 및 특수 첨가제로 되어 있다. 현재 목재 접착가공 업계에서 사용하고 있는 대표적인 목재용 접착제의 종류와 경화 형태 및 용도 등은 표 1과 같다.

그러나 유감스럽게도 현재 국내의 목재 접착업계의 현실을 적나라게 나타내는 것으로 각종 수지의 생산량에 대한 정확한 통계자료조차도 정리되어 있지 않다. 참고로 1993년도의 제품 생산량을 가지고 역으로 환산해 볼때 합판(893천 m³)에 약 6만톤(고형분 기준), 파티클보드(444천 m³)와 섬유판(408천 m³)에 약 5만톤 정도의 요소, 멜라민, 페놀수지 등의 열경화성수지(thermosetting resin)가, 그리고 초산비닐 에멀전수지 등의 열가소성수지(thermoplastic resin)가 가구 및 집성재의 제조에 열경화성수지와 거의 비슷한 양이 사용된 것으로 추정된다.

포름알데히드계 수지는 다관능성의 화합물에 포름알데히드가 부가 및 축합된 저분자의 수용성 또

*1 接受 1994年 6月 13日 Received June 13, 1994

*2 林業研究院 Forestry Research Institute, Seoul 130-012, Korea

표 1. 주요 목재용 접착제

종류	접착제	배합	경화온도	경화형	강도(내수성)	용도
	요소수지	2액	상(가)온	축매화학반응	중구조(中)	LW,WJ,IW,F,V,PW, PB,MDF
열경화성 수지	멜라민·요소수지	2액	가열	축매화학반응	구조(高)	LW,EW,F,PW
	페놀수지(레졸)	1액	가열	열화학반응	구조(高)	LW,EW,WB,PB,PW, MDF
	(노볼락)	2액	상온	축매화학반응	구조(高)	LW,EW
	레조르시놀수지	2액	상온	부가반응	구조(高)	LW,EW,PB,PW
	에폭시수지	2액	중간온	부가반응	구조(高)	WJ,F
열가소성 수지	초산비닐수지에멀전	1액	상온	용제산실	비구조(非)	EW,WJ,IW,F,V
	에틸렌·초산비닐 공중합수지 (에멀전)	1액	상온	용제산실	비구조(非)	F,V,WJ
	(핫멜트)	1액	고온	방냉응고	비구조(非)	F,V,WJ
	시아노아크릴레이트	1액	상온	약탈화학반응	비구조(中)	F,WJ
복합계	α -올레핀무수말레인산	2액	상온	가교화학반응	비구조(中)	EW,WJ,PW
	수성비닐우레탄	2액	상온	가교화학반응	중구조(高)	LW,EW,WJ,IW,F,PB
	산경화형 변성 초산비닐에멀전	2액	상온	부가화학반응	중구조(高)	LW,WJ,F
에라스토머	클로로프렌 고무	1액	상온	용제산실	비구조(非)	WJ,F,V

* LW: 집성재, EW: 외장용분, WJ: 목공, IW: 내장용분, F: 가구, V: 화장단판, WB: 웨이퍼보드, PB: 파티클보드, PW: 합판, MDF: 중밀도 섬유판

는 유용성의 수지로 경화되면 3차원 가교구조를 형성하게 되어 접착력을 발휘하게 된다. 수지의 내구, 내수 접착성능은 페놀계 수지(레조르시놀, 페놀수지)가 아미노계 수지(멜라민, 요소수지)보다 우수하다. 또한, 목공이나 가구용 접착제로는 오래 전부터 폴리 초산비닐 에멀전수지가 우수한 초기 접착성과 작업성으로 인해 많이 사용되고 있다. 그러나, 내수, 내열성이 약하여 아미노계 수지와 복합하여 사용하는 경우가 많으며, 최근에는 이소시아네이트 화합물을 가교제로서 첨가하는 수성고분자-이소시아네이트수지의 사용량이 증가되고 있는 실정이다.

본 원고에서는 목재산업의 환경변화나 목질보드의 기술개발과 전망에 관해서는 훌륭한 자료^{1,4)}가 이미 보고되었으므로 중복을 피하기 위해 각종 목질 접착가공 제품의 제조시 사용되는 접착제의 이용현황과 연구경향 및 앞으로의 전개방향에 대하여 정리하였다.

2. 목재 접착 가공 제품별 접착제의 이용 및 연구 동향

2.1 합판 및 보드류 분야

국내의 합판 및 보드류 제조에는 일부 페놀수지를 사용한 콘테이너용 합판이외에는 거의 대부분

아미노계 수지가 사용되어 왔고 현재에도 사용되고 있다. 그러나, 최근 성능적인 측면에서 보다 고내구, 고내수성능이 요구되고, 자원적인 측면에서는 저질, 소경화와 더불어 침엽수재 이용으로의 전환이 급속해지고 있을 뿐만 아니라 환경적인 측면에서는 포름알데히드 방산량에 대한 규제 강화와 인체유해 문제의 제기 및 에너지 절약형 공정의 개발 그리고 경영적인 측면에서의 생산성 향상이 절실히 요구되고 있다. 따라서 이와 같은 요구에 대응하기 위해서는 새로운 접착제의 개발과 기존의 접착제의 성능개선이 절실하다.

2.1.1 요소수지

요소수지의 경우는 가격이 싸고, 비교적 양호한 상태 접착성능으로 인하여 합판이나 보드류 제조시 60~70%가 사용되고 있다. 그러나, 현실적으로 내수, 내구성능의 향상과 포름알데히드 방산량의 최소화라는 큰 문제에 직면하고 있다. 요소수지 제품의 내수, 내구성능 저하 원인이 수지 자체의 응집력 저하인지, 목재와 수지와의 박리파괴인지는 명확하지 않으나, 수분이 존재하면 급격히 저하하는 것으로 보아 가수분해에 의해 야기된다는 사실은 명백해졌다^{5,6)}. 요소수지 경화물(硬化物)의 가수분해는 온도와 pH에 의해 크게 영향 받는다^{7,8)}. 따라서, 요소수지의 내수, 내구성능을 향상시키기 위해서는 산촉매작용에 의해 야기되는 가수분해속

도를 최소화하는 것이다. 특히, 요소수지는 경화제로서 염화암모늄을 첨가하는데 염화암모늄이 수지계 내의 유리 포름알데히드와 반응하여 염산이 생성되고, 생성된 산에 의해 수지계의 pH는 2이하로 저하되면서 산촉매 축합반응에 의해 고분자화하게 된다. 그러나, 접착층 내에 산이 그대로 잔존하게 되어 제조한 제품의 산가수분해를 유도하게 된다. 따라서 요소수지로 제조한 제품의 산을 제거(중화)하면 내수, 내구성능을 크게 향상시킬 수 있다. 산을 제거하기 위한 방법으로는 적당한 속도로 산을 중화하는 물질(글래스 파우더)을 수지 배합시 첨가하거나, 제조한 제품을 중화처리(암모니아가스, 중탄산나트륨수용액 침지처리)를 행하면 요소수지 제품의 내수성을 크게 향상시킬 수 있다⁹⁻¹¹. 또, 포름알데히드 방산량 절감과 내수성 향상을 위한 폴리아민 변성요소수지의 제조나¹²⁻¹⁴, 요소수지를 중성부근에서 경화시키기 위한 경화제로 히드라지드기(-CONHNH₂)를 1~2개 가진 폴리히드라지드화합물(마론산디히드라지드, 아디핀산디히드라지드 및 이소프탈산디히드라지드 등)이 검토되었다¹⁵⁻¹⁷. 그러나, 이와 같은 방법이 비경제적인 관계로 아직 실용화 단계에는 이르지 못하고 있다.

따라서, 어떤 획기적인 방법이 개발되지 않는 한 요소수지만에 의한 성능향상은 기대하기 곤란할 것으로 사료되며, 앞으로는 다른 수지와와의 복합화에 의한 개선이 주류가 될 것으로 생각된다. 즉, 폴리비닐알콜이나 라텍스계 수지와와의 복합화나, 이미 국내에서도 사용하고 있는 멜라민과 복합화한 요소·멜라민수지 외에 최근에는 페놀수지와와의 공축합 및 이소시아네이트 결합제의 첨가 등이 검토되고 있다. 그 밖에 에스토니아 지방에서 생산되는 레조르시놀 보다 저렴한 알킬레조르시놀을 포름알데히드 포착제 및 아미노계 수지의 내수, 내구성 보강제로서의 이용이 검토되고 있다¹⁸. 요소수지에 있어 심각한 문제인 포름알데히드 방산량에 관해서는 별도의 항(2.1.5)에서 언급하였다.

2. 1. 2 요소·멜라민 수지

요소·멜라민수지의 내수성은 첨가하는 멜라민의 양에 따라 차이는 있으나, 요소 단독 수지에 비해서는 상당히 우수하지만 요소수지와 마찬가지로 가수분해에 의해 접착층의 열화가 일어나게 된다¹⁹. 이는 요소·멜라민 수지의 합성과 경화거동으로부터 쉽게 추론할 수 있다. 요소·멜라민수지의 합성방법에는 1단합성법(요소+멜라민+포름알데히드를 동시에 반응시켜 제조하는 법 또는 요소나

멜라민을 후첨가하는 법)과 혼합법(요소수지와 멜라민수지를 각각 제조하여 혼합하는 법)이 있으나 접착성능이나 경화거동에 있어 본질적으로 양자간에는 큰 차이가 없다^{21,22}. 또한, 일반적으로 요소·멜라민 공축합수지로 부르고 있으나 실제로는 요소와 멜라민이 교호로 공축합된 수지라기 보다는 멜라민 수지와 요소수지의 혼합수지에 가깝다. 요소·멜라민수지의 경화는 요소와 멜라민의 반응성 차이로 인해 초기에 멜라민의 연쇄중합반응에 의해 고분자가 생성되고, 이 고분자 내에 요소 단량체 또는 올리고머가 내포되는 형태의 경화기구를 취하는 것으로 추측된다. 앞으로도 요소·멜라민수지가 합판이나 보드용 수지의 주류가 될 것은 분명하나, 가격이 비싼 멜라민 대신 페놀수지와 복합화한 수지가 일반화될 가능성도 많다.

2. 1. 3 아미노계-페놀계 복합수지

아미노계 수지와 페놀계 수지의 복합화 또는 공축합에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 특히 일본에 있어서 페놀·멜라민수지는 구조용 합판이나 파티클보드의 제조에 상당량 사용되고 있다. 먼저 요소·페놀수지는 일반적으로 요소수지와 페놀수지를 단지 기계적으로 혼합한 후, 사용시에 경화제로서 염화암모늄을 첨가하여 사용하고 있다. 이 경우 수지계의 pH는 산성으로 전환되면서 요소수지의 자기축합에 의한 경화가 우선적으로 진행되고 페놀수지는 미경화의 상태로 남게 되어 충분한 접착성능을 발휘하지 못하고 있다. 요소와 페놀의 공축합수지는 폴리 메틸올 페놀 혼합체와 저온에서 합성한 초기 축합단계의 페놀에 요소를 첨가하여 산성하에서 반응시키는 방법과 요소 1몰에 대해 2.5몰 이상의 포름알데히드를 산성하에서 반응시켜 합성한 요소수지에 페놀을 반응시키는 방법에 의해 제조할 수 있다고 한다^{23,24}. 그러나, 요소·페놀 공축합수지의 고수율 합성법과 성능에 대한 평가가 충분하지 않아 현재 그다지 이용되지는 않고 있다.

이에 비하여 페놀·멜라민수지 접착제는 1980년 대부터 일본에서 사용되기 시작하여 최근에는 파티클보드의 제조에도 사용되는 등 매년 사용량이 증가되고 있다^{25,27}. 페놀·멜라민 수지 접착제는 멜라민수지의 보존 안정성과 페놀수지의 열압조건을 개선하기 위하여 개발되어, 구조용합판의 접착제로 사용되고 있다. 그러나, 아직 국내에서는 사용되고 있지 않으며, 아미노 수지의 열압조건(120℃, 45초/mm)에서도 비교적 양호한 접착성능을 나타내기는 하지만, 주로 구조용으로 사용됨을 고

려할때 경화 방법이나 접착성능의 면에서 개선해야 할 점도 많다.

현재 사용되고 있는 페놀·멜라민수지는 페놀수지와 멜라민수지를 각각 별도로 제조한 후, 거의 같은 비율로 혼합하여 사용하고 있다. 또한, 노 등^{38, 39)}에 의해 체계적으로 검토된 바에 의하면 페놀·멜라민 수지의 경화는 pH에 의해 크게 좌우되며 알칼리축 보다는 산성축에서 3차원 가교부의 생성이 현저하게 빠르다. 또, 페놀·멜라민 수지의 경화반응은 산성축에서 멜라민수지 성분의 경화가 우선적으로 진행되며, pH 8.5 전후에서는 멜라민과 페놀이 거의 같은 속도로 경화하고, pH가 더욱 알칼리축으로 가면 반대로 페놀 성분의 경화가 우세하게 진행된다. 현재, 페놀·멜라민수지 접착제는 경화제로서 염화암모늄을 첨가하여 사용하고 있으며, 이때의 pH는 약산성으로 통상 적용하고 있는 열압조건(120℃, 45초/mm)하에서 멜라민성분의 경화는 거의 완료되나, 페놀 성분의 경화는 충분히 진행되지 않기 때문에 72시간 끓임처리하면 강도저하가 현저하다. 따라서 이 수지의 내수성 개선을 위한 방법으로 고축합도의 노블락 분말을 수지액에 대해 10% 첨가한 노블락-페놀·멜라민수지계는 비교적 고탍수율 단판의 접착도 가능할 뿐만 아니라 내수성능도 우수하였다. 그 밖에 현재 업계에서는 페놀성분의 경화를 위해 가열압한 후의 여열을 이용한 후경화를 실시하고 있다. 국내에서도 최근 침엽수 단판의 이용증가에 따라 페놀·멜라민수지에 대한 관심이 높아지고 있으며, 머지않아 사용되리라 예상된다.

2. 1. 4 페놀수지

내장용 합판이나 파티클보드, 중밀도섬유판 등에 주로 사용되는 아미노계 수지는 비교적 저렴하고 페놀수지에 비해 완화된 조건에서 열압이 가능하다. 그러나, 내수, 내구성의 빈약, 인체에 유해한 포름알데히드가 방산되는 단점이 있다. 반면, 레졸형 페놀수지계는 뛰어난 접착성능을 발휘하는 수지로 구조용 합판의 제조에 주로 사용되나, 아미노수지계의 열압조건(110~120℃, 30~45초/mm)에 비해 장시간과 고온(135~150℃, 45~60초/mm)을 요구하고 있다. 따라서, 페놀계 수지의 열압조건 완화를 위해서는 ①수지의 고분자화, ②노블락형 페놀수지와 복합화, ③아미노계 수지와 복합화 및 ④경화 촉진제의 첨가 등이 다각도로 검토되어 왔다. ①의 방법은 경화시간의 단축에는 효과가 있으나, 점도상승으로 인한 작업성 악화로 고분자화에는 한계가 있다. ②의 노블락형 페놀수지

와 복합화에 의한 경화시간 단축은 여러시험 결과로 볼때 가능성은 있으나⁴⁰⁾, 첨가한 노블락수지에 레졸수지에 용해되어 덩어리로 엉키게 되면 이용이 어렵게 된다. 따라서, 레졸형 페놀수지의 강도 증가와 비교적 고탍수 단판(MC=12~15%)의 접착 및 경화시간 단축을 위한 노블락수지는 도포시까지는 레졸수지에 분산된 상태로 유지하다가, 열압하는 과정에서 용해되어 레졸수지의 겔화를 촉진하는 것이 이상이다. 따라서, 고분자량의 노블락수지의 경제적인 제조법 개발이 요망된다⁴⁵⁾. ③의 아미노계 수지와 복합화에 관해서는 앞에서 언급한 바와 같이 열압조건 완화는 가능하나, 페놀계수지에 필적할 만한 접착성능을 나타내지는 못하고 있다.

마지막의 각종 경화촉진제 중에서는 탄산나트륨이 효과적이다⁴⁶⁾. 비교적 저렴하고 인체에도 무해한 탄산나트륨을 페놀수지에 대해 5%정도 첨가하면, 현재조공정의 어떤 전환도 없이 약 20%의 열압시간 단축이 가능하나, 초기 점도상승과 조기경화로 인한 불량품이 발생할 우려가 있다. 무기계 증광제의 사용과 강도에 영향하지 않는 점도조절제가 개발된다면 충분한 효과를 나타낼 것으로 생각된다.

그 밖에 외국에서는 폴리비닐알콜을 사용한 페놀 에멀전수지의 제조⁴⁷⁾, 분말상 페놀수지⁴⁸⁾ 및 발포 페놀수지의 제조^{39, 40)} 등에 관한 연구가 실시되어 일부는 실용화된 경우도 있다. 특히, 합성한 수지의 약 5배의 공기로 발포한 페놀수지는 함수율 12~13%의 비교적 고탍수 단판의 접착도 가능할 뿐만 아니라 약 20~30%의 수지 절약도 가능하다고 한다.

2. 1. 5 포름알데히드 방산 문제

포름알데히드계 수지 접착제로 제조한 합판이나 파티클보드로부터 방산되는 포름알데히드 문제는 오래 전 부터 논의 및 검토되어 왔으나^{41~54)}, 현재에도 명확한 해답을 얻지 못하고 있는 실정이다. 각종 포름알데히드계 접착제로 제조한 합판으로부터 방출되는 포름알데히드의 양은 요소수지 합판에서 가장 많고, 이어서 요소·멜라민수지 그리고 페놀수지가 가장 적다. 포름알데히드는 천연계에도 다량 존재하는 물질로 인간이 감지할 수 있는 농도는 0.01~3 ppm으로 5 ppm 이상이면 목에 자극을 느끼고, 20 ppm 이상 이면 점막자극 등의 큰 해를 입게 된다.

목재 가공제품으로부터 방출되는 포름알데히드량의 측정방법에 대해서는 계속 검토되고 있으며,

현재 주로 사용되고 있는 측정방법에는 기중농도 측정법(氣中濃度測定法)과 가스의 발생을 촉진시켜 측정하는 간이측정법이 있다^{35,56)}. 기중농도측정법에는 미국의 파티클보드 공업회 및 활엽수합판 공업회가 채택하고 있는 라지 챔브법(large chamber method)과 독일의 DIN규격 설정시 참고로 설정되어 있는 「포름알데히드에 의한 파티클보드 구분에 관한 ETB기준 측정법」이 있다. 간이측정법에는 데시케이트법(KS F 3104, 3202 및 JIS A 5908)과 미국의 2시간 데시케이트법(FTM-1)^{57,58)} 및 유럽의 퍼포레이트법(perforator method, BS-5669, DIN-EN 120) 및 가스분석법(DIN 52368) 등이 있다. 인체에 해를 미치는 대기 중의 포름알데히드 즉 기중농도와 간이측정법과의 관계에 대해서는 절대적이지는 못하지만, 데시케이트 측정치 약 3mg/ℓ가 기중농도 1ppm에⁵⁹⁾ 퍼포레이트 측정치(파티클보드의 경우) 0.03mg/100g이 약 1ppm에⁶⁰⁾, 그리고 가스분석치 7mg/m²h가 약 0.2ppm정도⁶¹⁾라는 보고가 있다.

일반적으로 요소수지는 요소에 대한 포름알데히드의 몰비(比)를 1.5~2.0으로 제조 및 사용하고 있으나, 포름알데히드/요소의 몰비에 따른 방산 포름알데히드량과 보드의 성능과의 관계를 종합적으로 검토한 Myers의 보고를 소개하면 다음과 같다⁶²⁾. ① 수지 중의 유리포름알데히드량은 포름알데히드/요소의 몰비 1.5이상에서 급격히 증가하고, 몰비 1.2이하에서는 거의 차이가 없다. ② 경화제로서 염화암모늄을 사용한 경우, 몰비 1.2 수지의 겔화시간은 2.0 수지의 거의 2배 이상이 된다. ③ 독일의 E1 규격에 합격하기 위해 다른 어떤 처리를 하지 않았을 경우 몰비는 1.2이하로 하지 않으면 안되며, NPA규격에는 1.3이하로 하여야 할 것으로 예상된다. 그리고 ④ 보드의 강도와 포름알데히드/요소 몰비와의 관계는 휨강도, 내부박리강도 및 24시간 두께팽창율 모두 몰비 1.2이상에서 일반적으로 규격이상의 성능을 나타낸다. 즉, 요소에 대한 포름알데히드의 몰비를 작게하면 포름알데히드의 방산은 최소화할 수 있으나, 접착제의 겔화시간이 길어지고 접착강도도 저하되며, 불혼화성, 작업성 등의 악화로 인하여 몰비 조절에는 제약이 따르고 있다.

따라서, 포름알데히드의 방출은 접착제 제조시에 반응하지 않은 유리의 포름알데히드와 경화수지 중의 메틸렌 결합이 산가수분해에 의해 야기되므로, 요소에 대한 포름알데히드의 몰비를 가능한 한 작게함과 동시에 접착제 중의 포름알데히드와

회합 또는 흡착할 수 있는 포착제(scavenger)나 산흡수제를 첨가 또는 도포함으로써 상당량 감소할 수 있다. 대표적인 포착제로서는 멜라민, 요소, 지방족 아민, 방향족 아민 및 각종 암모니움염 등이 있다. 그 밖에 가능한 한 함유율이 낮은 원료를 사용하며⁶³⁾, 접착공정에서 감소할 수 있는 방법으로는 열압시간과 온도를 높이는 방법이 있으며, 제조한 제품처리법으로는 암모니아가스 등의 약제처리^{62,66)}, 가열열풍처리^{63,64)}, 도장처리^{65,66)} 및 장시간 방치 후 출하하는 방법 등이 있다.

2. 1. 6 보드용 이소시아네이트계 수지

최근 포름알데히드계 수지로 제조한 보드류로부터 방출되는 포름알데히드의 인체 유해 문제로 인하여 이소시아네이트계 접착제에 의한 보드제조에 많은 관심이 모아지고 있다. 이소시아네이트수지는 이소시아네이트기($-N=C=O$)의 우수한 반응성을 이용한 수지로 보드 등의 제조에 사용되는 1액형(주로 이소시아네이트 결합제라고 함)과 집성재 등의 제조에 사용되는 2액형(수성고분자-이소시아네이트 수지)이 있다. 이소시아네이트 결합제에 의한 파티클보드 제조에 관한 최초의 특허는 1966년 독일의 노보관회사에 의해 신청된 후⁶⁷⁾, 유럽의 여러나라와 미국, 캐나다, 일본 등에서도 최근 제조되고 있다^{68,69)}. 이소시아네이트 결합제에 의한 파티클보드 제조시의 결합제로는 주로 용액형의 PMDI(Polymer Diphenylmethane diisocyanate)가 주로 사용되고 있다⁷⁰⁾. MDI결합제에 의한 보드는 아미노계 수지와 거의 유사한 열압조건에서 제조가 가능하고, 내수성능은 패놀계와 거의 유사한 것으로 알려져 있다. 그러나, 이소시아네이트기는 금속물과의 강한 친화성으로 인하여 열압시 프레스의 열판에 부착하는 문제가 제기되었으나, 최근에는 다양한 이형제(離型劑)가 개발되어 있으며, 보드의 심층(내층)에만 MDI결합제를 사용하는 방법도 제안되어 있다. 또, MDI를 유화하면 지점도화가 가능하게 되고 가사시간도 길어질 뿐만 아니라 박리강도도 증가된다는 보고도 있다⁷¹⁾. 이소시아네이트 결합제의 경화기구에는 이소시아네이트기가 먼저 물중의 수산기와 반응하여 탄산가스를 발생시키고 아민이 되는 1단계와 생성된 아민의 아미노기에 다시 이소시아네이트가 반응하여 요소결합을 생성하는 2단계 반응을 거쳐 고분자화한다. 따라서, 이소시아네이트계 결합제를 사용하면 물과 반응하여 생성된 탄산가스의 기포가 보드의 충전효과를 가져오기 때문에 저비중의 파티클보드 제조가 가능하다⁷²⁾. 그 밖에 이소시아

네이트계 결합제의 첨가량에 따라 다소 차이는 있으나, 아미노계 수지의 보강을 위해 이소시아네이트를 첨가할 경우, 대부분의 이소시아네이트기는 주로 물과 반응하여 소비되는 것으로 알려져 있기 때문에 이소시아네이트계 결합제의 보강효과는 시간이 지남에 따라 점점 소실된다⁷³⁾.

2. 1. 7 목질원료의 접착제화

제2차 오일파동 이후 재생 가능한 천연 고분자⁷⁴⁾의 이용에 관심이 고조되고 있으며, 목재 접착 공업에 있어서도 목재의 성분인 리그닌⁷⁶⁻⁸⁴⁾이나 타닌⁸⁵⁻⁹⁶⁾의 이용에 많은 연구가 실시되어 왔다.

특히 수피 추출물인 타닌의 접착제 이용은 이미 해외에서는 실용화 되고 있으며, 그 한 예가 뉴질랜드의 N. Z. Forest Products社가 라디에타 소나무의 수피를 추출하여 얻은 Tannaphen이라는 적갈색의 분말 100에 페놀수지 35, 파라포름알데히드 8, 충전제 28의 비율로 배합하여 구조 합판용 또는 파티클보드용 접착제를 생산하고 있다. 이 접착제의 성질은 고형분(solid content) 50%, 점도 20 포이즈(poise), 가사시간(potlife) 24 시간 정도이며, 도포량은 450 g/cm², 열압온도 125~135 °C, 시간 45 초/mm의 조건으로 합판을 제조하고 있다⁹⁰⁾.

타닌은 그 구조에 따라 축합형(condensed type)과 가수분해형(hydrolyzable type)으로 구분되고 접착제 제조에 이용되는 것은 축합형 타닌이다. 축합형 타닌은 플라보노이드(flavonoid)를 기본단위로 하고, A환(環)의 구조에 의해 레조르시놀형(resorcinol type)과 플로로글루시놀형(phloroglucinol type)이 있다. 와틀타닌(wattle tannin)으로 대표되는 레조르시놀형은 플라보노이드 단위가 서로 4,6-위에 2~11개 결합된 구조이고, 소나무 타닌(pine tannin)인 플로로글루시놀형은 4,8-위가 10개 이상이 결합된 구조를 하고 있다. 이들 타닌의 부가 및 축합 반응은 주로 A환에서 일어나며 와틀타닌은 5위, 소나무 타닌은 6위에서 메틸렌 결합에 의해 거대분자가 되고 결국에는 고화하게 된다.

그러나 소나무 추출물의 타닌-포름알데히드 수지의 경우, 짧은 겔화시간, 고점도 및 낮은 접착 내구성으로 인하여 기존의 요소, 페놀수지나 이소시아네이트 화합물 등과 같은 보강제를 병용하면 보강하려는 단독 수지와 거의 동등의 접착성능을 얻을 수 있다⁹¹⁾.

2. 2 집성재 분야

생활환경과 실내 인테리어의 다양화에 의한 솔

리드 목재 선호로 테이블 천판, 계단재, 문 및 집성가구 등의 내장용과 레스토랑, 체육관, 별장 등의 대형 목구조물의 구조용 집성재에 대한 관심이 높아지고 있다. 그러나, 국내에서는 자원난과 자동 집성기술의 미비 및 다양한 용도에 부응하는 접착제의 개발부진 등에 의한 경쟁력 약화로 아직까지는 수입 의존도가 높다.

집성재의 목재접착에 주로 사용되고 있는 상온 경화형 수지 접착제의 종류 및 특성은 표 2와 같다. 이 중 요소 및 초산비닐 에멀전수지의 경우, 상태접착성능은 비교적 양호하나, 내수, 내구 접착성능이 빈약하기 때문에 구조용 수지 접착제로서는 사용이 불가능하다. 반면, 우레탄수지는 비교적 고함수재의 접착도 가능할 뿐만 아니라 내수, 내구 접착성능도 우수하나, 유용성이기 때문에 이용상 제약이 따른다. 산경화형 페놀수지는 톨루엔술폰산이나 페놀술폰산과 같은 유기산으로 접착제계의 pH를 2이하로 조절한 강산의 상태에서 경화하기 때문에 피착재인 목재의 열화나 기계의 부식을 유발하게 된다. 또한, 국내에서도 수입하여 집성재의 제조에 일부 사용되고 있는 수성고분자-이소시아네이트수지는 포름알데히드의 방출이 없기 때문에 외국에서는 최근 사용량이 증가되고 있으나, 2액형이란 점과 가사시간이 짧은 점 및 저분자 이소시아네이트의 독성이 다소 문제점으로 남아있다.

반면, 국외에서는 다량 사용되고 있으며, 목재용 수지 접착제 중에서 가장 우수한 접착성능을 발휘하는 레조르시놀수지는 원료인 레조르시놀이 비싸기 때문에 레조르시놀수지 단독으로 보다는 반응성이 다소 떨어지는 페놀수지와 혼합 또는 공축합시킨 페놀 레조르시놀수지가 일반적으로 사용되고 있다. 국내에서는 아직 페놀 레조르시놀수지의 합성법, 사용조건 및 접착성능에 관한 연구보고가 거의 없으며, 또한 거의 사용되고 있지 않다. 뿐만 아니라 외국의 제조회사 또한 수지의 조성이나 제조 방법에 대해서는 부기하지 않기 때문에 제조에 많은 시행착오를 수반하게 된다.

또한, 앞으로 점점 자원의 고갈화에 따른 우량재의 입수난과 목질재료의 고급화 및 고내구성화에 부응하기 위해서도 구조용 수지 접착제의 국내 합성법 확립과 자료축적에 심혈을 기울여야 할 것이다.

2. 2. 1 초산비닐 에멀전계 수지

초산비닐수지는 단시간의 가압에 의해 비교적 높은 접착강도를 나타내며, 경화제의 첨가없이 경화가 가능하고 또한 가사시간에 제약이 없고, 건조피막이 투명하여 목재면을 오염시키지 않으며,

표 2. 상온경화형 목재용 접착제

수 지	특징 및 문제점
· 요 소 · 초산비닐에멀전 · 1액형 우레탄 · 유용성 페놀	고형분 60% 이상, 내수, 내구성 불충분 초기접착력 비교적 우수, 내수, 내열, 내구성 불충분 비교적 고탍수재 접착 가능, 유용성으로 작업성 불량 강산에 의해 경화, 유용성, 피착재 열화
· 레조르시놀 · 페놀·레조르시놀 · 수성고분자 이소시아네이트	우수한 접착성능, 레조르시놀 고가(高價) 겨울철 접착불량 발생우려 수용성, 포름알데히드 방출 무, 2액형, 가사시간 짧음, 이소시아네이트의 독성

2차 가공이 용이한 점 등으로 인하여 화장단판이나 플래쉬 판넬 및 조작용 집성재의 접착에 적합하다.

이 수지의 접착성능은 보호 콜로이드인 폴리비닐알콜에 그래프트 중합(graft polymerization)하는 초산비닐량에 영향 받는다⁹⁷⁾. 따라서 그래프트율이 높은 수지를 제조하기 위해 모노머나 중합개시제의 첨가방법 등의 합성조건에 대해 다각도로 검토되고 있다. 그러나, 용제(물) 산실형 경화 수지이기 때문에 내수성이 매우 약하며, 초산비닐의 연화 온도(Tg:glass transition temperature)인 30℃ 이상에서는 접착 강도가 급격히 저하한다⁹⁸⁾. 따라서 초산비닐 에멀전 수지의 내수, 내열성의 보강과 더불어 요소수지의 노화성 개선을 위해 이들 두 수지를 혼합하여 사용하는 경우가 많으며, 요소수지의 배합 비율이 높아질수록 내수, 내열성은 개선되나 2차 가공성은 나빠진다. 페놀수지와 같은 열경화성 수지를 초산비닐 수지에 미리 혼합한 후, 사용시에 강산을 첨가하여 비교적 중고온(70~80℃)에서 단시간에 접착이 완료되는 산경화형 변성 초산비닐 에멀전수지도 개발되어 있다^{99,100)}. 또한, 내수, 내열성 개선을 위한 방법으로 SBR라텍스, 초산비닐 에멀전, 이소부틸렌·무수말레산공중합수지를 혼합한 주체에 경화제로 에폭시수지나 아디리딘 화합물을 사용하는 중성타입의 α -올레핀계 수지나, SBR라텍스, 초산비닐에멀전, 아크릴계 에멀전 및 폴리비닐알콜을 혼합한 주체에 폴리머 MDI결합제를 사용하는 수지도 사용되고 있다^{101,102)}.

초산비닐 에멀전 수지의 접착시 주의해야할 점은 저온에서 사용 또는 보관할때 분산매인 물이 얼게 되면 균일하게 분산된 초산비닐입자가 덩어리로 엉기게 되고 이 상태로 사용하게 되면 접착 불량이 야기된다. 동결한 물이 녹으면 처음의 유화상태로 돌아가지만 극단의 저온에서 장시간 동결

상태로 지속되면 원래의 에멀전으로 되돌릴 수 없다. 따라서 초산비닐 에멀전 수지는 여름용과 겨울용으로 구분된다. 여름용에는 일반적으로 열가소성수지의 가소제로 많이 사용되고 있는 DBP(dibutyl phthalate)나 DOP(dioctyl phthalate)를 5%, 겨울용에는 10~15% 배합하고 있으며, 가소제의 첨가량이 높아질수록 접착강도는 일반적으로 저하한다.

2. 2. 2 수성고분자-이소시아네이트계 접착제

이소시아네이트계 접착제는 분자 중에 이소시아네이트基(-NCO)를 2개 이상 가지고 있는 폴리이소시아네이트 화합물이 주체 또는 가교제로 사용되고 있는 수지의 총칭이다. 이소시아네이트基는 수산기, 아민기, 카르복실기 등과 쉽게 반응한다. 이소시아네이트계 접착제에는 2액형과 1액형이 있으며, 2액형에는 비수계 접착제(非水系 接着劑)와 수계 접착제(水系 接着劑)가 있다. 비수계 접착제는 폴리이소시아네이트와 폴리올류가 반응하여 생성된 우레탄 결합을 주체로 하는 우레탄 수지로 주로 금속, 고무 및 피혁 등의 접착에 사용된다. 수계 접착제는 수성고분자 또는 수성고분자 분산체를 주체성분으로 하고, 여기에 이소시아네이트 성분을 가교성분으로 배합하여 사용하는 수성고분자-이소시아네이트 접착제(water based polyisocyanate adhesives for wood)로 주체성분과 가교성분의 조합에 의해 성질과 성능이 다른 다양한 접착제가 제조되고 있다^{103,104)}. 수성고분자로서는 폴리비닐알콜(PVA)이나 그 유도체가 많이 사용되고 있으며, 그 밖에 전분, 카르복시메틸 셀룰로오스, 하이드록시에틸 셀룰로오스, 동식물 단백질, 리그닌 술폰산 등 물에 녹는 고분자는 대부분 사용될 수 있다. 또, 수성고분자 분산체로서는 폴리초산비닐(PVAc), 에틸렌·초산비닐 공중합체(E-

VA), 스틸렌·부타디엔 공중합체(SBR), 아크릴로니트릴·부타디엔 공중합체(NBR) 등 각종 고분자 에멀전이 이용되고 있다. 그 밖에 주체에 충전제, 증량제 및 계면활성제 등이 배합된다.

가교제의 이소시아네이트 화합물로서는 톨루엔다이소시아네이트(TDI), 디페닐메탄다이소시아네이트(MDI), 트리페닐메탄트리이소시아네이트(TTI) 및 이들의 중합체 예를들면, 폴리메틸렌폴리페닐이소시아네이트 등과 같은 1분자 중에 2개 이상의 이소시아네이트기를 갖는 화합물이 사용된다. 그러나, 이들 이소시아네이트계 화합물과 물과의 반응을 가능한 한 억제하고 주체성분과의 반응성을 상대적으로 높이기 위해 물에 불용인 유기용매에 녹여 경화제로서 사용하는 경우가 많다.

이 접착제의 장점은 고분자 수용액 또는 수계 에멀전을 사용할 수 있다는 점, 포름알데히드가 방출되지 않는다는 점, 접착제액이 중성 부근이므로 목재의 오염이나 열화의 원인이 되지 않는다는 점, 높은 접착내구성을 발휘한다는 점, 주체가 가교제의 조합에 의해 다양한 성질의 접착제 제조가 가능하다는 점 및 초기의 접착력 발현성이 우수한 점 등을 들 수 있다. 반면, 단점으로는 2액형으로 사용이 불편하고, 건조하기 쉬워 보관에 주의가 요구되며, 기구 등에 부착하여 경화하면 세척이 곤란하며, 모노머 이소시아네이트 화합물의 독성으로 인해 눈이나 피부에 직접 접촉되지 않도록 주의가 요구되며, 가격이 다소 비싸다는 점 등을 들 수 있다.

목재 산업에 있어서 수성고분자-이소시아네이트 수지 접착제는 가구, 건구, 판넬, 집성재 등의 상온접착, 합판이나 천연 화장단판의 접착시의 가열 접착제 외에 앞으로 다양한 용도가 개발되어 수요가 급성장할 것으로 예상된다.

2. 2. 3 페놀·레조르시놀수지 접착제

페놀·레조르시놀수지의 합성방법에는 1) 페놀수지와 레조르시놀수지를 각각 제조하여 사용하기 직전에 혼합하여 사용하는 방법, 2) 페놀·레조르시놀 및 포름알데히드를 동시에 반응시켜 제조하는 방법 및 3) 페놀수지에 레조르시놀을 공중합시켜 제조하는 방법이 있다¹⁰⁶⁻¹⁰⁷⁾. 그러나 1)의 방법은 페놀수지에 유리 포름알데히드가 다량 존재하거나 페놀수지의 축합도가 높으면 충분한 가사시간을 갖지 못하며, 2)의 방법은 포름알데히드에 대한 레조르시놀의 반응속도가 페놀의 그것 보다 10~15배 크기 때문에 합성시 수지의 조절이 어렵다. 3)의 방법에 의한 페놀·레조르시놀수지의 합성법은 최적의 수지조성과 반응조건을 구명하기가

어렵다. 국내에서 개발된 제조법은 1단계로 먼저 페놀에 대한 포름알데히드의 몰비를 1.0~1.4로 조절하여 반응시킨 초기 페놀 축합물에 2단계로 레조르시놀을 0.3몰 첨가하여 부가반응시키는 방법이다¹⁰⁷⁾.

이와 같이 합성한 페놀 레조르시놀수지는 작업성과 보존안정성이 우수하고, 접착성능은 기존의 유용성 우레탄수지나 수성고분자-이소시아네이트수지와 같은 상온경화형 수지와 동등하거나 그 이상이었다. 그러나, 레조르시놀의 가격이 페놀의 10~20배 정도로 비싸기 때문에 구조용으로서의 접착성능이 발휘되고 상온경화가 가능한 범위에서 가능한 한 레조르시놀의 양을 줄일 수 있는 연구가 요구된다.

2. 3 화장단판 접착 분야

가구산업에 있어서 화장단판의 접착기술은 디자인, 도장과 더불어 품질을 결정하는 중요한 기술이다. 가구표면을 장식하는 화장단판은 슬라이스 또는 로타리레이스로 절삭한 0.2~0.6mm두께가 일반적으로 많이 사용되고 있다. 또한 화장단판 제조용의 원목은 고가일 뿐만 아니라 비교적 고비중재이며, 수지나 추출물의 함량이 높은 수종(단풍나무, 느티나무, 티크, 로즈우드, 참나무, 월넛 등)이기 때문에 접착제가 단판 표면으로 스며나오지 않도록 함과 동시에 화장단판에 할렬이 생기지 않도록 접착시 특별히 주의가 요구된다¹⁰⁸⁾.

화장단판의 접착에는 고형분 45%이상의 초산비닐 에멀전수지가 주로 사용되나, 내수, 내열성이 빈약하다. 따라서, 요소수지에 의한 내수성 개선과 초산비닐에멀전수지의 유연성, 표면침투 방지 등의 특성을 살리기 위해 이들 두수지를 복합화한 요소·초산비닐 복합수지가 일반적으로 사용된다. 또, 요소수지의 유연성 부여를 위해 SBR(스티렌·부타디엔 고무)과 복합화한 요소·SBR복합계 수지도 사용된다. 이 복합계 수지는 상온에서는 건조가 상당히 늦지만, 가열에 의해 경화가 매우 빠르게 진행되며 특히 건조 단판의 접착시 조기경화에 의한 접착불량 방지에 효과적이다. 그 밖에 포름알데히드 방산이 되지 않는 중성 α -올레핀계 수지나 분말상 요소수지 등도 사용되고 있다.

2. 4 플러시 접착

플러시의 접착제품은 프레임에 비교적 얇은 보드류(주로 합판)로 피복접착한 상자 또는 판넬모양의 부재로 가구, 문 등에 활용하고 있다. 프레임

이 되는 재료는 주로 각재가 사용되었으나, 최근에는 MDF나 PB 등의 두꺼운 보드류도 이용되고 있다. 특히 구성재료가 다양하기 때문에 함수율과 수축율의 차이에 기인한 패널의 휨이나 뒤틀림에 특별한 주의가 요구된다. 플러시 패널의 접착에는 고품분이 높은(45% 이상) 노크랩형의 초산비닐 에멀전수지나, 이소부틸렌과 무수말레산 공중합폴리머를 주제로 에폭시화합물을 가교제로 사용하는 α -올레핀계 수지 및 이들 두수지를 복합화한 α -올레핀계 변성 초산비닐에 멀전수지 등이 사용되고 있다.

그 밖에 가장자리(Edge)의 접착에는 에틸렌·초산비닐 공중합체를 주성분으로 하는 핫멜트수지(내열성 개선을 위해 이소시아네이트를 혼합해서 사용할 경우도 있음.)나 클로로프렌과 같은 고무계 수지가 사용된다.

2.5 목질과 타재료와의 접착 분야

목질재료 마루판의 유행과 가구, 인테리어 등 표면화장재료의 다양화에 따라 시멘트, 플라스틱, 고무 및 금속재료와 목질재료의 접착을 피할 수 없게 되었다. 목질재료와 각종 이종재료와의 접착시 주로 사용되는 수지는 표 3과 같다¹⁰⁾.

그러나, 목재와 재질 및 성질이 매우 다른 재료와의 접착은 상당히 어려운 과제이다. 따라서 보다 용이한 접착을 위해 표면처리를 해야 할 경우가 많다. 표면처리 방법으로는 용제로 닦아내는 법, 화학약품처리법, 표면연마법, 도장처리법 및 코로나 방전처리법 등이 있다.

주로 금속재료 및 고무재료와의 접착시의 표면 처리는 화학약품처리 및 연마처리가, 플라스틱재료는 용제에 의한 닦아냄 및 연마법이 행해지고 있다.

3. 맺음말

이상과 같이 목재업계의 각 분야별 접착제의 이용현황과 연구개발방향에 관하여 개략적으로 기술하였다. 금후의 목재용 접착제로서 당분간은 요소, 멜라민, 페놀수지와 같은 열경화성수지와 초산비닐 에멀전수지가 주로 사용되리라는 점에는 의심의 여지가 없지만, 이들 수지 각각의 단일계 수지보다는 서로의 약점을 보완 할 수 있는 복합계 수지의 이용 쪽으로 급속히 진행될 것으로 예상된다. 또한, 용도의 다양화 즉 다품종 소량생산 체제로 전환되면 각각의 성능과 용도에 적합한 수지의 개발이 뒤따라야 할 것이다.

그렇게 하기 위해서는 목재 가공업계에서 직접 접착제를 생산하여 이용할 경우에는 연구실의 인력과 장비의 강화가 수반되어야 할 것이며, 가능하다면 목재용 접착제 제조회사로부터 수지를 공급받아 이용함으로써 접착제 제조회사의 전문화와 활성화를 뒷받침해 주어야 할 것으로 생각된다. 접착제 제조회사와 목재 관련업계의 긴밀한 협조를 통하여, 표 4에 나타난 바와 같이, 산적해 있는 기술 개발 과제를 해결함으로써 앞으로 세계의 목재 산업을 주도할 수 있도록 성장해주시기를 기대한다.

표 3. 목질재료와 각종 다른 재료와 접착시의 접착제

접착재료	수 지 명
· 고무재료	고무계수지(니트릴고무, 우레탄고무, SBR, SBS, SIS 등)
· 폴리프로필렌폼 및 에틸렌 폼	아크릴수지, 초산비닐·아크릴수지, 에틸렌·초산비닐수지, SBS, SIS
· 우레탄 폼	에틸렌·초산비닐수지, 폴리우레탄수지, 클로로프렌고무, 우레탄고무, 수성비닐 우레탄수지
· ABS, FRP	에틸렌·초산비닐수지, 에틸렌·아크릴 수지, 폴리우레탄수지, 에폭시수지, 클로로프렌고무, 니트릴고무, SBS, SIS
· 멜라민 시트	에틸렌·아크릴수지, 폴리우레탄수지, 에폭시수지, 클로로프렌고무, SBS, SIS
· 염화비닐 시트	아크릴수지, 에틸렌·초산비닐수지, 폴리우레탄, 니트릴고무, SBS, SIS
· 콘크리트	에폭시수지, SBS, SIS
· 피혁 류	폴리에스테르수지, 폴리우레탄수지, 클로로프렌고무, SBS, SIS
· 금 속	에폭시수지, 클로로프렌고무, SBS, SIS

주) SBR : Styrene-Butadiene-Rubber,
 SBS : Styrene-Butadiene-Styrene block copolymer,
 SIS : Styrene-Isoprene-Styrene block copolymer,
 ABS : Acrylonitrile-Butadiene-Styrene,
 FRP : Fiber Reinforced Plastics.

표 4. 목재가공 업계에 있어서 해결해야 할 과제

목 적	기술 개발 과제	접착 기술 과제
① 재료개발	① 고내구성 제품 ② 기능화, 복합화, 경량화 ③ 목질재료의 연속성형	고내구성 접착제 개발, 보존처리제의 접착 2차가공 접착, 이종재료의 접착 고반응성 접착제 개발
② 신뢰성	① 접착기구의 해명 ② 품질보증 ③ 목질재료의 균질화 ④ 현장시공, 구조접착	접착내구성 평가의 체계화, 열화기구 해명, 접착제의 물성 및 파괴기구 해명 촉진열화 시험법의 체계화, 비파괴 시험법의 응용기술 확립 재구성 복합화용 접착제 개발 고반응성, 구조용, 내열성 접착제 개발 비파괴 시험법 확립, 현장접착 기술 확립
③ 에너지 절약	① 건조비용 절감 ② 열압공정의 단축 및 생략화	고함수율 목재의 접착 저온 속경화성 접착제 개발, 여열이용 기술확립, 증기분사, 고주파, 마이크로파 가열접착기술 개발, 접착제 도포 기술 확립
④ 자원이용	① 미이용재, 수종의 다양화 ② 자원의 유효이용 ③ 목재성분 접착제화	접착제의 다양화, 난접착재의 접착기술, 접착시스템 개발 각종 보드류용 접착제, 길이방향 접착기술 향상 리그닌, 폴리페놀 및 탄수화물의 접착제화
⑤ 공해방지	① 제조공정 ② 사용환경	저독성, 비유기 용제형 접착제 개발 독성물질 제거용 첨가제 개발, 2차가공, 방화, 난연과의 관계 구명

參 考 文 獻

- 李永琦. 1992. 韓國 木質보드産業의 原資材 需給現況과 對策. 목재공학 20(3):7~10
- 朴明道. 1992. 國內 板狀材産業의 現況과 展 望. 목재공학 20(3):79~88
- 趙在明. 1992. 木材産業 環境變化와 對應戰 略. 목재공학 20(4):5~14
- 朴鍾瑩. 1993. 木質보드時代의 展開와 技術開 發戰略. 목재공학 21(4):79~89
- Troughton, G. E. 1969. Accelerated ageing of glue-wood bonds. *Wood Sci.* 1 (3):172~177
- Dutkiewicz, J. 1983. Hydrolytic degrada- tion of cured urea-formaldehyde resin. *J. Appl. Polym. Sci.* 28:3313~3320
- 山口東彦, 樋口光夫, 板田功. 1980. ユリア樹 脂硬化物の加水分解的溶出の舉動. 木材學會 誌 26(3):199~204
- 樋口光夫, 板田功. 1989. 木材の科學と利用技 術. - 9. アミノ樹脂およびフェノール系樹脂 の接着耐久性と劣化機構. 日本木材學會研究 分科會報告書:97~103
- 樋口光夫, 板田功. 1979. ユリア樹脂接着劑の 改質に關する研究(第1報). 耐水性改善の可 能性について. 木材學會誌 25(7):496~502
- 樋口光夫, 桑水流健二, 板田功. 1980. ユリア 樹脂接着劑の改質に關する研究(第3報). 酸 捕捉劑による耐水性の改善. 木材學會誌 26 (5):310~314
- 江崎和也, 樋口光夫, 板田功. 1982. ユリア樹 脂接着劑の老化性とその改善. 木材工業 37 (5):225~230
- Ebewele, R. O., G. E. Myers, B. H. River and J. A. Koutsky. 1991. Pol- yamine-modified urea-formaldehyde re- sins I. Synthesis, structure, and proper- ties. *J. Applied Polymer Sci.* 42:2997 ~3012
- Ebewele, R. O., B. H. River, G. E. Myers and J. A. Koutsky. 1991. Pol- yamine-modified urea-formaldehyde re- sins II. Resistance to stress, induced by moisture cycling of solid wood joints and particleboard. *J. Appl. Polym. Sci.* 43:1483 ~1490

14. Ebewele, R. O., B. H. River and G. E. Myers. 1993. Polyamine-modified urea-formaldehyde resins III. Fracture toughness and cyclic stress and hydrolysis resistance. *J. Appl. Polym. Sci.* 49:229~245
15. Tomita, B., H. Osawa, C. Y. Hse and G. E. Myers. 1989. New curing system of urea-formaldehyde resin with polyhydrazides I. Curing with dihydrazide compounds. *Mokuzai Gakkaishi* 35(5):455~459
16. Miyake, K., B. Tomita, C. Y. Hse and G. E. Myers. 1989. New curing system of urea-formaldehyde resin with polyhydrazides II. Curing with poly(methacryloylhydrazide). *Mokuzai Gakkaishi* 35(8):736~741
17. Miyake, K., B. Tomita, C. Y. Hse and G. E. Myers. 1989. New curing system of urea-formaldehyde resin with polyhydrazides III. Curing reaction mechanism. *Mokuzai Gakkaishi* 35(8):742~747
18. 山岸祥恭. 1986. 新しい木材用接着剤. アルキル・レゾルシノール樹脂接着剤(2). *日本接着協会誌* 22(7):385~394
19. Sato, K., Y. Abe and K. Sugawara. 1975. Acid-catalyzed hydrolysis of methylol-melamine. *J. Polymer Sci., Polymer Chem. Ed.* 13:263~265
20. Bauer, D. R. 1982. Degradation of organic coatings. I. Hydrolysis of melamine formaldehyde/acrylic copolymer films. *J. Appl. Polym. Sci.* 27:3651~3662
21. 樋口光夫, 田島誠太郎, 入田一, 盧正官, 坂田功. 1991. メラミン・ユリア・ホルムアルデヒド樹脂接着剤の硬化挙動とポリマ構造(第1報). 硬化過程の解析方法. *木材學會誌* 37(11):1041~1049
22. 樋口光夫, 田島誠太郎, 入田一, 盧正官, 坂田功. 1991. メラミン・ユリア・ホルムアルデヒド樹脂接着剤の硬化挙動とポリマ構造(第2報). 樹脂合成時における共縮合の有無ならびにユリア樹脂-メラミン混合系の硬化挙動. *木材學會誌* 37(11):1050~1055
23. Tomita, B. and C. Y. Hse. 1993. Synthesis and structural analyses of cocondensed resin from urea and methylolphenols. *Mokuzai Gakkaishi* 39(11):1276~1284
24. Tomita, B., M. Ohyama, A. Itoh, K. Doi and C. H. Hse. 1994. Analysis of curing process and thermal properties of phenolurea-formaldehyde cocondensed resin. *Mokuzai Gakkaishi* 40(2):170~175
25. 田村靖夫, 山田忠和, 長谷行正, 深澤厚. 1981. フェノール・メラミン樹脂接着剤の最近における状況. *木材工業* 36(7):315~320
26. Ku, C. C., T. Y. Sun, and J. S. Sao. 1982. Phenol-triazine resin. *Polymer News* 8:76~78
27. 太田忠男, 小川光敏. 1984. 構造用合板の接着技術. - 難接着材および針葉樹材の接着対応について. *接着* 28(5):217~224
28. 盧正官, 樋口光夫, 坂田功. 1987. 熱硬化性樹脂接着剤の硬化挙動と接着特性(第1報). フェノール・メラミン・ホルムアルデヒド樹脂の硬化過程の追跡方法. *木材學會誌* 33(3):193~198
29. 盧正官, 樋口光夫, 坂田功. 1987. 熱硬化性樹脂接着剤の硬化挙動と接着特性(第2報). フェノール・メラミン・ホルムアルデヒド樹脂の硬化挙動と接着耐久性. *木材學會誌* 33(12):963~968
30. 盧正官, 樋口光夫, 坂田功. 1989. 熱硬化性樹脂接着剤の硬化挙動と接着特性(第3報). フェノール・メラミン・ホルムアルデヒド樹脂の硬化挙動におよぼす樹脂組成の影響. *木材學會誌* 35(9):320~327
31. 盧正官, 樋口光夫, 坂田功. 1990. 熱硬化性樹脂接着剤の硬化挙動と接着特性(第4報). ホットプレス条件下でのフェノール・メラミン・ホルムアルデヒド樹脂の硬化挙動. *木材學會誌* 36(1):36~41
32. 盧正官, 樋口光夫, 坂田功. 1990. 熱硬化性樹脂接着剤の硬化挙動と接着特性(第5報). フェノールとメラミンの共縮合反応. *木材學會誌* 36(1):42~48
33. 樋口光夫, 三根利博, 盧正官, 坂田功. 1992. フェノール・メラミン樹脂接着剤の耐久性に對する高分子量ノボラックの効果. *木材學會誌* 38(5):442~447
34. Higuchi, M., S. Tohmura and I. Sakata. 1990. Acceleration of the cure phenolic resin adhesives I. Adhesive systems

- formulated from resins of advanced condensation. *Mokuzai Gakkaishi* 36(3):186~192
35. 中野義知, 1989. 高分子量ノボラック樹脂の物性と應用. *日本接着協會誌* 25(5):194~200
 36. 盧正官, 1993. 합판용 페놀수지 접착제의 속경화. 94학술논문발표요지집. 한국목재공학회:89~69
 37. 野村衛, 武部具文, 1978. 最近のフェノール系樹脂接着劑の動向. *木材工業* 33(6):233~236
 38. Ellis, S. 1993. Effects of resin particle size on waferboard adhesive efficiency. *Wood and Fiber Sci.* 25(3):214~219
 39. Myers, G. E. 1988. New technologies and materials for bonding wood products. *Adhesive Age*:31~36
 40. Anonumous. 1986. Adhesives update. *Wood-based Panels Inter.* 6(1):24
 41. 興聿雄二, 1976. 合板工場におけるホルマリン臭氣對策について. *木材工業* 31(2):73~75
 42. 峯村伸哉, 1976. ユリア樹脂接着合板の無臭化. *木材工業* 31(12):539~543
 43. 合成樹脂工業協會 接着劑部會技術委員會, 1979. 合板から放散するホルムアルデヒドに関する二, 三の考察. *木材工業* 34(10):452~456
 44. 富田文一郎, 1980. 化學構造から見たユリア樹脂無臭化の現況. *木材工業* 35(5):193~199
 45. Meyer B., W. E. Johns and J-K. Woo, 1980. Formaldehyde release from sulfur-modified urea-formaldehyde resin systems. *Forest Prod. J.* 30(3):24~30
 46. Murutzky, R., L. Mehlhorn and W. Enzel, 1981. Reducing the formaldehyde emission from furniture. *Holz als Roh- und Werkstoff* 39:7~10
 47. 玄正仁, 鄭然興, 李鎔大, 趙在明, 1981. 脫臭劑의 接着劑混入에 의한 無臭合板 製造. *林業試驗場研究報告* 28:89~110
 48. Grigoriou, A. 1987. Formaldehyde release from edges and faces of various wood based panels. *Holz als Roh- und Werkstoff* 45:63~67
 49. Meyer, G. E. and J. A. Koutsky, 1987. Procedure for measuring formaldehyde liberation from formaldehyde-based resins. *Forest Prod. J.* 37(9):56~60
 50. Meyer, G. E. 1989. Advances in methods to reduce formaldehyde emission. Composite board products for furniture and cabinats - Innovations in manufacture and utilization: Proceedings 47357:56~64
 51. Roffael, E. 1989. Formaldehyde release from wood-based panels - A review. *Holz als Roh- und Werkstoff* 47:41~45
 52. Scheithauer, M., O. Merker, K. Aehlig and E. Hoferichter, 1989. Characterization of UF resins concerning their formaldehyde emission. *Holz als Roh- und Werkstoff* 47:457~461
 53. Meyer, G. E. and J. A. Koutsky, 1990. Formaldehyde liberation and cure behavior of urea-formaldehyde resins. *Holz-forschung* 44(2):117~126
 54. Larsen, A., N. A. Jentoft and T. Greibrokk, 1992. Extraction of formaldehyde from particleboard with supercritical carbon dioxide. *Forest Prod. J.* 42(4):45~48
 55. 松本庸夫, 1974. 住環境下における合板から放散するホルムアルデヒドの氣中濃度について. *木材工業* 29(1):18~24
 56. 田村靖夫, 1987. 木材加工製品から放散するホルムアルデヒド量の測定法. *木材工業* 42(9):418~421
 57. 富永宏文, 1983. 木質材料のホルムアルデヒド放散量を測定する小スケール試験法 - 2時間デシケータ法(FTM-1). *木材工業* 39(2):97~99
 58. Rybicky, J., J. J. Balatincez and J. K. Rawat, 1988. Assessment of the kinetics of the desiccator test for formaldehyde release from particleboards. *Forest Prod. J.* 38(7/8):46~50
 59. Wittman, 1983. Production of particleboard with reinforced aminoplast resin glues. *Holz als Roh- und Werkstoff* 41:431~435
 60. Myers, G. E. 1984. How mole ratio of UF resin affects formaldehyde emission and other properties: A literature critique.

- Forest Prod. J.* 34(5):35~41
61. Jann, O. and H. J. Deppe. 1990. Allowance for moisture content of particleboards for formaldehyde determination. *Holz als Roh- und Werkstoff* 48:365~369
 62. Molhave, L. 1980. The effect of a chemical-treatment of formaldehyde emission from particleboard. *Holzforschung* 32:137
 63. Meyer, B. and N. L. Carlson. 1983. Formaldehyde emission from particleboard postcured by radio-frequency heating. *Holzforschung* 37:41~45
 64. Marutzky, R. 1989. Possibilities of diminishing the indoors formaldehyde content. *Holz als Roh- und Werkstoff* 47:207~211
 65. Wittmann, O. 1985. Face coating using resin glues with reduced formaldehyde content. *Holz als Roh- und Werkstoff* 43:187~191
 66. Myers, G. E. 1986. Effects of post-manufacture board treatments on formaldehyde emission: A literature review(1960-1984). *Forest Prod. J.* 36(6):41~51
 67. 田村靖夫. 1987. 木質ボードの製造技術および装置・プラントの進展. 1. 接着剤. *木材工業* 42(12):550~553
 68. Milota, M. and J. B. Wilson. 1985. Iso-cyanate-polyol resin as a binder for particleboard. *Forest Prod. J.* 35(7):44~48
 69. 井上大成, 田村靖夫, 桑延照. 1992. 水性高分子イソシアネート系接着剤の最近における動向. *木材工業* 42(9):418~421
 70. Ball, G. W., R. P. Redmann and A. D. Adams. 1979. *Forest Ind.* 4:76(문헌 67 재인용)
 71. Ernst, K. 1985. Experiences with isocyanates in the particleboard industry. *Holz als Roh- und Werkstoff* 43:423~427
 72. 川井秀一, 佐佐木光. 1986. 低比重パーティクルボードの製造技術(第1報). 比重傾斜の附與とボードの材質に及ぼす効果. *木材學會誌* 32(5):324~330
 73. Tinkelenberg, A. 1982. *J. Adhesion* 14:219(문헌 67 재인용)
 74. Christiansen, A. W. and R. H. Gillespie. 1986. Potential of carbohydrates for exterior-type adhesives. *Forest Prod. J.* 36(7/8):20~28
 75. Conner, A. H. and B. H. River. 1986. Carbohydrate modified phenol-formaldehyde resins. *J. Wood Chem. Tech.* 6(4):591~613
 76. Young, R. A., M. Fujita, and B. H. River. 1985. New approaches to wood bonding - A base-activated lignin adhesive system. *Wood Sci. Tech.* 19:363~381
 77. Krzysik, A. and R. A. Young. 1986. A lignin adhesive system for flakeboard production. *Forest Prod. J.* 36(11/12):39~44
 78. Wooten, A. L., T. Jr. Sellers and P. M. Tahir. 1988. Reaction of formaldehyde with lignin. *Forest Prod. J.* 38(6):45~46
 79. Matte, J. F. and J. Douget. 1988. Recent developments in lignin utilization as wood adhesive: A review. *Cellulose Chem. and Tech.* 22:71~78
 80. Olivares, M., J. A. Guzman, A. Natho and A. Saavedra. 1988. Kraft lignin utilization in adhesives *Wood Sci. Tech.* 22:157~165
 81. Roffael, E. and B. Dix. 1991. Lignin and lignosulfonate in non-conventional bonding an overview. *Holz als Roh- und Werkstoff* 49:199~205
 82. Pecina, H. and Z. Bernaczyk. 1991. Investigation into the manufacture of hard wood fibre boards in the drying process using lignin-phenol-glues. *Holz als Roh- und Werkstoff* 49:207~211
 83. Pecina, H., G. K hne, Z. Bernaczyk and O. Wienhaus. 1991. Lignin-phenol-glue for the production of wood based materials - Lignin-phenol-glue as and alternative to conventional phenol adhesives. *Holz als Roh- und Werkstoff* 49:391~397
 84. Calve, L. R., J. A. Shields and K. K. Sudan. 1991. Commercial trials of a lignin-phenolic waferboard adhesive. *Forest Prod. J.* 41(11/12):36~42
 85. Pizzi, A. 1978. Wattle-base adhesives for exterior grade particleboards. *Forest Prod.*

- J.* 28(12):42~47
86. Pizzi, A. and D. G. Roux. 1978. The chemistry and development of tannin-based weather-and boil-proof cold-setting fastsetting adhesives for wood. *J. Applied Polymer Sci.* 22:1945~1954
 87. Pizzi, A. 1979. Phenolic and tannin-based adhesive resins by reactions of coordinated ligands II-Tannin adhesive preparation, characteristics, and application. *J. Applied Polymer Sci.* 24: 1257~1268
 88. Pizzi, A. 1980. Tannin-based adhesives. *J. Macromolecular Sci. Rev. Macromol. Chem.* C18(2):247~315
 89. Huber, A. E., A. Pizzi and F. A. Cameron. 1984. Industrial tannin adhesives for interior plywood. *J. Applied Polymer Sci.:* Applied Polymer Symposium 40:59~61
 90. 高野了一. 1985. 樹皮からの接着剤. 第6回 木材接着研究会討論要旨集. 7~12
 91. Kreibich, R. E. and R. W. Hemingway. 1987. Condensed tannin-sulfonate derivatives in cold-setting wood laminating adhesives. *Forest Prod. J.* 37(2):43~46
 92. 阿部勳. 1987. 森林資源からの接着剤(1) -天然ポリフェノールを中心として-. *木材工業* 42(2):151~156
 93. 阿部勳. 1987. 森林資源からの接着剤(2) -天然ポリフェノールを中心として-. *木材工業* 42(5):205~209
 94. Grigoriou, A. 1990. Application of unmodified and modified with urea-formaldehyde resin bark extracts from *Pinus halepensis* Mill. as adhesives for particleboards. *Holz als Roh-und Werkstoff* 48:377~380
 95. Leyser, E. and A. Pizzi. 1990. The formulation and commercialization of glulam pine tannin adhesives in Chile. *Holz als Roh-und Werkstoff* 48:25~29
 96. 宋 暎權, 盧 正官. 1991. 針葉樹 樹皮 縮合タニン과 메틸올화 페놀 混合系の 接着性能. *林業研究院 研究報告* 43:52~58
 97. 新材料成形加工事典. 1990. 産業調査會: 907~908
 98. Hatano, Y., B. Tomita and H. Mizumachi. 1986. Relation between viscoelastic properties of polyvinyl acetate and adhesive strength. *Holzforchung* 40(4):255~258
 99. 太田俊昭. 1986. 新しい木材用接着剤. *接着* 30(4):159~164
 100. 瀧欽二, 鈴木敬子, 吉田弾明. 1991. 酸硬化型 醋ビエマルジョン接着剤の物性と接着性. *木材工業* 46(3):117~122
 101. 谷口和彦. 1993. 木質材料用接着剤の最近の動向. *木材工業* 48(6):254~260
 102. 本山卓彦. 1987. 最近のラテックス, エマルジョン技術. *接着* 31(9):389~394
 103. 大原治. 1986. 水性ビニルウレタン系接着剤. *接着* 30(5):201~206
 104. 瀧欽二. 1993. 木質材料用接着剤の最近の動向. *木材工業* 48(6):254~260
 105. Lippmaa, H., T. Välimäe and P. Christjanson. 1988. Comparison of resorcinol and 5-methylresorcinol copolycondensates with hydroxymethylphenols using GPC/13C NMR analysis. *日本接着協會誌* 24(7):255~261
 106. Christjanson, P. and A. Köösel. 1988. Co-condensates of hydroxymethylphenols with resorcinol and 5-methylresorcinol. *日本接着協會誌* 24(7):255~261
 107. 盧正官. 1993. 페놀-레조르시놀 수지의 합성과 접착성능. *목재공학* 21(1):51~58
 108. 藤本勝. 1986. 新しい化粧ばり用接着剤について. *接着* 30(7):292~296
 109. 若林一民. 1987. 接着剤の選び方. *接着* 31(10):449~460