

폐기 목질재료에 의한 컴퓨터 책상판의 제조*¹

노정관*², 도정락*³

Manufacture of Top Table for Computer Desk by Wasted-Wood Materials*¹

Jeang-Kwan Roh*², Jeong-Lak Do*³

목 차

- | | |
|--------------------|---------------------|
| 1. 서론 | 3. 결과 및 고찰 |
| 2. 재료 및 방법 | 3-1. 제품의 설계 |
| 2-1. 공시재료 | 3-2. 책상판의 제조공정 |
| 2-1-1. 폐기목질 재료 | 3-3. 책상판 제조용 수지 접착제 |
| 2-1-2. 수지 접착제 | 3-4. 책상판의 성능 |
| 2-1-3. 표면마감재 | 4. 결론 |
| 2-2. 시험방법 | 5.참 고 문 헌 |
| 2-2-1. 컴퓨터 책상판의 제조 | |
| 2-2-2. 성능평가 | |

ABSTRACT

A computer top table was manufactured with the solid wood wastes that has been landfilled, combustion or burnt as a fuel at the present time. The computer table is different in form and size to that of existing fixed rectangular. It is ideal product not only convenient and functional to use and beautiful design but also processing performance of edge area and overlaying properties. The main technologies to develop this computer top table are the plan for moulder to mould the product and producing, molding the most suitable material and composition, suitable adhesives selecting and synthetic technology, investigation for the moulding conditions such as temperature, time etc, adequate overlaying materials selecting and overlaying technology have to be checked.

*¹ 본 연구는 중소기업청의 제8차 산학연 공동기술개발 컨소시엄 사업에 의하여 수행되었음.

*² 진주산업대학교 이공학부, College of Sciences & Engineering, Jinju National University, Jinju 660-758, Korea

*³ 도림산업(주), D.L. Industry Co. Ltd, Yangsan 628-830, Korea

1. 서 론

목재는 친환경적이고 친인화적인 재료로서 재생산이 가능한 최대의 바이오매스 자원임과 동시에 재이용이 비교적 용이한 재료이다. 현재 지구상에 존재하는 식물중 목재가 고정하는 탄소의 양은 약 7360톤으로 이산화탄소를 환산하면 2조 6987억톤이라는 막대한 양의 이산화탄소를 목재가 고정하고 있는 결과가 된다. 따라서 목재의 재활용은 환경보호 측면에서도 관심이 높다. 그러나 국내에서 발생되고 있는 전폐 목재의 약 52%인 건설 폐목재 중의 96% (소각 : 59%, 매립 : 37%), 약 2%의 생활 폐목재의 88% (소각 : 10%, 매립 78%) 및 약 6%의 물류 폐목재의 33% (소각 33%) 인 약 6,233천 m^3 이 소각이나 매립처리 되고 있다(김, 1999). 폐목재는 태우거나 매립될 경우 지구 온난화의 주요 원인인 이산화탄소가 발생되기 때문에 이를 감소시키기 위해서는 목질재료의 재활용을 통해서 목재의 사용 기간을 최대한 연장시켜 주는 것이 합리적인 방안중의 하나이다(川井, 1997; 堀江, 1998. 富永 등 1999; 河村, 1999; 原田, 1999; David, 1996; John, 1996). 특히 목재 자급율이 10%에도 미치지 못하는 국내 현실을 고려할 때, 재활용되지 않는 자원의 효율적인 이용은 외화절약 뿐만이 아니라 환경문제와 관련에서도 매우 중요한 과제 중의 하나이며, 일본에서는 이미 사용한 파티클 보드로부터 목재 칩의 회수 및 재이용에 관해 많은 노력을 기울이고 있다(富永, 1999; 齊藤, 1999). 그러나 국내의 경우, 현재 또 다른 제품의 원료나 연료로는 약 40% 정도밖에 재활용되지 않고 있으며, 재활용되는 것도 거의 절반이 연료이다. 따라서 매립 또는 소각처리되거나 연료로서 연소되는 약 8,400천 m^3 (전체 폐목질 재료의 76%)의 폐목질 재료를 이용한 신제품의 개발이 절실히 요구되고 있

는 실정이다.

폐기 목질을 이용한 대표적인 목질재료는 파티클보드(PB)로 주로 산업폐재를 이용하여 국내에서는 연간 약 70~80만 m^3 정도가 생산되고 있으며, 주로 가구의 원재료로서 사용되고 있다. 본 연구에서 개발한 컴퓨터 책상의 상판도 현재, PB나 중밀도 섬유판(MDF)이 주로 사용되고 있다.

그러나, 기존 컴퓨터 책상판의 사이즈는 세로 1000 또는 1200, 폭 470 또는 480mm의 직사각형으로 그 주재료는 표면마감재(저가품 : 비닐계, 고가품 : 화상단판)를 오버레이한 PB 또는 MDF이다. 그러나 시판의 PB나 MDF의 사이즈(KS의 규정)는 1200(1220)×2400(2440)mm로 규정되어 있어 1매의 PB나 MDF로는 현재의 컴퓨터 책상판 사이즈로 5개를 얻을 수 있다. 따라서 보다 안락하고 기능적인 지수의 컴퓨터 책상판을 얻기 위해서는 현행의 PB나 MDF의 지수를 증대시키거나, 1매의 PB나 MDF로부터 취할 상판의 수를 줄여야만 가능하나, 현재로서는 PB의 지수를 증대시키는 것은 곤란하며, 또한 컴퓨터 책상판의 개수가 줄어들며 생산원가의 상승으로 가격경쟁력이 상실된다. 뿐만 아니라, 본 개발 제품과 비교할 때 기존의 PB나 MDF를 절단하여 책상판을 제조할 경우는 절단된 마구리면의 마감가공 처리(도장이나 옛지재료 접착)공정이 절대적으로 필요한 반면 본 책상판은 1,2차의 성형공정에 의해 마구리면의 마감처리가 완성되는 장점을 가지고 있다.

따라서, 우리 인간이 컴퓨터와 떨어져서는 생활할 수 없는 시대에 돌입하고 있는 지금, 컴퓨터와 마주하는 시간이 점점 많아지고 있어 컴퓨터 테이블의 구조와 기능이 인체에 유익하도록 설계되어야 한다. 또한, 현재 매립 또는 소각처리되거나 연료로서 연소처리되는 약 8,400천 m^3 의 폐목질 재료를 원료로 이용한 컴퓨터 책상판은 자연보호에도 기여할 수 있다. 본 폐기 목

질재료에 의해 제조한 컴퓨터 책상판은 기존의 고정된 장방형의 컴퓨터 책상판의 형상과 치수에서 탈피하여 사용의 편리성과 기능성 및 심미성을 부여한 디자인일 뿐만 아니라 마구리면의 가공성이나 표면마감성 등도 매우 우수한 제품이다.

본 연구에서는 100% 폐기 목질재료를 이용한 컴퓨터 책상판을 개발하고, KS F 3104의 파티클 보드와 F 3200의 섬유판에 준하여 성능을 검토하였다.

2. 재료 및 방법

2-1 공시재료

2-1-1 폐기목질 재료

책상판의 제조에 사용한 폐기 목질재료는 건설폐재 및 산업폐재(절단폐재) 등이 혼합된 칩을 다시 분쇄기로 분쇄한 다음 직화가열식 드럼형 건조기에서 함수율 3~5%로 건조한 후 고운칩과 거친칩으로 분별하여 사용하였으며, 고운칩은 1.4mm~480 μ m가 약 70%, 거친칩은 1.4mm 이하가 10%, 1.4~5.0mm가 67%, 5.0mm 이상이 23%였다.

2-1-2 수지 접착제

기존의 거푸집용 수지와 거의 유사한 요소·멜라민 수지와 포름알데히드의 방출수준을 줄이기 위한 멜라민의 함량이 높은 요소·멜라민 수지 및 페놀·멜라민수지를 합성하였다.

기존의 요소·멜라민 수지(UMF)는 요소:멜라민:포름알데히드의 몰비를 1 : 0.17 : 1.6으로 하여 동시반응에 의해 제조하였다. 그러나 요소와 멜라민에 대한 포름알데히드의 몰비율이 높은 기존의 수지는 포름알데히드의 방출량이 기준을 만족하지 못하였다. 따라서 요소와 멜라민에 대한 포름알데히드의 몰비는 1.2로 고정하고, 요소에 대한 멜라민의 몰비를 0.3에서 0.6으로 변화시킨 요소·멜라민 수지 접착제를

합성하여 책상판의 성능을 비교하였다(동시반응 : Sim-UMF). 또한, 요소에 대한 멜라민의 몰비 0.5의 분리반응 요소·멜라민 수지(Sep-UMF)는 요소:멜라민:포름알데히드의 몰비를 1:0.32:2로 하여 먼저 멜라민과 포름알데히드를 반응시켜 메틸올화 멜라민을 생성시킨 후 요소를 첨가하여 반응시킨 분리반응에 의하여 제조하였다.

2-1-3 표면 마감재

폐목질 재료로 성형한 책상판의 표면에는 목재 문양을 인쇄한 모양지를 적층하여 표면 마감하였다. 특히 3차원의 곡면부분에 있어서 표면마감재에 의한 적층마감에는 특별한 기술이 요구되며 본 표면마감재는 기존의 비닐 제품과는 달리 재재활용에도 크게 문제가 되지 않는 장점을 가지고 있다.

2-2 시험방법

2-2-1 컴퓨터 책상판의 제조

본 성형책상판의 제조공정은 ① 폐기 목질 재료의 수거 → ② 분쇄 → ③ 건조 → ④ 선별 → ⑤ 접착제 제조 → ⑥ 접착제와 칩의 혼합 → ⑦ 1차 성형 → ⑧ 수지함침지 적층과 2차 성형의 순이다. 컴퓨터 책상판의 제조 조건은 Table 1과 같으며, 표면마감성을 고려해 고운칩만에 의해 성형하였다.

2-2-2 성능 평가

제조한 컴퓨터 책상판의 성능평가는 파티클보드의 품질검사 기준인 KS F 3104와 MDF의 품질검사 기준인 KS F 3200에 준하여 실시하였다. 책상판의 휨 강도 성능은 책상판의 평행방향과 수직방향에 대해 상태 및 습윤(25 $^{\circ}$ C의 물에 24시간 침지)시험을 실시하였다. 또한, 흡수두께 팽창율에 의해 컴퓨터 책상판의 내수성을 나사못 유지력과 박리강도에 의해 가공 및 접착성능을 평가하였다.

<Table 1> Manufacturing conditions of computer top table

Item		Conditions	
Amount of particle (g)		Fine particle : 8000	
Target density	(g/cm ³)	0.8	
Adhesive	Urea-melamine resin (molar ratio)	U:M:F=1:0.3:1.56	
	Solid content (%)	56	
	Amount of spread (%)	10.4	
Pressing	Temperature (°C)	190	
	Time (sec.)	1st	260
		2nd	220
	Pressure (kgf/cm ²)	65	

3. 결과 및 고찰

3-1 제품의 설계

컴퓨터 책상판의 설계 평면도는 Fig. 1과 같다.

본 책상판은 기존 컴퓨터 책상판의 사이즈인 세로 1000, 폭 480mm의 직사각형과는 달리 세로의 길이를 50mm 늘이고 특히, 폭을 560mm로 확대함과 동시에 몸쪽에는 체형에 맞게 둥근 곡선으로 마감하였다. 또, 책상 들레에 학습도구가 떨어지지 않도록 방지턱의 도입과 더불어 미적인 감각을 살린 3차원 입체 구성으로 설계하였다. 상판의 전면에는 마우스 패드판 고정 성형부를 도입하여 마우스 패드판의 움직임을 차단할 수 있도록 하였으며, 표면 성형부에는 내마모성이 강한 수지함침 표면마감재를 적층 접착 가공하여 긁힘 등의 표면 손상이 적도록 설계하였다.

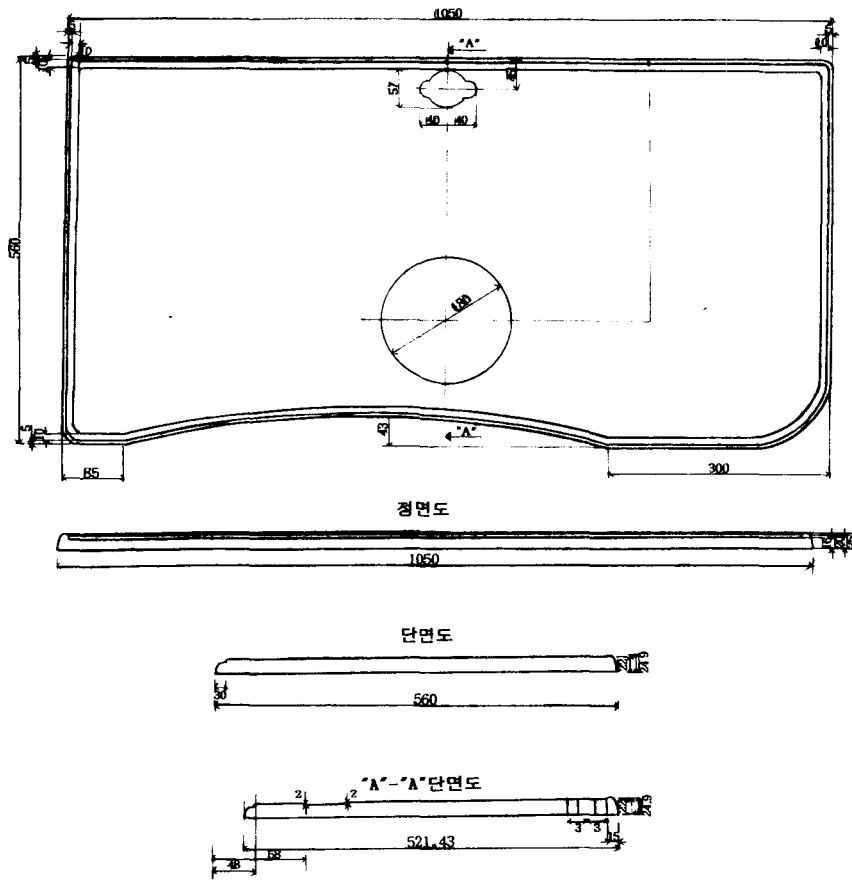
3-2 책상판의 제조공정

본 성형 천판의 제조공정은 먼저 성형용 원원료인 절단폐재를 수거하여 분쇄와 건조공정을 거쳐 고운 칩과 거친 칩으로 분별하였다. 직화가열식 건조기로 건조된 칩

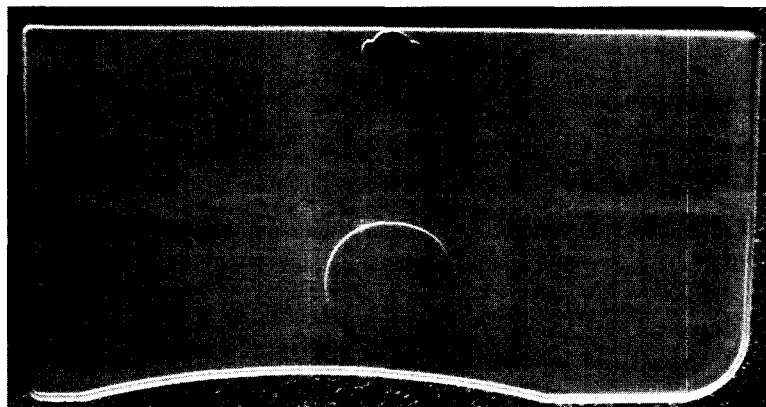
의 함수율은 고운 칩이 3.5%, 거친 칩이 3%였다. 고운 칩과 거친 칩의 사이즈는 거친 칩은 1.4mm이하가 10% 정도이며, 1.4~5.0mm가 67%, 5.0mm 이상이 약 23%인데 반하여 고운칩은 1.4mm 이상이 16%, 1.4mm~600 μ m가 57%, 600 μ m 이하가 27%였다. 이와 같은 칩의 크기가 책상판의 성형성에 미치는 영향을 육안으로 검토한 결과, 거친칩만에 의한 책상판은 표면성이 불량하였다. 그러나 고운 칩만에 의한 책상판은 표면마감성이 양호하여 고운 칩에 의한 제조가 바람직할 것으로 생각된다. 이렇게 건조 선별된 고운칩에 계산량의 요소·멜라민 수지 접착제를 균일하게 도포한 후, 일정량을 성형기에 투입하여 1차 성형하였다. 이어 표면마감재를 적층하고 2차 성형하여 내마모성이 우수한 책상판을 제조하였다. 성형한 책상판은 Fig. 2와 같다. 또한, 본 책상판은 다양한 멜라민 수지 함침 표면마감재의 문양에 따라 원하는 문양의 표현이 가능하였다.

3-3 컴퓨터 책상판 제조용 수지 접착제

현재, PB나 MDF의 제조에는 요소수지 접착제가 거의 대부분 사용되고 있다. 그러나 요소수지 접착제는 포름알데히드의



<Fig. 1> Top and front view of top table of the computer desk (unit : mm).



<Fig. 2> A computer table manufactured with wasted-wood materials.

방출량이 많고, 내수접착성능이 불량하기 때문에 본 책상판의 제조에는 사용하기 곤

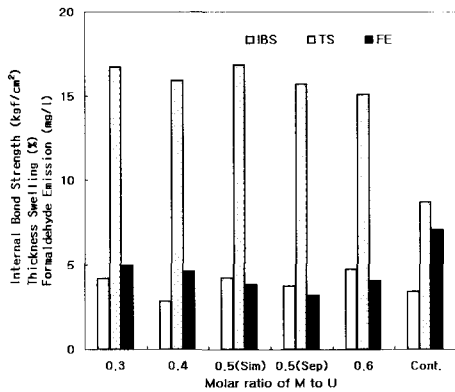
란할 것으로 생각된다. 또한, 콘크리트 거푸집용 합판에는 요소·멜라민 수지 접착

제가 주로 사용되고 있다. 요소·멜라민수지는 현재 국내의 업계에서 이용하고 있는 요소, 멜라민 및 포름알데히드를 처음부터 동시에 반응시켜 합성한 동시반응(UMF) 수지와, 메틸올화 요소에 멜라민을 첨가하거나 일본 등에서 사용하고 있는 메틸올화 멜라민에 요소를 첨가하는 분리반응에 의해 합성한 수지를 사용하고 있다. 그러나 이들 요소·멜라민 수지로 제작한 콘크리트 거푸집용 합판의 경우 내수, 내구접착 성능이 주로 요구되고 포름알데히드의 방출량은 그다지 문제시되고 있지 않다. 본 컴퓨터 책상판의 경우는 내수, 내구접착 성능뿐만이 아니고, 실내에서 사용하는 제품이기 때문에 포름알데히드의 방출량 조절이 매우 중요하다. 따라서 현재 국내에서 사용되고 있는 목질용 수지에 의해 책상판의 제조는 곤란할 것으로 생각되어, 새로

운 수지 합성을 시도하였다.

기존의 거푸집용 수지와 거의 유사한 요소·멜라민 수지와 포름알데히드의 방출수준을 줄이기 위한 멜라민의 함량이 높은 요소·멜라민 수지 및 페놀·멜라민수지를 합성하였다.

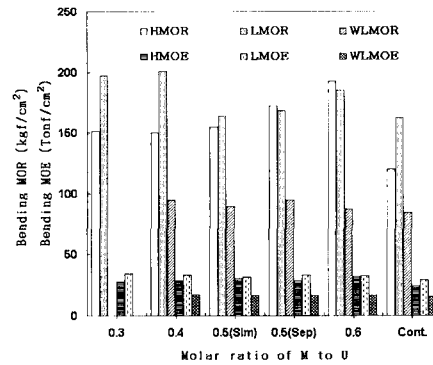
멜라민의 함량이 낮은 요소·멜라민 수지(UMF)의 경우, 흡수두께 팽창율 및 휨강도는 타수지에 비해 우수하나, 포름알데히드의 방출량이 당초의 목표치를 초과하였다. 이점은 현재 주로 사용되고 있는 요소·멜라민 수지의 조성에 있어서 요소와 멜라민에 대한 포름알데히드의 몰비 1.35와 요소에 대한 멜라민의 몰비 0.17의 수지조성으로는 해결하기 어려울 것으로 생각된다. 따라서 요소와 멜라민에 대한 포름알데히드의 몰비는 1.2로 고정하고, 요소에 대한 멜라민의 몰비를 변화시켜 제조



<Fig. 3> Internal bond strength(IBM), thickness swelling(TS) and formaldehyde emission(FE) of the computer table manufactured with different melamine(M) to urea(U) molar ratio of urea · melamine(UMF) resin.

Notes: Sim : UMF resin simultaneously reacted with urea, melamine and formaldehyde.

Sep : UMF resin separately reacted with urea to methylolated melamine



<Fig. 4> Modulus of rupture(MOR) and modulus of elasticity(MOE) of moulded the computer table with different melamine to urea molar ratio of urea · melamine resin.

Notes ; HMOR and HMOE : MOR and MOE of horizontal direction, LMOR and LMOE : MOR and MOE of longitudinal direction WLMOR : Wet MOR of longitudinal direction (soaking at 20°C water for 24hrs.)

한 UMF수지 접착제에의 의한 상판의 성능을 비교하였다. Fig. 3에 요소와 멜라민에 대한 포름알데히드의 몰비를 1.2로 고정하고 요소에 대한 멜라민의 몰비를 0.3에서 0.6으로 조절하여 합성한 수지 접착제를 사용하여 제조한 책상판의 내부접착강도, 흡수두께 팽창율 및 포름알데히드 방출량과의 관계를 나타내었다. 콘트롤의 수지에 비해 요소에 대한 멜라민의 몰비율을 높인 수지의 흡수두께 팽창율은 매우 높았다. 이것은 콘트롤은 기계에 의해 수지를 도포하였으나, 수지의 몰비를 달리하여 합성한 수지의 도포는 손으로 비벼서 행했기 때문이라고 생각된다. 그러나 수지의 몰비에 따른 책상판의 포름알데히드 방출량은 콘트롤에 비해 현격히 저하하였으며, 몰비 0.3 이상에서는 모두 목표치인 5mg/l 이하였다. 또 Fig. 4에 나타낸 바와 같이, 요소에 대한 멜라민의 몰비율에 따른 책상판의 휨성능은 콘트롤에 비해 양호하였다. 이상에서 포름알데히드 방출량의 목표치를 달성하기 위해서는 적어도 요소와 멜라민에 대한 포름알데히드의 몰비 1.2와 요소에 대한 멜라민의 몰비는 0.3이

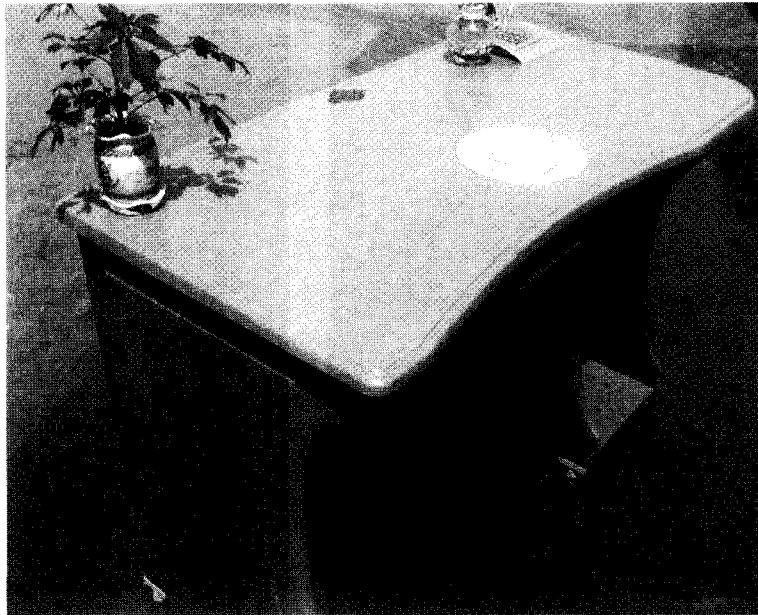
상의 수지를 사용해야만 할 것으로 생각된다.

3-4 컴퓨터 책상판의 성능

폐기 목질 재료를 이용하여 Table 1과 같은 조건으로 성형제조한 본 책상판은 기존의 직사각형 책상판과는 달리 세로와 가로 치수를 확대함과 동시에 전면을 곡선으로 처리함으로써 시판의 비닐계 표면마감재를 오버레이한 PB나 MDF 제품보다 우수한 점이 많다. 특히 본 개발 제품과 비교할 때 기존의 PB나 MDF를 절단하여 책상판을 제조할 경우는 절단된 마구리면의 마감가공처리(도장이나 엷지 재료 접착)공정이 절대적으로 필요한 반면, 본 책상판은 1,2차의 성형공정에 의해 마구리면의 마감처리가 완성되는 장점을 가지고 있다. 요소·멜라민 수지에 의해 제조한 책상판의 주요성능은 Table 2와 같다. 제조한 컴퓨터 책상판의 흡수두께 팽창율은 10%, 포름알데히드 방출량 3.3mg/l, 휨강

<Table 2> Properties of computer top table

Properties		KS 3104(PB)	KS 3200(MDF)	Top table
Density (g/cm ³)		0.5~0.8	0.35~0.85	0.80~0.85
Moisture content (%)		5~13	5~13	5
Thickness swelling (%)		12	10	10
Formaldehyde emission (mg/L)		E ₂ :5.0	E ₂ :5.0	3.3
Bending Strength	MOR (kgf/cm ²)	18type:184	30type:306	306.3
	MOE (Tonf/cm ²)	30.6	25.5	43.8
Internal strength (kgf/cm ²)		3.1	5.1	8.2
Nail holding power (kgf)	Surface	71	51	113
	Side	36	26	91



<Fig. 5> A computer desk assembled with the developed top table.

도 306.6kgf/cm², 박리강도 8.2kgf/cm² 및 측면 나사못 유지력이 91kgf로 대부분의 성능이 기존의 PB(18형)나 MDF(30형)의 기준을 초과하는 것으로 나타나 기본 물성은 양호하였다. 특히 나사못 유지력이나 박리강도가 매우 우수한 특성을 나타내었다. 본 개발품에 의해 조립한 컴퓨터 책상판은 Fig. 5와 같다.

4. 결 론

현재 매립 또는 소각처리 되거나 연료로서 연소 처리되는 폐기 물질재료만을 이용하여 편리성, 기능성 및 심미성을 갖는 컴퓨터 책상판을 제조하여 KS F 3104에 의해 그 성능을 검토하였다. 그 결과, 고운 칩과 요소·멜라민수지 접착제를 사용하여 제조한 컴퓨터 책상판의 대부분의 성능은 기존의 PB(18형)나 MDF(30형)의 기준을 모두 만족하였으며, 특히 나사못 유지력이나 박리강도가 우수하였다.

특히, 가연성 재료의 직매립이 금지되었고, 목재자급율이 10%에도 미치지 못하는 국내 목재 사정을 고려할 때 폐목재를 이용한 각종 성형품의 제조기술은 경제 및 환경적 측면에서 매우 유용할 것으로 사료된다.

5. 참 고 문 헌

1. 김외성. 1999. 폐목재 발생실태 및 재활용 촉진방안. '99한국 합판·MDF·파티클보드 심포지움. 101-122.
2. David C. Smith. 1996. Utilization of urban wood in the manufacture of particle and MDF. Forest Products Society. Proceeding No.7286.53-56.
3. John Barrie. 1996. Specifying recycled wood for new construction. Forest Products Society. Proceeding No.7286.137-139.
4. 川井秀一. 1977. 新しい木質系材料の開

- 發研究の現状と今後の展望.木材研究・資料 第33號:26-32.
5. 堀江秀夫. 1998. 木質廢棄物の新用途. 木材工業 53(4):156-160.
 6. 富永洋司, 小林直子, 近江正陽. 1999. パーティクルボードからの木材チップの回収とパーティクルボードの再生. 木材工業 54(11):473-477.
 7. 大越 誠. 1999. 木材利用と環境影響物質. 木材工業 54(11):516-520.
 8. 河村文郎. 1999. 木質系廢棄物燒却處理. 木材工業 54(11):551-553.
 9. 原田壽郎.1999. リサイクル資源の現況と將來. 第15回木質ボード・木質複合材料シンポジウム。36-45。