

요소수지와 EMDI수지의 복합이용에 의한 고내수성 파티클보드의 제조*¹

박종영*²

Manufacturing of High Water-Resistant Particleboard by Combining Use of Urea Resin and EMDI Resin*¹

Jong-Young Park*²

ABSTRACT

This study examined the combined using effects of urea-formaldehyde (UF) resin and emulsifiable methylene diphenyl diisocyanate (EMDI) resin to overcome performance limit of three-layer particleboards commonly made by UF resin. Two adhesive adding methods were applied with three types of resin combination system to each layer of particleboards. The one was simultaneously spreading method with emulsified compound resin (UF and EMDI) while the other was separately spreading method with unemulsified EMDI resin after UF resin spreading. The performance of particleboards bonded with 2% EMDI resin to the inner layers(IL) were similar to that of controls bonded with 8% UF resin. In the case of the emulsified compound resin application to the all layers of particleboards, there were marked reinforcing effects of EMDI resin, although a small amount of EMDI resin was mixed with UF resin. Especially bending MOR after 24 hours cold water-immersion and thickness swelling after 2 hours hot water-immersion of compound resin-bonded particleboards were remarkably different from those of pure UF resin-bonded particleboards. It was found that separately spreading method with unemulsified EMDI resin was more effective than simultaneously spreading method with emulsified compound resin to sustain the internal bond strength of particleboards after 24 hours cold water-immersion. In the resin combination systems to outer layers/inner layers of particleboards, water resistance and strength properties were superior in order of UF+EMDI/UF+EMDI > UF/UF+EMDI > UF/UF. And water resistance of particleboards was greatly dependent upon EMDI resin level in any adhesive adding method.

Keywords : Particleboard, EMDI resin, urea-formaldehyde resin, adhesive adding method, water-resistance, performances improvement.

*¹ 접수 1998년 2월 17일 Received on February 17, 1998.

*² 임업연구원 Forestry Research Institute, Seoul 130-012, Korea

1. 서 론

목질보드의 성능개선에 관한 기본적인 연구방향은 기존수요에 대한 信賴性을 증대시키면서, 새로운 수요에 대한 互換性을 확장해 나가는 것이라고 할 수 있다. 특히 파티클보드는 대체수요의 확장추세에 비하여 아직 성능상의 취약점을 많이 지니고 있으며, 내수성, 강도, 포름알데히드 방출문제 등이 주요 개선사항으로 지적되고 있다. 그러나 低費用·高品質·凡用途의 조건을 동시에 만족시키기 어려운 함수관계는 여전히 생산자의 기술적 선택성을 제한하고 있다. 이와 같이 제한적인 여건에서 비교적 적은 비용과 용이한 방법으로 성능이 우수한 제품을 제조하기 위해서는, 현재 널리 사용하고 있는 요소수지와 신규 수지인 MDI수지의 복합적 사용방법이 가장 바람직할 것으로 생각됨에 따라, 이를 실험적으로 구명하고자 본 연구를 수행하였다.

지금까지 이소시아네이트계 수지를 이용한 목질보드 제조에 관한 연구로서는 Galbraith(1985), Jackowski(1988), 齋藤(1988, 1991), Hwke(1992, 1993), 李華珩(1992), Sun(1994) 등이 파티클보드, 플레이크보드, 하드보드 등 각종 목질보드의 접착제로서 PMDI 또는 EMDI 수지를 적용하였을 때, 보드물성에 미치는 함지율, 매트함수율, 열압조건 등 諸조건에 영향을 구명하였다. 또한 異種樹脂의 혼용방법에 대해서는 독일의 Wittman(1983), Deppe(1984), Hse(1995) 등이 요소수지, 멜라민수지 등의 아미노계 수지에 대한 페놀수지 또는 MDI수지의 혼합방식에 의해 파티클보드 또는 플레이크보드의 내수성 및 치수안정성의 강화효과를 밝혔다. 그러나 이들의 연구에서는 단순 수지혼용방법에 따른 물성비교에 그치고 있어, 금후 다양한 수지혼용방법에 대한 실용적 검토가 필요할 것으로 여겨진다. 한편 박(1995)은 아미노계수지(UF, MUF)와 MDI수지를 적용한 MDF의 함지율과 밀도별로 보드의 물성을 비교하고, 아미노계수지와 MDI수지의 혼용에 의한 MDF의 성능개선 및 低密度化 가능성을 검토한 바 있다.

본 연구에서는 요소수지와 EMDI수지를 복합적으로 이용하여 다양한 접착제 도포 및 성형방법에 의해 내수성을 비롯한 파티클보드의 물성적 한계를 극복할 수 있는 적정 제조방법과 물성변화요인을 구명하고자 하였다. 주요 실험요인으로서 EMDI수지의 塗布前 상태(原液 또는 乳化液) 및 層別 수지도포방법의 차이(異種樹脂 혼용 또는 同樹脂 사용)에 따른 몇가

지 유형의 수지적용방법 및 함지율(또는 수지혼용비)이 보드물성에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

2.1.1 목질원료

파티클보드 제조용 칩은 대성목재공업(주)의 파티클보드공장에서부터 표층용 및 중층용 칩을 제공받아 열기건조한 다음 함수율이 약 4%가 되도록 조정하여 사용하였다.

2.1.2 접착제

요소수지는 파티클보드 상기업체에서 제조한 농축 요소수지(불휘발분 65%)를 분양받아 사용하였으며, 이소시아네이트계 수지는 2종의 에멀전형 MDI수지 [EMDI, 일본製(C-3053) 및 국내製]를 사용하였다. 일본제 EMDI수지는 파티클보드용으로 사용하고 있는 것이며, 국내제 EMDI수지는 모기업에서 실험 제조한 것이다.

2.2 보드제조

2.2.1 실험설계

본 연구에서는 우선 EMDI수지의 도포전 상태에 따라 실험 A와 실험 B로 구분하여 3층 파티클보드의 제조실험을 실시하였다. 아울러 기존방법과의 대비를 위하여 파티클보드의 內·外層에 요소수지를 사용한 보드(Control)를 제조하였다. 단 모든 보드의 매트함수율은 표층 18%, 내층 10%로 균일하게 조정하였다.

2.2.1.1 실험 A

EMDI수지의 乳化液을 사용하는 방법으로서, 요소수지(U)와 EMDI(I)수지를 혼용할 때는 우선 EMDI수지를 증류수로 乳化시킨 다음에 요소수지, 왁스, 경화제 등을 동시에 넣고 혼합하여 도포하였다. 이는 파티클보드의 외층(OL) 내층(IL)에 대한 수지적용방법에 따라 아래와 같은 유형으로 세분된다(Table 1).

- Type A-I (OL-U · IL-I) : 보드의 표층에는 요소수지를, 내층에는 EMDI수지 유화액을 각각 도포한 다음 매트를 성형하였다.
- Type A-II (OL-U · IL-U + I) : 보드의 표층에는 요소수지를, 내층에는 요소수지와 EMDI수지 유화액을 혼용하여 각각 도포한 다음 매트를 성형하였다.
- Type A-III (OL-U + I · IL-U + I) : 보드의 표

층 및 내층에 요소수지와 EMDI수지 유화액을 혼용하여 도포한 다음 매트를 성형하였다.

2.2.1.2 실험 B

EMDI수지를 乳化시키지 않고 原液狀態로 사용하는 방법으로서, 요소수지(U)와 EMDI수지(I)를 혼용할 때는 물, 요소수지, 왁스, 경화제 등을 혼합하여 1차 도포한 다음, EMDI수지의 原液(불휘발분 100%)을 2차로 분리하여 도포하였다. 이는 파티클보드의 외층(OL) 내층(IL)에 대한 수지적용방법에 따라 아래와 같은 유형으로 세분된다(Table 2).

- Type B-I (OL-U · IL-I) : 보드의 표층에는 요소수지를 도포하고, 내층에는 EMDI수지 원액을 도포한 다음 매트를 성형하였다.
- Type B-II (OL-U · IL-U + I) : 보드의 표층에

는 요소수지를 도포하고, 내층에는 요소수지와 EMDI수지 원액을 혼용하여 각각 도포한 다음 매트를 성형하였다.

- Type B-III (OL-U + I · IL-U + I) : 보드의 표층 및 내층에 요소수지와 EMDI수지 원액을 혼용하여 도포한 다음 매트를 성형하였다.

2.2.2 접착제 조제

보드의 含脂率(全乾무게 비율)은 표층 12%, 내층 8%를 기준으로 하여 요소수지와 EMDI수지를 단독 또는 혼합 사용하였으며, 다만 Type I 보드의 내층은 EMDI수지의 함지율을 2, 4, 6% 수준으로 하였다. 또한 왁스에멀전(불휘발분 40%)을 수지에 대한 고형분 비율로 5%로 혼합하였고, 요소수지의 경화제로서 염화암모늄(20% 수용액)을 내층용 요소수지 첨

Table 1. Adhesive adding conditions with emulsified EMDI resin (Experiment A).

| Particleboard Type | Resin Content (%) | | Mixing Ratio of Resins (U : I) |
|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------------|
| | Outer Layer | Inner Layer | |
| A-I | U 12 | I 6 | - |
| | U 12 | I 4 | - |
| | U 12 | I 2 | - |
| A-II | U 12 | U 4 + I 4 (8) | 1 : 1 |
| | U 12 | U 6 + I 2 (8) | 3 : 1 |
| | U 12 | U 6.7 + I 1.3 (8) | 5 : 1 |
| A-III | U 6 + I 6 (12) | U 4 + I 4 (8) | 1 : 1 |
| | U 9 + I 3 (12) | U 6 + I 2 (8) | 3 : 1 |
| | U 10 + I 2 (12) | U 6.7 + I 1.3 (8) | 5 : 1 |
| Control | U 12 | U 8 | - |

Notes ; U : Urea resin, I : EMDI resin made in Japan, () : Total resin content to each layer.

Table 2. Adhesive adding conditions with unemulsified EMDI resin (Experiment B).

| Particleboard Type | Resin Content (%) | | Mixing Ratio of Resins (U : I) |
|--------------------|-------------------|----------------|-----------------------------------|
| | Outer Layer | Inner Layer | |
| B-I | U 12 | KI 6 | - |
| | U 12 | KI 4 | - |
| | U 12 | JI 2 | - |
| | U 12 | KI 2 | - |
| B-II | U 12 | U 6 + KI 2 (8) | 3 : 1 |
| | U 12 | U 6 + JI 2 (8) | - |
| B-III | U 9 + KI 3 (12) | U 6 + KI 2 (8) | 3 : 1 |
| | U 9 + JI 3 (12) | U 6 + JI 2 (8) | - |
| Control | U 12 | U 8 | - |

Notes ; U : Urea resin, KI & JI : EMDI resin made in Korea and Japan, respectively, () : Total resin content to each layer.

가량에 대한 고형분 비율로 2.5%로 첨가하였다.

따라서 파티클원료에 대한 수지 왁스 경화제 혼합액의 첨가율은 표층의 경우에 12.6%(수지 12% + 왁스 0.6%)이며, 내층의 경우에는 요소수지를 사용할 때 8.6%(수지 8% + 왁스 0.4% + 경화제 0.2%), EMDI수지를 사용할 때 8.4%(수지 8% + 왁스 0.4%)이다. 또한 내층에 요소수지와 EMDI수지를 혼용할 때는 요소수지의 혼입량에 대해서만 경화제를 첨가하였다. 일반적으로 요소수지를 사용하는 파티클보드공장에서는 표층에는 경화제를 첨가하지 않기 때문에 본 실험에서도 표층에 요소수지를 도포하는 경우에는 경화제를 첨가하지 않았다.

요소수지와 EMDI수지를 혼용할 때의 수지 및 첨가제 혼합방법은 다음과 같다. 실험 A에서는 물과 EMDI수지 원액을 혼합하여 3~4분간 고속교반하여 乳化시킨 다음, EMDI수지 유화액을 도포하는 방법(Type A-I)과, EMDI수지 유화액을 교반시키면서 요소수지 → 왁스 → 경화제 순으로 첨가, 혼합하여 도포하는 방법(Type A-II·III)에 의해 요소수지와 EMDI수지를 혼용하였다. 또한 실험 B에서는 물과 왁스를 혼합하여 1차로 도포한 다음 EMDI수지 원액을 2차로 도포하는 방법(Type B-I)과 물·요소수지·왁스·경화제를 3~4분간 동시에 혼합 교반하여 1차로 도포하고, EMDI수지 원액을 2차로 도포하는 방법(Type B-II·III)으로 실시하였다.

2.2.3 접착제 도포

드럼형 접착제도포기내에 일정량의 파티클 시료를 넣고 위에서 설명한 바와 같이 혼합조제된 접착제를 滴下시키면서 회전교반하는 방식으로 접착제를 도포하였다. 표층용 및 내층용 시료에 각각 접착제를 도포하여 매트를 성형하였으며, 표층 : 내층의 시료중량비는 1 : 2로 하였다.

2.2.4 성형 및 열압

보드의 예정함수율을 8%, 예정밀도를 $0.8\text{g}/\text{cm}^3$ 로 하고, 매트함수율은 표층 18%, 내층 10%로 일정하게 되도록 파티클원료 및 접착제의 투입량을 계산하였으며, 접착제를 조제할 때의 수분량에 의해 매트함수율을 조정하였다. 이어서 $30 \times 30\text{cm}$ 의 크기로 3층매트를 성형한 다음 열압, 固化시켰다. 열압조건은 온도 180°C , 초기압력 $45\text{kgf}/\text{cm}^2$, 시간 6분으로 하여, 두께 15mm의 파티클보드를 제조하였다.

열압공정에 있어서 요소수지를 단독으로 사용하거나(Control), 수지를 혼용할지라도 요소수지의 비율이 높을 경우에는 열압시에 매트로부터 많은 수증기

가 발생하지만, EMDI수지의 비율이 상대적으로 높을 경우에는 수증기의 발생이 확실히 적어짐을 알 수 있었다. 이와 같은 현상은 MDI수지의 이소시아네이트기가 수분과 반응하여 탄산가스를 발생시키면서 아민을 생성하는 초기경화과정을 뚜렷이 나타내고 있는 것으로 여겨진다.

한편 EMDI수지를 사용하였을 때 일어나는 보드 표면의 금속附着性 문제에 대해서는, 요소수지와 EMDI수지를 표층에 혼용한 보드(Type A-III, B-III)에서 요소수지 : EMDI수지의 혼용비가 3 : 1 또는 5 : 1 수준일 경우에는 보드표면과 스테인레스 隔板(Caul)이 부착되지 않지만, 1 : 1일 때는 부착현상이 발생하기 때문에 매트와 스테인레스 隔板사이에 알미늄 포일을 삽입시켰다. 특히 EMDI수지의 유화액을 사용할 때보다 원액을 분리도포한 보드는 斑點狀의 부착현상이 다소 심한 편이었다.

2.3 물성시험

각 실험조건별로 4매씩의 파티클보드를 제조하여 $20^\circ\text{C} \cdot 65\% \text{RH}$ 의 항온항습실에서 충분히 조습시킨 다음, 보드 1매당 2개씩의 시험편(실험조건별로 8개)을 채취하여, KS F 3104(파티클보드)의 시험방법에 따라 물성시험을 실시하였다. 강도시험은 기건상태에서의 시험(Dry-test)과 함께 내수강도를 측정하기 위한 습윤시험(Wet-test)을 병행하였다. Wet-test 중에서 휨시험은 시험편을 상온수(20°C)에서 24시간 동안 침지한 다음 젖은 상태로 실시하였으며, 박리강도는 시험편을 상온수에 24시간 동안 침지한 후, 다시 $20^\circ\text{C} \cdot 65\% \text{RH}$ 의 항온항습실에서 장시간 기건시킨 다음에 잔존강도를 측정하였다. 또한 두께팽창률 및 흡수율은 상온수(20°C)·24시간 침지처리시험(24hr-test)과 아울러 열수(70°C)·2시간 → 상온수·1시간 침지처리시험(3hr-test)에 의해 각각 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 파티클보드의 휨성질

우선 EMDI수지의 유화액을 사용하여 제조한 파티클보드(실험 A)의 휨성질을 살펴 보면 다음과 같다(Fig. 1~2). 표층(OL)에는 모두 요소수지(U)를 도포하고 내층(IL)에는 EMDI수지(I) 또는 EMDI수지와 요소수지의 혼합액을 사용하였을 경우(Type A-I (OL-U·IL-I) 또는 Type A-II (OL-U·IL-U+I))에는, Type A-II의 보드가 Type A-I의 보드보다 경

Fig. 1. Bending MOR of particleboards bonded with emulsified EMDI resins (Experiment A).

Notes ; U : Urea formaldehyde resin,
I : EMDI resin,
OL : Outer layer, IL : Inner layer,
Dry-test : After humidity conditioning at 20
℃ · 65% RH,
Wet-test : After 24 hours water-immersion
at 20℃.

Fig. 2. Bending MOE of particleboards bonded with emulsified EMDI resins (Experiment A).

Notes ; Refer to Fig. 1.

Fig. 3. Bending MOR of particleboards bonded with unemulsified EMDI resins (Experiment B).

Notes ; Refer to Fig. 1.

미한 차이로 높은 휨강도를 보인다. 또한 내층에는 모두 EMDI수지와 요소수지의 혼합액을 도포하고 표층에 요소수지를 단독 또는 EMDI수지와 혼합하여 도포하였을 경우(Type A-II (OL-U · IL-U+I) 또는 Type A-III (OL-U+I · IL-U+I))에는, Type A-III의 보드가

Fig. 4. Bending MOE of particleboards bonded with unemulsified EMDI resins (Experiment B).

Notes ; Refer to Fig. 1.

Type A-II보다 현저히 높은 강도를 보여주고 있다. 함지율 또는 수지혼용비와 강도와의 관계에 있어서는, Type A-III의 경우에 EMDI수지의 비율이 낮아짐에 따라 강도가 감소하는 경향을 보였으나, Type A-I 및 Type A-II에서는 별다른 변화가 없었으며, 보드

의 내 외층에 요소수지를 사용하는 기존의 방법과 유사한 강도수준을 나타내고 있다. 즉 접착제의 적용방법간에는 $OL-U+I \cdot IL-U+I > OL-U \cdot IL-U+I > OL-U \cdot IL-I$ 순으로 우수한 강도를 나타내고 있으며, 특히 파티클보드의 내 외층에 2종의 수지를 혼용하였을 때는 요소수지만을 사용할 때보다 2.5~3.7배의 우수한 내수강도(Wet-MOR)를 발휘하였다.

한편 EMDI수지 원액을 사용하여 제조한 파티클보드(실험 B)의 수지적용방법간 휨성질의 변화는 실험 A와 유사한 결과를 나타내고 있다(Fig. 3~4). 여기에서 실험 A와 실험 B의 결과를 비교하여 몇가지 차이점을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, EMDI수지를 원액상태로 도포한 보드(Type B-I·II)의 휨성질이 유화액을 동일수준으로 도포한 경우(Type A-I·II)보다 다소 우수하였다. 이와 같은 현상은 물 왁스의 혼합액(Type B-I의 경우)이나 물 요소수지 왁스 경화제의 혼합액(Type B-II의 경우)을 1차로 도포한 파티클의 표면에 EMDI수지 원액을 2차로 도포하였을 때는, 요소수지·EMDI수지의 혼합액을 한번에 도포할 때보다 다소 양호한 접착효과를 발휘한다고 할 수 있다. 따라서 EMDI수지의 원액상태 분리도포방식은 보드의 물성을 향상시키면서 EMDI수지 유화액의 짧은 보존시간 문제를 해소함과 아울러, 원료의 함유율을 높일 수 있으므로 건조에너지 절감하는 면에서 효과적이라고 할 수 있다.

둘째, 일본제 EMDI수지와 국내제 EMDI수지의 성능을 비교하였을 때, EMDI수지를 원액상태로 도포할 경우에는 국내제 수지가 약간 양호한 성능을 나타내지만, 국내제 수지를 유화시켜 사용할 경우에는 可使時間이 매우 짧다고 하는 문제점이 있었다.

3.2 파티클보드의 박리강도

우선 EMDI수지 유화액을 사용한 파티클보드(실험 A)의 박리강도 측정결과를 살펴보면 다음과 같다(Fig. 5). Dry-test 결과에서는 내 외층에 요소수지와 EMDI수지를 혼용한 보드(Type A-III)가 표층에 요소수지, 내층에 EMDI수지 단독사용 또는 요소수지·EMDI수지의 혼용보드(Type A-I 또는 Type A-II)보다 현저히 양호한 박리강도를 보여주었다. 그리고 Type A-II 또는 Type A-III 보드의 박리강도는 EMDI수지의 비율이 낮아짐에 따라 약간 감소하는 경향을 나타냈다. 표층에 요소수지를 도포한 보드(Type A-I·II)의 Wet-test에 의한 박리강도는

Dry-test의 결과와 대비하여 1/3~1/5로 감소하는 劣化현상을 보여 주었다. 그러나 내 외층에 요소수지와 EMDI수지를 혼용한 보드(Type A-III)의 Wet-test 결과는 Dry-test에 대비하여 50~70% 정도의 박리강도를 유지하면서 충분한 내수접착성을 발휘하고 있다.

EMDI수지 원액을 사용한 파티클보드(실험 B)의 경우에도 수지적용 및 층구성방법 간의 박리강도의 변화는 실험 A와 유사한 경향을 나타내고 있다(Fig. 6). 이와 같은 실험 A와 실험 B의 결과를 비교하였을 때, Dry-test나 Wet-test에 관계없이 EMDI수지 원액을 사용한 보드(실험 B)의 박리강도가 유화액을 사용한 보드(실험 A)보다 대체로 높게 나타나고 있어, 왁스 및 요소수지를 1차로 도포한 다음, EMDI수지 원액을 2차로 분리하여 도포할 때 파티클界面間에 양호한 접착효과를 나타내고 있음이 확인되었다. 특히 Wet-test결과에서는 같은 일본제 EMDI수지(JI)를 사용할지라도, 실험 B에서의 박리강도가 실험 A보다 현저히 양호한 내수접착성을 나타내고 있다.

한편 수지의 도포방법 및 시험편의 劣化여부(Dry-test 또는 Wet-test)에 따라 박리시험시의 破斷상태가 크게 상이함을 보여주고 있다. 즉 실험 A에서의 박리시험편 파단상태를 살펴보면, 표층에 요소수지, 내층에 EMDI수지나 요소수지·EMDI수지 혼합액을 도포한 보드(Type A-I·II)는 대부분 표층부위가 박리되었고, 내 외층에 수지 혼합액을 도포한 보드(Type A-III)는 모든 시험편이 내층에서 박리되었다. 그리고 이와 같은 현상은 Wet-test에서 더욱 뚜렷하였다. 단 Type A-I 중에서도 내층의 EMDI수지 함지율이 2%인 경우에, Dry-test에서는 내층이 주로 박리되었고, Wet-test에서는 표층이 주로 박리되었다. 또한 실험 B에서도 일부 시험편을 제외하고는 층별 수지적용방식에 따라 실험 A와 유사한 파단상태를 보이고 있다.

일반적으로 파티클보드의 내부에는 밀도경사가 형성되어 가장 밀도가 낮은 중심부가 파단되지만, 본 실험에서와 같이 접착성능이 다른 수지를 혼용할 경우에는 내부밀도, 사용수지의 접착력, 시험편의 劣化狀態 등의 상호관계에 따라 다양한 파단양상을 나타내고 있는 것이다. 본 실험에서와 같이 표층에 요소수지, 내층에 EMDI수지를 각각 도포하여 파티클보드를 제조하는 경우에는 EMDI수지의 도포량을 2% 이상~4% 이하의 수준으로 정하는 것이 효율적인 것

Fig. 5. Internal bond strength of particleboards bonded with emulsified EMDI resins (Experiment A).

Notes ; Refer to Fig. 1.

으로 판단되며, 박리강도만을 고려한다면 내부밀도를 상당히 낮추어도 무방할 것으로 여겨진다.

3.3 파티클보드의 두께팽창율 및 흡수율

EMDI수지 유화액을 사용한 보드의 경우, 수지적용 및 층구성방법간의 두께팽창율 및 흡수율의 크기는 Type A-I > Type A-II > Type A-III의 순으로서, 강도적 성질과 마찬가지로 수지혼용에 의한 보강효과를 보여주고 있다(Fig. 7~8). 또한 보드 내층의 EMDI수지의 함지율이 높을수록(Type I), 그리고 수지를 혼용할 때 EMDI비율이 높을수록(Type II·III), 두께팽창율 및 흡수율이 대체로 낮음으로서 EMDI수지 혼용에 의한 치수안정성 및 내수성 개선 효과를 나타내고 있다. 특히 70℃ 열수침지 후의 두께팽창율 및 흡수율(3hr-test)은 EMDI수지의 혼용여부에 따라 현저한 차이를 보이고 있다. 즉 내 외층에 요소수지·EMDI수지 혼합액을 동시에 도포한 보드(Type III)는 수지혼합비에 따라 요소수지만을 사용한 보드보다 두께팽창율을 1/2~1/5 정도 감소시킬 수 있다.

한편 EMDI수지 원액을 사용한 Type B-II·III 보드의 두께팽창율 및 흡수율에 있어서는 동일수준의 EMDI수지를 첨가하더라도, 일본제(JI)보다 국내제(KI) 수지를 사용한 보드가 양호한 결과를 보여주었다(Fig. 9~10). 또한 실험 A와 실험 B의 결과를 비교하였을 때, Type I·II에서는 EMDI수지의 원

Fig. 6. Internal bond strength of particleboards bonded with unemulsified EMDI resins (Experiment B).

Notes ; Refer to Fig. 1.

액을 분리도포하는 방법이 다소 효과적으로 보이나, Type-III에서는 유화액을 도포한 경우가 다소 양호하게 나타남으로서 반드시 일정한 경향을 보여주고 있지는 않다. 그러나 모든 경우에 있어서 EMDI수지의 함지율 또는 혼용비가 증가할수록 파티클보드의 내수성은 뚜렷하게 개선되고 있다.

이상의 결과에서 알 수 있듯이 접착제 도포시의 상태(유화액 및 원액), 층별 사용수지(異種수지 혼용 및 동일수지 사용) 및 도포방법(혼합도포 및 분리도포)에 따라 박리강도, 두께팽창율, 흡수율 등 보드물성의 차이를 나타내고 있으며, 이와 같은 현상은 다양한 수지적용방법이 파티클표면의 습윤성 및 수지의 분산성에 영향을 미치기 때문이라고 할 수 있다. 즉 요소수지와 EMDI수지를 혼합하여 도포할 경우에는 요소수지에 대한 EMDI수지의 직접적인 보강효과를 보여주는 한편, 兩수지를 분리하여 도포할 경우에는 함지율이 동일수준일지라도 1차로 도포되는 요소수지와 수분이 건조파티클 표면에 피막을 형성함으로써 2차로 도포되는 EMDI수지의 表面張力을 감소시키면서 수지의 분산성 또는 활성을 촉진시키는 역할을 하는 것으로 여겨진다.

4. 결 론

본 연구에서는 현재 요소수지를 사용하고 있는 파티클보드의 내수성을 비롯한 물성적 한계를 극복할

Fig. 7. Thickness swelling of particleboards bonded with emulsified EMDI resins (Experiment A).

Notes ; U, I, , OL, IL : Refer to Fig. 1.

3hr-test : After 3 hours water-immersion
(2hours at 70℃ → 1 hour at 20℃).

24hr-test : After 24 hours water-immersion
at room temperature.

Fig. 8. Water absorption of particleboards bonded with emulsified EMDI resins (Experiment A).

Notes ; Refer to Fig. 7.

Fig. 9. Thickness swelling of particleboards bonded with unemulsified EMDI resins (Experiment B).

Notes ; Refer to Fig. 7.

Fig. 10. Water absorption of particleboards bonded with unemulsified EMDI resins (Experiment B).

Notes ; Refer to Fig. 7.

수 있는 경제적 방법을 구명하기 위하여 다양한 접착제 도포 및 성형방법에 의한 EMDI수지와 요소수지의 혼용효과를 검토하였다. 주요 실험요인으로서 EMDI수지의 도포전 상태(유화액 또는 원액), 층별 수지도포방법(異種수지 혼용 또는 동일수지 사용), 함지율 또는 수지혼용비 등에 따른 보드물성의 변화

를 조사하였다. 본 연구에서 얻어진 주요결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 파티클보드의 내충용 수지를 EMDI수지로 대체 사용할 경우, EMDI수지-2%도포는 요소수지-8%도포(국내 파티클보드공장의 평균 함지율)와 대체로 대등한 물성을 나타냈다.

2. EMDI수지를 원액상태로 분리도포한 파티클보드 (Type A)의 습윤시 박리강도가 유화액상태로 혼합도포한 보드(Type B)보다 양호한 결과를 보여주고 있다. 여기에서 분리도포란 요소수지를 1차로 도포한 다음, EMDI수지의 원액을 2차로 도포하는 방법을 말한다. 따라서 EMDI수지 유화액의 보존성 문제를 해소하고, 파티클의 건조 에너지를 절감하는 면에서는 원액상태로 분리도포하는 것이 효과적이라고 할 수 있다.
3. 파티클보드의 표층(OL) 및 내층(IL)에 요소수지(U)와 EMDI(I)수지를 혼용할 경우에는 요소수지에 대비하여 습윤시 휨강도는 약 4배 정도 증가하며, 열수침지후의 두께팽창율은 1/2 이하로 감소함으로써 요소수지에 대한 EMDI수지의 보강효과를 뚜렷하게 보여주고 있다. 또한 파티클보드의 층별 접착제 적용방법간에는 Type III (OL-U+I IL-U+I) > Type II (OL-U IL-U+I) > Type I (SL-U CL-I) 순으로 우수한 내수성 및 강도를 발휘하고 있다.
4. 파티클보드의 내수성은 EMDI수지의 함지율에 크게 의존하며, 파티클보드의 내·외층에 요소수지와 EMDI수지를 동시 혼용할 때 EMDI수지의 비율이 증가함에 따라 뚜렷한 물성개선효과를 보여주고 있다.
5. EMDI수지를 파티클보드에 적용함에 있어서 경제성, 금속부착성, 보드물성(특히 내수접착성) 등을 고려할 때, 파티클보드의 내·외층에 요소수지와 EMDI수지를 동시 혼용하는 것이 가장 바람직하며, 요소수지에 대한 EMDI수지의 혼용비율은 약 15% 이상이 되어야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. Deppe, H. J., and A. Hoffman. 1984. Testing and evaluating particleboards with modified aminoplast-compound resin glues. *Holz Roh-Werkstoff* 42 : 389~392
2. Ernst, K. 1985. Experiences with isocyanates in the particleboard industry. *Holz Roh-Werkstoff* 43 : 423~427
3. Galbraith, C. J., S. C. Cohen, and P. R. Sutula.

1985. The use of EMDI isocyanate binders for the production of dry process hardboard. Proceeding of 19th international PB symposium. WSU, Pullman, WA. 301~322
4. Hawke, R. N., B. C. H. Sun and M. R. Gale. 1992. Effects of fiber mat moisture content on strength properties of polyisocyanate-bonded hardboard. *Forest Prod. J.* 42(11/12) : 61~68
5. Hawke, R. N., B. C. H. Sun, and M. R. Gale. 1993. Effects of fiber mat moisture content on physical properties of polyisocyanate-bonded hardboard. *Forest Prod. J.* 43(1) : 15~20
6. Hse, C. Y., R. L. Geimer and R. C. Tang. 1995. Effect of resin type on properties of steam-pressed flakeboards. *Forest Prod. J.* 45(1) : 57~62
7. Jackowski, J. A. and S. J. Smulski. 1988. Isocyanated adhesive as a binder for red maple flakeboard. *Forest Prod. J.* 38(2) : 49~50
8. Sun, B. C. H., R. N. Hawke, and M. R. Gale. 1994. Effects of polyisocyanate level on strength properties of wood fiber composite materials. *Forest Prod. J.* 44(3) : 34~40
9. Sun, B. C. H., R. N. Hawke, and M. R. Gale. 1994. Effects of polyisocyanate level on physical properties of wood fiber composite materials. *Forest Prod. J.* 44(4) : 53~58
10. Wittmann, O. 1983. Production of particleboard with reinforced aminoplast resin glue. *Holz Roh-Werkstoff* 41 : 431~435
11. 齋藤藤市, 鈴木滋彦, 岩田 徹. 1988. EMDI結合パーティクルボードの接着性能におよぼす塗付條件の影響. *木材學會誌* 34(1) : 28~33
12. 齋藤藤市, 井上勝之, 鈴木滋彦. 1991. EMDI結合パーティクルボードの接着性能におよぼす熱壓條件の影響. *木材學會誌* 37(10) : 912~916
13. 朴鍾瑩. 1995. MDF의 低密度化. 韓國木材工學會 '95 學術發表論文集 98~103
14. 李華珩. 1992. 家具製造를 위한 MDI接着劑의 MDF와 PB製造에 대한 比較研究. 韓國家具學會誌 3(1) : 1~7