

第18回木質ボード・木質複合材料シンポジウム 第2回木質プラスチック複合体研究会(2)

(社)日本木材加工技術協会関西支部

2. 木質建材における VOC 対策 —新規非ホルムアルデヒド系接着剤

(株)オーシカ 藤井一郎 氏
厚生労働省より室内を汚染する可能性のある揮発性有機化合物について国内での指針値が定められたことを受けて、急速に使用制限、規制の改正機運が高まっている。その中でも特にホルムアルデヒドは VOC 対策を急ぐ必要のある物質としてユーザー側から改善を求められている。このような状況下、新しく開発したホルムアルデヒドを使用していない合板用接着剤を紹介したい。

現在、市場に出回っている合板の99.9%はホルムアルデヒド系接着剤を使用して製造されている。接着剤メーカーでも日々研究を重ね、JASのFcoと呼ばれるレベルまで合板からのホルムアルデヒド放散量を削減することが出来ている。しかし、ホルムアルデヒド系の接着剤を使用している限りは、ホルムアルデヒドの放散量を全く0にすることは出来ないということで、ホルムアルデヒドを使用しない接着剤で合板を製造することを考えなければならない。合板用非ホルムアルデヒド系接着剤としては、一般的に酢酸ビニル樹脂系接着剤、 α -オレフィン系接着剤、水性高分子ーイソシアネート系接着剤等がある。酢酸ビニル樹脂系接着剤は使い勝手は良いが耐水性に問題がある。 α -オレフィン系接着剤は、内容組成成分にアルカリ成分を含んでおり、場合によっては合板が黒く変色することがある。水性高分子ーイソシアネート系接着剤は既存の合板工場ラインでの使用については、粘度変化、発泡あるいはプレス板への付着あるいはホルムアルデヒド系接着剤の硬化を阻害する物質が含まれているといった問題で作業性に難がある。このような接着剤の欠点を改良したものが、今回開発した合板用接着剤シンコーボンドTV-280である。これは変性酢酸ビニル樹脂エマ

ルジョン系接着剤である。白色粘ちような主剤と微黄色で透明液体である架橋剤からなる。接着条件は現行の接着剤とほとんど同じであるが、パンクを防ぐために、単板の含水率を低く設定し、堆積時間はホルムアルデヒド系接着剤より短く、熱圧温度を105°C程度にする必要がある。特徴としては、耐水性に優れ特類に適合する接着強度が得られる、ホルムアルデヒド系接着剤と混合しても性能に影響がない(第1表)、架橋剤を添加した製糊後の経時変化が少なく作業性が良好である(糊液調整後の可使用時間は8時間)などがあげられる。また、防虫・防蟻薬剤を添加した場合でも、接着性能の低下は認められない。

第1表 ホルムアルデヒド系接着剤とTV-280との混和接着剤の性能

| ホルムアルデヒド系/ TV-280 (重量比) | 引張りせん断 | | | ホルムアルデヒド放散量 (mg/0) |
|-------------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------------|
| | 常態 | 温冷水 | 煮沸 繰返し | |
| 100/0 | 14.0 (83) | 13.2 (62) | 9.8 (32) | 0.2 |
| 80/20 | 14.6 (95) | 13.3 (80) | 10.8 (42) | 0.2 |
| 60/40 | 15.3 (90) | 14.0 (85) | 11.8 (50) | 0.2 |
| 40/60 | 14.1 (100) | 12.2 (85) | 10.1 (90) | 0.3 |
| 20/80 | 15.5 (100) | 12.4 (86) | 11.0 (86) | 0.3 |
| 0/100 | 14.1 (100) | 11.7 (82) | 10.6 (80) | 0 |

表中数値: kgf/cm², (%): 木部破断率

3. 最近の環境・機能性対応型化粧材料と二次加工技術の動向

凸版印刷(株) 高橋富雄 氏
近年、建材、住宅分野では環境への関心の高まりや廃棄物処理の問題などから低環境負荷型シートや耐汚染性、耐摩耗性などの機能性を重視した化粧材料が求められている。また、低VOC化へ

の対応が迫られている。

化粧材料は従来、塩ビ系の材料が主流であったが、95年ころからポリオレフィン系の材料に切り替わってきている。オレフィン系は塩ビに比べ配向性が強く、結晶化しやすい材料のため、Vカット加工等の二次加工で白化現象や割れが生じる。この点を改良したのが、当社で開発したポリオレフィン素材の低環境負荷型化粧シート、「エコシート」である。鋼板にラミネートし、ロールフォーミングによる二次加工で折り曲げても、白化が起こらず、建材における二次加工においては従来の塩ビと同様に使用できる様になっており、ラッピングシートとして階段の部材等に用いられている。また、オレフィン系樹脂特有の難接着性についても裏面にプライマーをコーティングして塩ビと同様の接着工程が可能になっている。

エコシートは、トルエン、キシレンを原料から除去してVOCの低減化も図っている。スモールチャンバー法で化粧シートから徐々に放散されるVOCを測定したところ、脱トルエン仕様のエコシートでは含トルエン仕様に比べ温湿度変化によるVOC放散量が大きく減少した。

建材・木工分野でのラッピングにおいては、反応型ポリウレタンホットメルト接着剤(PUR-HM接着剤)の実用化について目覚ましい進展がある。従来のEVA系熱可塑性ホットメルト接着剤は、初期接着力が良く、速い速度で接着が出来るが、特に耐熱性が問題で温度上昇により再活性化し強度が低下する。また、溶融、塗工温度が200°C前後と高いため熱可塑性樹脂化粧シートへのダメージが大きく、化粧材の材質が制約され意匠面で相違が生じる。これに対して、PUR-HM接着剤は、溶融塗布したあと、冷却により物理的に固化して短時間で初期接着強度に達した後、空気中の水分や基材の水分と化学的に反応硬化し、接着性、耐熱性などの物性が向上する。また、塗工温度も120°C前後で従来のホットメルト接着剤より低く、化粧シートへの熱の影響が少なく、一般的な化粧材が利用できる。また、ラッピング用溶剤型接着剤の様に乾燥工程を必要としない。この様な脱溶剤化、性能、生産性などからPUR-HM接着剤は次世代の低環境負荷型接着剤として注目されている。また、耐熱性、耐水性などの性能からエッジ貼り用の接着剤としても注目され

ている。

最近では、PUR-HM接着剤でパーティクルボードなどの木口目止めをしてインラインで同時に化粧加工する機械や毎分120mで行われるラッピングマシンも出来ている。(ホマッグ社)。フリッツ社は、連続して床材の四方を貼ってしまう機械を新しく開発し注目されている。また、PUR-HM接着剤は通常は湿気硬化するので窒素封入するなどアプリケーションやタンクが複雑であったが、ヘンケル社が特殊な装置を必要としない粒状の接着剤を開発し注目されている。ドイツのジョワット社などでは最近オレフィン系ホットメルト接着剤(PO-HM接着剤)の開発も進んでおり、将来的には、オレフィン系のシートをオレフィン系のホットメルトで接着する、より環境負荷の少ないシステムが現れると思われる。

(文責：京都大学木質科学研究所 矢野浩之)

Session III：機械装置・プラント

1. 都市の森林資源、木質廃棄物の有効利用

PAL sr.l., Fabio Chira 氏
(株)兼松 KGK 加藤正人 氏

1980年代イタリアのボードメーカーに対して、森林保護のために廃木材の原料化が義務付けられた。以来、廃木材のボード利用技術が発達し、イタリアのみならず、ボードの価格競争に伴い同様の原料事情の地域へ輸出されてきた。その結果イタリアのリサイクル技術は、他国に比べて約15年程先行している。今日ではパーティクルボード(以下PB)やMDF等の工場において、廃木材の種類や割合、異物量等の分析にもとづく設備設計が可能となった。

1970年頃、PB工場では原価の15—20%が原料代(生チップ)であった。しかし、現在その比率は25—40%に増加し、価格競争の激しいボード業界において生チップに代わる安価な原料が必要となった。1980年初頭、イタリアのPBメーカーは安価な廃木材の導入を検討し始め、砂や石を除去するチップドライクリーナーを導入した。1980年代中頃にはイタリアや日本で生チップが著しく減少し、イタリアでは1986年に廃木材の使用が義務付けられた。原料の転換は独自の機械設備や異物

除去工程の確立が重なり合って初めて可能になり、イタリアのメーカーは、これまでに新規なプラントを全世界中に150以上納入してきた。このリサイクル技術により都市から排出されるパレット、ケーブル用ドラム、梱包材、建築解体材、家具等を原料にできるようになった。産業廃棄物の魅力は廃材をあらゆる所から安価で調達出来る点で、いち早く導入したボードメーカーでは大きな利益を上げている。

ドライ工程での金属の除去率は約50—80%で、異物除去は金属除去だけで十分と言われているが、PAL社ではドライ工程だけで収率の良い金属除去は不可能と考えている。また異物混入率が5%の場合でも、最終的には2.5—1%程度の異物が残留し、原料としては品質的に受け入れられない。これには石、砂、プラスチックやゴム等の異物が混入している。従って異物除去はウェットとドライの両工程で行う事が必要である。特にドライ工程におけるウィンドシフタによる異物除去が効果的であるが、この目的は再破碎すべき大きなチップを選別する事である。またドライヤー排気に含まれる汚染物質の量は、異物をドライヤー前で取り除くことで基準値を確保でき、残留異物による製造ラインへの悪影響を阻止できる。この様にして製造されたボードは、人体にも優しく、製造設備にも優しい、芯層から表層まで品質が均一である、接着剤の削減が出来る、残留異物率を0.05—0.1%にすることにより製造設備の性能が維持できる、などの利点がある。PAL社はPB向けウェット工程のリサイクル技術を提案している。そのシステムは以下の通りである。

廃材の大きさが不均一であるため、TKKフィーダーは、大型で処理容量を大きくしてある。破碎機は低消費電力なところが重要で、4—7kW/t・h程度である。投入口は大きく、様々な異物が混入していても十分に破碎が可能である。小さな金属はチップと同時に破碎するが大きな異物は破碎ヘッド前の選別装置により除去される。続いて一次金属除去機の磁石が設置されている。

目詰りを起こさないDynascreen (Roll-Disk-Screen) によりオーバーサイズ (特に長いもの) が取り除かれる。さらに二次金属除去機で小さい金属片や木に絡んでいる金属を除去する。釣り下げ式磁石でチップ上層の金属を取り除き、搬送ベ

ルトコンベヤーの前面に設置されている磁気式プーリによりチップ下層の金属が除去される。特に急勾配の磁気式プーリは細かな金属、ステンレス等の低磁性体も除去できる。バイプロフィーダーという振動式のコンベヤー上で、その幅一杯に薄くチップを広げることがノウハウである。

誘電動式選別機 IGM-ECS は誘電効果により非鉄金属をチップの流れから飛び出させ除去する。小さな非鉄金属は次工程のドライチップクリーナーで除去される。リサイクルチップに含まれる砂、石、重量プラスチック等の異物はドライチップクリーナーによって除去される。ドライチップクリーナーは、大きな振動式スクリーンと空気吹上式の脈動式エア装置で形成されている。この2つの装置によってドライでクリーンなチップと重量異物とに選別される。このシステムの最大容量は180—200m³/hで、異物除去効率は90—97%である。チップの大きさのバラツキ、特に粗い粒子の混入率を下げるために、細長いチップが混入し易いローラよりも近年では振動スクリーン式を用いる。またローラ型 Dynascreen によりボード原料となるファインチップの他、ダスト (主成分砂) やオーバーサイズのチップ、紙等の軽量異物を分別する。このスクリーンは低消費電力でV型スクリーンの速度制御により目が詰まらない。さらにウィンドシフターにより比重で分別し、異物を除去し、さらにハンマーミルとナイフリングにより破碎され貯蔵される。鋸屑も原料となるが、これにも異物が含まれているため除去作業が必要である。

昨今では、ローラー型のスクリーンよりも箱型の振動スクリーンが用いられる。ローラー型は、省スペース・省エネで、目詰まりがないが、長さ規制ができないためボードの品質を落とす大きなチップを十分分別できない、ドライチップの場合、火花が発生すること等のためである。最近ではドライチップの流れを改善した例やリサイクルチップを利用したMDFの製造システムも提供されている。最終的には、製造されるボード1m²に対して、0.9t前後の廃棄物を用い、コストは生チップの場合の40—70%程度になると考えられる。

2. 建築解体材のパーティクルボードへの利用

永大産業(株) 山田文雄 氏

永大産業は「木」を核とした「人」「社会」「地球」の共生や新しい文化の創造をモットーとする住宅総合資材メーカーで、廃木材のリサイクル、植林事業などにも積極的に取り組んでいる。パーティクルボード (PB) 事業については、1969年の敦賀工場操業、1973年の山口・平生工場操業、1986年敦賀工場への二次化粧ライン導入以後、1992年以来木質廃棄物のリサイクルの取り組みを開始している。永大産業のPB事業は、社内の合板工場で発生する原木の剥き芯、残材、また合板の端材をリサイクルする目的でスタートした。生産能力は、素材PBで敦賀、山口の両工場合わせて約12,000t/月、化粧板で約5,000t/月である。永大産業では、リサイクルチップの使用率は技術開発により100%を達成している。PBは多くの場合、表面にシート貼りのような二次加工された化粧板として使用されており、このリサイクルが課題である。

化粧板は、印刷材料、加工樹脂等によって分類される。メラミン化粧板、塩ビ化粧板、オレフィン化粧板等は、木質ボードに木材繊維と異質なものを貼り合わせたものであり、それらの物質が原料として混ざってしまうと、ボードを熱圧・成形する際の接着剤の、アンカー効果が期待できない点、化学結合の妨げとなる恐れのある点等が挙げられリサイクルには不向きであるといえる。

これに対し、紙系シートは、木の繊維から作られた原紙にインクを塗ったものであり、プラスチックシートよりも木材チップに近いものであると思われる。また、樹脂も含浸していない為、木材チップに混ざったときにも、硬質な含浸タイプのものより加工性も適しており、仕上がりの板面も損なう恐れが少ないと思われる。これらの点より、紙系シートは現状最もPBのマテリアルリサイクル性を損なわない材料であると考えられる。永大産業の化粧PBはリサイクルできる紙ベースの化粧シートを採用している。また、ただ単にリサイクルできる化粧板というわけではなく、さまざまな場面での活用を視野に入れ、さまざまな性能の化粧板を提案している。

CQセラクイック：わが国の業界で始めてドイツより導入したラミネートライン「クイックステップシステム」により完成。従来の紙素材の化粧仕上げパーティクルボードにはない質感豊かな化粧デザインと表面硬度をもつ化粧ボード。一般、耐油、防湿等のタイプがそろっており、また、鏡面・耐汚染タイプ、耐スクラッチタイプのような、EB（電子線）コート技術を応用した化粧板もある。

FQファインクイック：従来のメラミン化粧板とは異なる質感を持った新感覚のメラミン仕上げ調化粧ボード。化粧紙トップ層にメラミン系樹脂を用いた永大独自の化粧紙と、「クイックステップシステム」により実現した、今までにない商品。耐油、耐汚染性能に優れている。

永大産業敦賀事業所では、平成14年1月に産業廃棄物処分業（木質系中間処理）の免許を取得した。今後は、より一層ユーザー、地域の方と協力し、木質廃棄物問題に取り組んでいきたいと考えている。またPBの表面を削るサンダー工程等、PBの製造工程上、細かい木紛が発生する。この木粉はPBの原料チップとして使用するには適しておらず、その処理が課題であった。PB事業のスタートが、所内で発生する合板の端材を有効利用するという目的であったのと同じように、現在社内で発生する木紛の活用に向けて、複合木材としての利用への取り組みも行っている。

3. 円筒 LVL の開発と実用化

秋田県立大学木材高度加工研究所 佐々木光 氏
単板積層材（以下LVL）は、強度や剛性のバラツキが少なく、構造材料としての信頼性が高い上、製造方法を工夫すれば、自由な曲面と異形の断面を持つ任意の寸法の製品が得られる。したがって、円筒形など中空のLVLを製造すれば、木質構造物の構造部材としての機能の他に、空調用ダクトや配線、配管等のためのスペースといった付加機能を持つ複合機能性材料として新しい用途が期待できる。さらに、円筒LVLを化粧性を兼ねた打放し型枠として用いることによって、安価に美的な仕上げ表面をもつ丸柱を簡単に施工できるため、RCの施工分野でも円筒LVLの需用が増えることが期待される。また、神社、仏閣、イ

ベントホールなど大型木造建物に使われる丸柱は、優良大径木の減少に伴って供給が難しくなっており、その代替材料としても LVL が使える。

円筒 LVL は、繊維方向を一定の長さに切り揃えた単板を糸等でミシンやホットメルト型接着剤を用いて幅接ぎし、繊維方向を幅とするエンドレスの带状物に繋ぎ合わせた単板帯に、接着剤を添加して、マンドレル等の周囲に巻き重ね、圧縮接着した後、芯を抜き取って製造される。この方法は、スパイラルワインディング法と呼ばれ、これによる LVL は寸法の自由度、生産性、経済性、割れの発生しないことなどの優位性が見られる。

円筒型 LVL の製造に関する研究は、1993年に京大木質研（当時：佐々木光教授）らのグループが開始し、1998年度の終わりには基礎的な技術はおおむね完成の域に達した。1999年になって、秋田県の木材企業にこの技術を移転する目的で、秋田県木材加工推進機構が、秋田県内企業を対象に円筒 LVL の実用化研究会を企画し、会員の募集を行った結果、6企業が参画した。2000年になって、単板帯縫製用13ヘッド環縫いミシン装置と製品長さ12m、外径1.4mφ までの円筒 LVL が製造可能な巻き上げ機械（ワインダー）が完成した。2001年末秋には、本格的な技術移転が開始し、能代市に新会社を設立し、そこで円筒 LVL の製造および販売に関する一切の窓口業務を行うことが提案され、最終的に、新会社(有)ヘリクス（代表取締役佐々木光木材高度加工研究所長）が2002年2月8日に設立された。

これまでに、上記の生産機械を用いて、若干の試験生産を行い、建設現場等で実際に使用してもらい、その評価と実用性についての検証を行った。能代市内の S 氏宅の東南角の玄関に、外径200mm、内径150mmの円筒 LVL の非構造用丸柱（厚さ2.4mmクロマツ単板10プライ、厚さ1.2mmスギ化粧単板オーバーレイ）を、床下から二階の押入れを貫通して屋根裏まで通した。接着剤はイソシアネート含浸紙。この丸柱は、床下では根がらみに掛けて地面から浮かし、二階の押入れの中で風向き切り替え付きの筒型送風機を挿入し、二階の天井を抜けると屋根裏に開口している。同じ構造の丸柱を玄関と対角の西北の位置に立て、両者の送風機を操作して、屋根裏と床下の空気を循環させた。

施工直後に湿気が多かった一階東北隅のクローゼットなども、急激に湿度が低下し、快適な居住環境が得られた。

同じ S 氏宅の車庫の構造用円柱に円筒 LVL を用いた。この車庫は円筒 LVL を伝統的な木造寺社建築の丸柱として用いることの可能性を検証するために、特別に設計・施工されたものである。構造は全体として伝統的な木組みに乾式の漆喰壁を配した形を取っている。この建物は仮設建物であるから、法的な規制はないが、一応、法規にしたがって、柱の敷石をコンクリートで固め、それからアンカーボルトを立て、円筒 LVL の丸柱の中空部において、柱の下端から100mmの高さを下面とする貫土台に通してナット締めで固定している。四隅の丸柱に用いられた円筒 LVL は、厚さ2.4mmのクロマツ単板18プライ、厚さ1.2mmのスギ化粧単板オーバーレイ、壁厚43mm、外径330mm φ、内径240mm φ、長さ2100mm。接着剤にはイソシアネート含浸紙を用いた。また両端仕口の接合補強のため、外径240mm φ、壁厚47mm、長さ500~600mmの円筒 LVL を作製し、切り込みを入れて直径を縮小し、円筒外面にレゾルシノール樹脂接着剤を塗布して円筒柱の両端からそれぞれ400mm挿入し、その内腔にエアバッグを挿入し、内圧をかけて挿入した円筒を押し広げ、円筒柱の内側に押しつけて接着した。この補強材は柱の下端部では100mm突き出して銅板を巻き、8本の化粧ダボを打った。上端部では300mm突き出し、木組みに絡めているが、強度上の効果は期待できない。

能代市の向能代にある市立東雲中学校の RC 構造新館校舎の玄関エントランスホール正面に、外径507mm φ、高さ3,790mm、壁厚25mm（厚さ2.4mmアカマツ単板10プライ、厚さ1.2mmスギ化粧単板オーバーレイ）の円筒 LVL を3本提供した。接着剤はすべてレゾルシノール樹脂。この円筒は内部に外径457mm φ、長さ3,800mm、肉厚4mmのステンレス管を残し、コンクリートを打ち込んで用いた。

その他、本講演では、2, 3の施工事例が紹介された。

（文責：京都大学大学院森林科学専攻 藤井義久）
（2002. 5. 14受理）