

第9回木質ボード・木質複合材料シンポジウム（I）

（社）日本木材加工技術協会関西支部

第9回木質ボード・木質複合材料シンポジウムが去る3月4日から5日にかけて新大阪シティプラザにおいて開催された。本協会関西支部が主催するこのシンポジウムには、木質ボード部会、日本繊維板工業会、(株)日本合板技術研究所ならびに全国LVL協会が共催、日本合成樹脂工業協会が後援し、ボード製造メーカー、機械メーカー、接着剤メーカーの技術者を中心に、公的研究機関の研究者や関係者を加えて約120名が参加して、活発な討論がなされた。今回表記のように「木質複合材料」が加わったが、接着および接着剤に関する最新の研究成果のほか、パララム、ティンバーストランドランバー、LVLなど木質系軸材料の開発と製造システム、また機械装置・プラントでは、SRT ツインフロー塗布システム、サンダー、自動車用木質部品の製造装置などの紹介があり、活発な討論が行われた。討論会の題目ならびに講師の各氏は以下のとおりである。



写真-1 会場風景

第1日 3月4日

パネル討論会(I)接着および接着剤に関する研究成果

司会 京都府立大学農学部 梶田 熙氏

1) フェノール・メラミン樹脂およびメラミン・ユリア樹脂の硬化挙動と耐久性

九州大学農学部 樋口 光夫氏

2) 木質ファイバーによるノンコンベンショナル接着

近畿大学農学部 浜田 良三氏

3) 木質系複合材料の接着

コニシ(株)大阪研究所 谷口 和彦氏

第2日 3月5日

パネル討論会(II)木質系材料の開発と製造システム

司会 京都大学木質科学研究所 川井 秀一氏

1) 米国・カナダで開発されたパララムおよびティンバーストランドランバー

トラスジョイスト・マクミラン(株)加藤 忠氏

2) LVL 製造用高周波加熱式 LVL 製造システム

兼松(株) 濃沼 寛政氏

山本ビニター(株) 山本 康二氏

3) ラウテ社の LVL 製造システム

住友商事(株) 荻田 健之氏

特別講演

北米におけるフレックボード生産の現状

ミシシッピ州立大学 Terry Sellers, Jr. 教授

パネル討論会(III)機械装置とプラント

司会 京都大学木質科学研究所 佐々木 光氏

1) 木質接着における SRT・ツインフロー塗布システム

大鹿振興(株) 米原 崇氏

2) ビゾンプラントの最近の動向と改良型サンダーについて

コーノ(株) 河野 通孝氏

3) 最近の自動車用木質部品の製造装置

太平設備機械(株) 渡辺 仁司氏

本稿では、パネル討論会(I)の概略を掲載する。

討論会(I)接着と接着剤に関する研究成果

1) フェノール・メラミン(PMF)樹脂およびメラミン・ユリア(MUF)樹脂の硬化挙動と耐久性

九州大学農学部 樋口 光夫氏

PMF, MUF 樹脂は、ともに合板やパーティクルボードの製造に用いられている。フェノール(P)とメラミン(M)あるいはMとユリア(U)の反応性は非常に異なっており、実体は必ずしも共縮合といえない面もある。硬化の過程で、PとMあるいはMとUの間に化学結合ができるかどうかについて、直接的に硬化物を調べて判定する方法がなかった。ここで用いた方法は非常に原始的で泥くさいが、接着剤液をガラスサンプルに入れ、恒温槽中で一定時間硬化させ、その後その内容物を粉砕し、ゾルとゲルに分ける。そして、

PMF 樹脂のゲル部については M 量を、ゾル部については P 量を測定する。MUF 樹脂については、ゲル部の窒素量を測定する。これは液状の接着剤が硬化していく過程では、まず三次元橋かけしたゲルが生じ、その量が増えていくので、そのゲルの生成とその組成の変化から検討するものである。

PMF 樹脂を合板やパーティクルボードの製造に用いる場合は硬化剤として塩化アンモニウムを加え、pH 5 前後の弱酸性下で硬化させる。このような条件下では、PMF 中の M 部の硬化は進行するが、P 部の硬化は極めて遅く、通常の熱圧縮条件では P 部は未硬化の状態に取り残される。

PMF 樹脂 (モル比 1 : 1) を温度を変えて硬化した場合のゲル部量の時間変化を検討してみると、ゲル部率が約 50% に達するまでの反応の進行は速いが、それ以後のゲル部の生成量の増加は非常に遅くなる。さらに硬化温度を 120°C とし、M 部および P 部それぞれのゲル化率の時間的変化をみると、M のほとんど 100% 近くが数分以内に硬化するが、P はゆっくりとしか硬化せず、10 分でもゲル化しているのは P 全体の約 10% 程度である。このように酸性条件下では、PMF 樹脂の硬化は、M 部の硬化が先行する第一段階と P 部の硬化が進行する第二段階に分かれて進行するといえる。また温度や pH など同一条件下で PF 樹脂単独を硬化させた場合には、硬化が非常に遅くて、PMF 樹脂中の P の部分よりも硬化が遅い。このことから PMF 樹脂中の P 部のゲルへの転化は M との共縮合によるものとみられる。合板の屋外暴露試験や 60°C の温水浸せき試験で PMF 樹脂が純 MF 樹脂に劣る結果を示すのは、このことが原因している。長時間の加熱で硬化を進めれば、P も橋かけ構造に関与するようになり、実際にも合板を煮沸すると JAS 特類に合格するし、製造時の熱圧縮時間を長くしたり、ホットスタッキングが行われている。

なお、PMF 樹脂に高分子量のノボラック粉末を 10% 添加すると、通常の熱圧縮条件で製造された合板でも PF 樹脂で作られたそれに近い耐煮沸性を示す。ノボラックを添加すると、ゲル部の P/M 組成比が、120°C、5 分という短時間の硬化で PMF 樹脂単独の 30 分硬化のそれよりはるかに高くなり、ゲル部に P が沢山取り込まれる結果、耐煮沸性が向上するものとみられる。

MUF 樹脂の場合、M と U の反応性はかなり異なる。U/M モル比 1.5 の MUF 樹脂に 0.5% の塩化アンモニウムを添加すると、系の pH は 4.4 前後まで低下する。この pH 4.4 での MF および UF 樹脂単独の硬化について検討すると、MF 樹脂の硬化速度が UF 樹脂のそれよりはるかに大きい。したがって、共縮合が起こらなければ、

MUF 樹脂中では M 部の硬化が先行し、そのゲルがほぼ終了してから U 部の硬化が進行すると考えられる。そこで、MUF 樹脂の硬化がこのように進行すると仮定して、ゲル部の窒素含量とゲル化率の間の関係式を求め、これと実測値を比較することで共縮合の程度を推定できる。硬化過程における両者の時間変化をみると、ゲル化率 0.8 以降の経過は実測値とよく一致し、この領域でのゲル化の進行は U 部によるものと考えられる。ゲル化率 0.8 以下では実測値は理論値より下方にずれ、理論に取り入れた仮定が成立せず、M 部のゲル化が完了する前に U 部のゲル化が進行する。そのゲル部の U/M 組成比の結果から、硬化の初期には M₂ 分子に対して U₁ 分子ぐらいが結合してゲル部を構成していると推定される。共縮合の程度については、MUF 樹脂を硬化させ後粉碎し、酸で加水分解して残留物中の M 残基および U 残基の量の変化を調べ、速度論的解析を行い、その結果、加水分解に対する反応性の違いから M 部は二つ、U 部は三つのフラクションに分けられることが明らかになった。M 部のフラクション 1 は加水分解を受けて溶出し易い部分で、フラクション 2 は溶出し難い部分である。U 部のフラクションは、非常に溶出し易い部分、中ぐらい、溶出し難い部分の三つに分かれ、溶出し難いフラクション 3 は U-U 間の結合がなく、難溶出性の M 部と結合した U 部から成ると推定される。U 部のフラクション 1 は UF 樹脂硬化物に近い溶出性を示し、U 単独の重縮合部であるとみられる。M 部のフラクション 1 の反応性は U 部のフラクション 3 よりも高く、U 部のフラクション 1 よりはるかに低いことから、M 残基は M 連鎖 (難溶出性) とは直接結合せず、U 残基 2 個程度を介して M 連鎖に結合していると推定される。

2) 木質ファイバーによるノンコンベンショナル接着 近畿大学農学部 浜田 良三氏

ノンコンベンショナル接着とは、通常酸化剤を使って木材表面を酸化して接着する、いわゆる「酸化接着」をいうことが多いが、ここではもう少し範囲を広げて、接着剤を使わない接着にどのようなものがあるかについて紹介する。

接着剤を使わないで接着するという試みは、かなり古くから行われており、A.J. Stamm 著の「Chemical Processing of Wood」(1953年)の中に木粉を接着剤なしで成型した例が記載されている。これは前処理として過熱水蒸気で加水分解するもので、塩酸やフェノールを加えるとさらに加水分解が進む。これだけでもかなりプラスチック状のものができるが、さらにフル

フラー、Vinsol (オレオレジン) あるいはフェノール樹脂などを若干添加すると良い成型物が得られる。ボードではなくて成型物を考えていたので、温度はそれほど高くないが、圧力が相当高い(約200~300kg f/cm²)。これらは前処理によりヘミセルロースが分解して結果的にリグニンの比率が高くなり、リグニンの流動性が大きくなってモールドイングが可能になると考えられる。非常に比重が大きく、強度はベークライトのそれに近い。

酸化剤として硝酸、硫酸、過ヨウ素酸ナトリウム、過酸化水素、過硫酸カリウムを用いて木材を酸化処理した場合、ある程度堆積時間を置けば接着することが知られている。また過酸化水素の場合、その添加量が多くなるほどパーティクルボードのはく離強度および耐水性が向上する。なお、酸化剤と金属塩や還元剤など触媒の使用も接着に有効であるといわれている。

これまで、木材表面はセルロースやヘミセルロースの水酸基が露出し、親水性で化学反応性を受け易い状態にあるとされてきたが、ESCA (X線光電子分光法) による木材表面の化学組成や化学構造に関する検討から、実際には木材の表面は非常にリグニンに富み、抽出成分も多く遍在し、セルロースの水酸基を包み込んで、水素結合や共有結合を形成し難い疎水性の表面を持つことが指摘されている。これを酸化処理すると、木材成分はどれも多少なりとも酸化を受け、中でもリグニンの受ける影響が著しく、次いでヘミセルロースの順となり、抽出物の変化も起こる。そして、結果として、カルボキシル基やカルボニル基といった官能基が増加する。特に、酸化接着にはリグニン成分が重要な役割を演じ、アルデヒド基が大きく関与するといわれ、結合に関与する反応としては、リグニンのフェノール性単位の酸化カップリング、カルボキシル基間のエステル形成、カルボニル基のアルドール縮合やアセタールおよびヘミアセタール結合形成、フリーラジカルへのグラフトなどが推定されている。

このように化学結合の可能性があるにもかかわらず、必ずしもせん断接着力は充分でない。これは処理時に木材の劣化が生じること、木材が多孔性であり異方性で不均質であって、非常に粗い表面であるので十分な数の結合点を確保できず、両表面を共有結合させるに必要な距離まで接近させることができないことなどによると考えられる。これらの点を改善するため、充填剤や架橋剤の利用が試みられ、架橋剤としてフルフルアルアルコールが有効であるとされている。

酸化接着とやや区別し難い面もあるが、木材成分を積極的に接着剤の原料に使う研究が行われている。木

材中のフェノール成分を酸化してカップリングさせるもので、それによりリグニンを高分子化あるいは不溶性化するものである。リグニンとしてはサルファイトパルプ廃液からのリグニン (SSL) が用いられたが、酸化カップリングは pH の低い酸性域でないと起こり難い。また、酸化カップリング反応を利用して SSL からリグニン接着剤を調製し、パーティクルボードが製造されている。そして、接着剤の耐水性を良くするためには酸性にすることが必要であること、SSL を限外濾過して低分子量部分を除くと耐水性が良くなること、添加剤として PVA あるいはフルフルアルアルコールを酸性状態で添加すると耐水性が向上し、樹脂を酸性化する方法として硫酸を添加するよりも、陽イオン交換によりリグニンの酸性基を遊離させる方が耐水性が良くなることなどが明らかにされている。また、SSL を硫酸で酸性にして不溶性としたものでウエファーボードを製造した場合でも、酸性度が強くなるほど強度が向上する。フェノール物質としてタンニンを用い、その酸化カップリング反応と木材表面の酸化処理を併用してパーティクルボードを製造した例もあるが、酸化剤、活性化剤を添加することにより耐水性が向上し、コンベンショナルなものに匹敵するような強度が得られる。

一方、木材をアルカリ状態にしても木材表面が活性な状態になる。苛性ソーダで処理すると、抽出物の移動や分解、セルロースの分解、リグニンの流動化、活性基、官能基の生成などが起こり、その処理面を合わせると強い結合が起こる。アルカリであるので、木材を痛めることが少ないが、酸性に比べると耐水性が出ないという欠点がある。

また、木材表面をアルカリで処理してアルカリ木材とした後、二硫化炭素でキサントゲン酸化すると木材をベースとしたビスコースとなる。これに塩化亜鉛あるいは塩化鉄などの触媒を加えると結合するが、耐水性に乏しい。この場合も架橋剤あるいは充填剤としてリグニンをメチロール化したものを用いると耐水性の良い接着が得られる。

また、木材をアリル化、ベンジル化、シアノエチル化など化学修飾して表面を熱可塑性とし、熱で熔融することにより接着できる。

一方、燻砕処理というのは、木材チップを過熱蒸気で蒸蒸し、急激に圧力をぬくと木材自体は粗い繊維束にばらけてはぐれることをいう。このようなファイバーは成型性に富んでおり、そのまま熱圧するだけで十分板にすることが可能である。例えば、ブナ材の燻砕ファイバーを成型した板 (比重1.27) の曲げ強さは207 kg f/cm²であり、吸水厚さ膨脹率も16%程度で、ばらば

らになることはない。このようなファイバーにアルデヒドを添加すると強度や耐久性が向上し、パラホルムでも十分効果があるが、トリオキサンが最も効果がある。爆砕された場合、リグニンの約90%までがアルコールに可溶な状態に変化する。成型性の原因究明のため、爆砕ファイバーからヘミセルロースだけあるいはリグニンだけを溶出したファイバーから板を成型してみると、いずれの板も性質が非常に悪くなり、特にリグニンを溶出したものが最も悪くなる。したがって、低分子化したリグニンやヘミセルロース類（爆砕後は非常に粘着性のあるものに変化している）などを接着剤化することが可能であることが明らかである。また、爆砕したものを粉末化し、これにポリビニルアルコール(PVA)を加えて液状にしても合板用接着剤となり、パラホルムやトリオキサンを一部添加するとさらに良好な接着が得られる。粉末だけでも市販リグニンや爆砕チップからの抽出リグニンなどに比べて接着性が良い。

以上、各種のノンコンベンショナル接着について述べたが、実用性など技術的な評価はいまのところできないが、これにより新しい現象が現われる。特に木材表面現象がいろいろと変化し、機器分析によりその変化を捕らえることができ、新しい知見を得ることができる。今まで、木材は接着し易いと考えがちであったが、実はそうではなくてかなり疎水性であることが明らかになった。そして、処理の仕方によってはもっと接着し易い物質に変えることができる。このような実験を通して、新しい接着技術が生まれてくる可能性がある。

3) 木質系複合材料の接着

コニシ(株)大阪研究所 谷口 和彦氏

木質複合材料を定義するのは非常に難しいが、ここでは木質と木質以外の材料、とりわけプラスチック材料との接着による複合化を中心に述べる。プラスチック材料との接着においてはエマルジョン型の接着剤が多く使われている。本質的には、プラスチックのような油面、いわゆる疎水性材料に対して水系の接着剤を用いるのはあまり好ましいことではない。

接着剤に対する種々の要望が接着剤メーカーによせられているが、木質複合材料、とりわけ異種材料との接着においての要望事項を分類してみると、資源問題、生産性向上、購買者のライフスタイルの変化の三つに分けることができる。前二者は作る側の問題であり、最後は売る側の問題である。また、本物指向、トータルコーディネート指向、生活空間の有効利用の3者で

生活者のライフスタイルが変わってきている。この中で本物指向としての家具ではムク板家具が普及してきている。ムク板家具というのは、表面材に木材を集成接着した表板を用いるので、集成材の世界である。

一方、ムク板家具につられて、立体感がありボリュームのある家具を作ろうとして、曲面とか立体面の接着が最近非常に増えている。接着が平面ではなくて三次元的なものとなり、その方法として真空(メイブレン)プレス接着が増えている。

真空プレスはすでに10年ほど前からあるが、約3年前ぐらいから、これを用いて塩化ビニル(塩ビ)シートをMDFの成型した材料に貼るという立体接着が増えてきている。もう一つの流行として木質床があり、カーペット床のダニ問題に端を発し、また人間の自然に戻りたいなどの要求の中で木質床が増えた。特にこれに輪をかけて直貼り工法が普及した。昔の床材は根太に木質床を取り付けたが、直貼りというのは木質床の裏にプラスチック発泡体を接着して凹凸のあるコンクリートスラブに貼る工法で、工期が短縮でき爆発的に売れた。また、木質床に根太工法を用いると空間ができるので振動は下に伝えないが、直貼り工法のようにコンクリートスラブに直接貼ると、子供が椅子から飛び降りるとか勉強している時に鉛筆を床に落としたりした場合の音が直接階下に伝わるといった生活音問題が生じた。特に1階は良いが、2階3階と高層住宅で問題となっている。したがって、最近は建材メーカーはこぞってこれに代わるものとして防音床材を開発し、かなり売れているが、これも異種材料の接着である。

木質材料と異種材料とを複合化していくにはいろいろな目的があるが、プラスチック類の内最も多く使われているのは塩ビシートである。それ以外にはメラミン、DAP、ABS、ポリオレフィン、発泡スチロールなどがある。複合化の目的としては、①美粧性の付与、特に低級材料に貼って意匠性をもたせる(塩ビ、DAP、メラミン)や②機能性の付与、これが将来増えてくるとみられるが、特に表面に出ないで中にかくれるがそれなりの機能を与えるもの、例えば、合板に発泡スチロールを貼って断熱性を付与したり、発泡ポリオレフィン(ポリエス、ポリプロ)や塩ビ、ゴム材料を接着した防音床など、③物理的性質の向上、メラミン貼りがこれにあたり、机、カウンター、コタツ天板など、④加工性の付与、例えば、フォールディング方式として合板に塩ビを貼り、合板をVカット加工して折り曲げて作る方式で、化粧の目的もあるが、プラスチックという柔軟性のある素材で折り曲げ性をよくするというものである。

最近、金属類を接着しようという要求が増える傾向にあり、不燃・難燃性の付与の目的があると思われる。集合住宅、ホテルなど公共建物などでは、不燃・難燃性が重視されてくるので、ますます増えるであろう。金属でも亜鉛鋼板などに突き板を貼るものがあり、この場合は金属の電磁波障害を防いだものなど思わぬ用途がある。その他、不燃・難燃の目的で、スレート板、ケイカル板、石こうボードなどの無機質類を木質材料の上に貼ることが多い。

木質同士の接着では、カリン、シタンなど高比重の唐木類やチークなどを例外として接着上の問題は少ない。異種材料の場合は、それが接着し易いかどうかの難易度に支配される。例えば、接着する前に表面をプライマー処理あるいはサンダーで研磨などの前処理が必要となる場合がある。

接着製品の品質については、JASやJISの試験により耐久性などをかなりの程度まで評価できるが、プラスチックの場合はほとんど試験方法がないのが現状であり、独自の試験を行っている。難接着材料の場合のスタンダードづくりが今後必要となろう。

前述したように、異種材料の接着では塩ビが最も多く用いられているが、塩ビ材料の多くは多成分系で可塑性や安定剤などが配合されている。特に長期間置かれた場合、これらが表面に滲出してくることがある。このような場合には、シンナー類で塩ビシートの裏面を脱脂する。接着剤の性能も良くなったが、塩ビの可塑性が接着剤にしみ出して移行し、接着剤が軟化して強度がでない場合がある。このような場合は、可塑性の移行を止めることができるような高性能の接着剤を使わねばならない。1980年ぐらいから造作部材、特に壁材として塩ビ材料を使い、その後幅木やサッシュ部分などかなり難しい部分にも使われたが、局部荷重ふくれという事故が多発した。

塩ビを造作の耐久性部材として使いだした当時は、接着剤の力が不足し、また接着剤としてエチレン酢ビ系しかなかった。塩ビを接着した窓枠材にサッシュを取り付けた場合、太陽光があたってその雰囲気温度が上昇すると塩ビが伸び、接着剤にクリープ性能がない場合にふくれ現象が生じる。この点は、耐熱性に優れるウレタンエマルジョン型の接着材を採用することで解決した。

試験方法として、従来はJAS浸せきはく離試験、ピーリング強度、はく離強度などを採用していたが、これでは対応できず、荷重(500g)をかけて90℃のオープン中で引張って24時間後に何mmずれるかを測定する耐熱クリープ試験や接着したところをアクリル板で押

さえつけ、それを熱の中に入れてその周囲がふくれるのをみる局部荷重ふくれ試験などを考案した。評価方法としては、試験のし易さとデータ処理が容易であることが必要で、現在は500gの荷重をかけて60℃の雰囲気では何mmずれるかを評価する耐熱クリープ試験法を確立し、ハウスメーカーでも品質管理に用いられている。このようにそれが置かれる条件やどれだけ荷重を受けるかなどについて充分吟味し、実際的な試験を行うことが重要である。

防音床材に使われるポリオレフィン(ポリエチ)材料の接着は難しいが、コロナ放電処理あるいは熱で焼くフレーム処理などによりC-C結合している表面を酸化してカルボニル化して極性を与えると接着できるようになる。コロナ放電はほうっておくと表面状態がまた変化してしまい、1年くらい経過すると接着し難くなり、表面処理の効果に持続性がない。またオレフィン材料は充填剤を多く配合して、発泡剤で発泡させたものがあるが、全く接着できないものでも表面の材質の強度を弱くしてやることも一方策である。難接着性のプラスチックでも表面をサンドペーパーで研磨して粗くすると、接着有効面積が増加し、投錨効果により接着できる。メラミンやDAPでも研磨されているし、発泡スチロールも切口は接着し易い。

ゴム材料は接着し難いが、ゴムの二重結合のところをクロール化するような処理剤を用いて極性をあげたり、発泡することで接着性が改善できる。

金属材料の接着では、表面の油分や酸化物が接着性に影響を及ぼし、これらは洗浄やサンディングなどの表面処理により改善できる。また、熱膨張についても注意する必要がある。

無機質材料の接着では、ケイカル板の表層が非常に弱いことが問題で、表面に突き板を貼った時にケイカル板の表層でばらばらめくることがある。このような場合は、ウレタンシーラーなどで表層を補強した後、接着する。また、無機質材料は一般にアルカリ基材であり、これを接着した場合、その後に置かれる条件により突き板の変色、いわゆるアルカリ汚染が生じることがある。下からのアルカリを完全に止めるぐらいシーラーをかけると有機物となり、かけすぎると不燃・難燃性が損なわれることになる。また、できるだけ置かれる場所に注意して、水廻りなどの多湿場所での使用を控えるなどの注意が必要である。

(文責 京都府立大学農学部 梶田 照)