

第4回木質ボードシンポジウム

—機械・プラントに関する開発情報とボード用接着剤—

日本木材加工技術協会関西支部

去る2月19日、共済会館新大阪において第4回木質ボードシンポジウムが開催された。参加者は全国の関連業界の研究者、技術者を中心に、約120名を数えた。今回は、午前は機械・プラントの紹介およびその関連討論があり、午後は「パーティクルボード用接着剤の現状と将来」と題してパネル討論が行われた。講師ならびに司会の各氏は次のとおりである。

午前：機械・プラントに関する開発情報

司会 京都府立大学農学部 梶田 熙氏

- 1) 接着剤塗布設備と Schenck 社のフォーマー
ウエスタン・トレーディング(株) 阿部 徹氏
- 2) Contipress 社の Küsters 連続プレスの紹介
兼松江商(株) 芳賀 務氏
- 3) Bison 社の厚物および薄物 MDF 製造システム
ニチメン機械貿易(株) 河野通孝氏

午後：パネル討論会—パーティクルボード用接着剤の現状と将来—

司会 近畿大学農学部 浜田良三氏

- 1) パーティクルボード用接着剤の現状と将来
日本ノボパン工業(株) 藤田 武氏
- 2) ホルマリン系接着剤における問題点とその対策
三井東圧化学(株) 土井清人氏
- 3) イソシアネート系接着剤における問題点とその対策

(株)日本ウレタンサービス 谷 憲介氏

- 4) ボード用接着剤の耐久性
豊年製油(株) 田村靖夫氏

I. 機械・プラントに関する開発情報

1. 接着剤塗布設備と Schenck 社のフォーマー

ボード製造工程の中で接着剤の塗布工程は、ボードの品質と製造コストに大きな影響を与えるので、この部門は非常に重要である。この30年をみ

ても、様々な工夫や試みがなされ、大きく変化した。接着剤の塗布は、材料表面に接着剤を薄く、また広く付けることが目的であるが、材料の表面積は寸法・形状によって異なり、把握しにくいので、現在では重量対重量の関係で規整されている。

塗布装置としては、古くはバッチ式であったが、プラントの規模が大きくなって追いつかなくなり、現在の連続塗付方式となるとともに、塗布もエアスプレーからエアレスに変わった。初めは塗布装置の胴体を大きくして非常に広く攪拌する方式を取り、長時間かけて攪拌すればより均一になり、コストダウンできるということで、2台連結する試みもなされた。その後、胴長の塗布装置が開発されたが、単層的なボードで一列とした場合、大小混在小片を一緒に投入して塗布すると、微小片に必要以上に接着剤が付くので、塗布の後期に微小片を投入したり、2系列に分ける試みもなされた。同量を連続して投入する場合は問題はないが、薄物ボードの場合には投入量が少なくなるので胴体への付着が頻繁におこり、メンテが大変であるということから胴体を小さくし、攪拌速度を大きくした塗布装置が現れた。最初は軸の中から遠心力で接着剤をエアレスで出していたが、そ

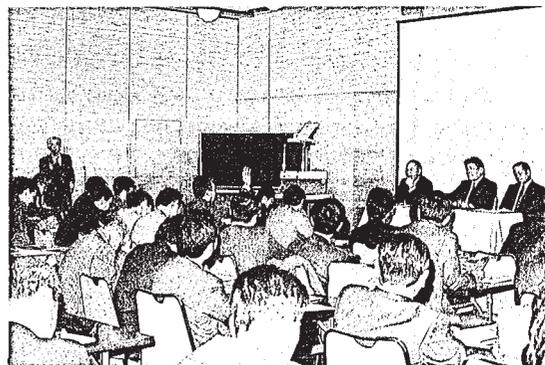


写真1 会場風景

の後外部から滴下する方式に変わり、現在このタイプのものが多く使用されている。また、摩擦熱などにより内部温度が上昇しないように水で軸や攪拌爪を冷却するとともに、オーバーロードにならないように自動制御装置で出口の蓋をコントロールしている。

個々のミキサーだけでなく、塗布管理システムも大切である。従来は、材料の重量を秤り、液状接着剤の量を規整する量コントロール方式であったが、最近では、精度を上げるためロードセルを用いて材料および接着剤を重量で規整する重量コントロール方式に変わり、また接着剤の調合から塗布まで無人自動化もなされている。

どのような材料で、どのような構造のボードを製造するかでフォーマーが根本的に変わるが、Schenck社ではバンカーと散布ヘッドがユニット式となっている。バンカーは貯蔵の目的だけでなく、異樹種や乾燥の程度、接着剤塗布具合にむらが生じた場合、攪拌して均一な材料が均等に出ていくような機能を有していることが重要である。

3ロール式の散布ヘッドは、良好な分級がなされるとともに散布幅が広いので能力が非常に大きくなり、現在34 m³/hrのものまである。したがって、今まで内層用として2台のフォーマーを用いていたものが、これ1台で賄えるようになる。

ディスクが多数並んだ配向用ヘッドは、小片を分級するとともにディスク間で小片が配向するが、能力は5ロール式で60 m³/hrである。クロスオリエンターは、幅方向に多数のプレートが付いたロールがあり、そのプレート間に小片が入って配向落下する方式で、能力は6ロール式で60 m³/hrである。大型プラントでのフォーミングステーションのコントロールは、フォーミングベルトの走行速度がプレスサイクルにあわせて一定であるので、形成されたマットの重量を測定した後、散布量の増減をバンカー内のボトムベルトの送り速度を加減して行っている。

2. Contipress社のKüsters連続プレス

このプレスは、熱板とスチールベルト間の摩擦除去をローラーチェーンで解決し、熱と圧力を効

率良くマットに伝達させるようにしたもので、ボード厚みに関係なく生産性が良いこと、厚み精度が高く、表面の前硬化をなくし、サンディングロス大幅に少なくすることなどを目標にして開発された。そして、1977年1号機がベルギーのSpano社にPB用として納入されて以来、現在全世界で18台の納入実績がある。

このプレスには、下部スチールベルトを上部よりも延長させ、直接ベルト上にマットフォーミングするタイプと、上下のスチールベルトの長さを同じとしたタイプがある。前者のタイプでは、プレス前の設備が簡略化できるが、スチールベルトの冷却が不可欠であり、不良マットを取り除くことが難しい。一方、後者は、プレス前にフォーミングコンベア、ベルトスケール、プリプレス、メタルディテクタ、マットダンパ、マットコンベアなどの装置を配備する必要があるが、ラインの運転管理、製品の品質管理の面から、PB、特にMDFやFBにはこのタイプが推奨される。

本機は、フレームユニットの結合によって構成され、各ユニットは、ボードの厚さに応じてプレスギャップを設定するメーターリングスピンドル、油圧ポンプ、油圧ポット（標準およびディフェレンシャル）、圧力を感知して油圧制御に結びつける圧力感知プレート、戻りローラーチェーン、熱板、ローラーチェーン、スチールベルトから成っているが、上部熱盤のみフレームに固定されている。

上部と下部熱板上に帯状のローラーチェーンが幅方向に多数並び、スチールベルトがその上下のローラーチェーン間を鉛直方向に加圧されながら動く構造である。

本プレスの最大の特徴は、油圧制御装置によるボードの厚み制御にあり、プレス後にボード厚みをチェックしてプレスをコントロールする方式ではなく、厚み制御がなされつつボードが製造され、プレスから出た時には、所定の厚みとなっているもので、マットの精度が±5%であればボードの厚さを問わず厚み精度は±0.15 mmが保証されている。

1フレーム内には、プレスの幅方向に油圧ポット、ポンプ、メーターリングスピンドルが1列に

並び、油圧ポットの両端に各々2個のディフェレンシャルポットが、中程には標準型ポットが配置されている。最両端の一個のポットは隣のフレームに配置されているポットと連結されてL字型となり、L字型単位で圧力を感知して油圧および厚み制御が行われる。すなわち、1フレーム単位毎に厚み制御が行われる。

厚み制御の原理は、製造中のボード内に生じる総合的な反撥力(内部応力)Fと油圧装置の圧力Pとを常にバランスさせる事にあり、下部の油圧ポットで精密に圧力が制御される。このような縦方向の厚み制御だけでなく、各フレーム毎に幅方向の厚み制御も行われる。一般に製造中のボードの横断面ではプレス中側程スチームが逃げにくくなり、内側のFが外側より高い状態になっているので、これをディフェレンシャル油圧ポットでコントロールしている。このポットは、内部が小径と大径の2つのポットから成っており、これを用いて微妙な厚み調整を行っている。

最大圧力は80 kg/cm²、最小圧力は3 kg/cm²、圧力ゾーンや温度ゾーンは3分割も可能であるが、最高温度は200℃である。生産性は、ボード厚みに関係なく生産立米数は同じであり、プレス時間は、ボード厚み1mmあたり7~8秒、プレスの熱エネルギー消費は、製品m³あたり6万5千~7万kcal、電力消費は、プレス走行のみで2kWh/m³、PBプラント全体では、85~90kWh/m³という実績がある。

3. Bison社の厚物および薄物MDF製造システム

Bison社の連続的なドライ法による薄物ボードの製造は、連続プレス、つまり平板ではなくてカレンダープレスにより行われ、平板プレスのように上下の動きがなく、回転体だけで板をつくり、非常にコンパクトであり、さらに機械的な部分が少なく構造的な複雑さがないのが特徴である。また、利益性という点では、連続生産であるので非常に歩留まりが良いこと、メンテナンスが安く機械的な故障やドライ法であるので公害問題も非常に少ない。

チップは篩別されて適当な大きさにされた後、

リファイナにかけられるが、その前に必ずチップウォッシュャを通る。異物が入るとリファイナのライフタイムが短くなるので、水でチップを洗う。クッキング条件は3~6分、160~180℃、スチーム圧力6~10 bar程度で、スチームの消費量は容量によって異なるが、ドライファイバあたり0.5tである。ファイバライズされたものはフラッシュドライヤで低温度で空送しながら乾燥するが、その前にユリア樹脂接着剤をブローイン方式で添加する。

接着剤をファイバに添加する方法としては、機械的なブレンダーで混合する方法もあるが、リファイナから小口径の高圧パイプにファイバが入り、ドライヤの大口径のパイプに入っていく時に急激に圧力が低下し、出口部分で乱気流のようにファイバが散る効果を利用して、ファイバに万遍無く接着剤を塗布するものである。この方式にも、温度をあまり上げて短時間で乾燥すると前硬化する、機械的なブレンドに比べてタックが低くなるなどの問題がある。なお、接着剤そのものは通常のものでよいが、ブレンダータイプで使用される接着剤濃度が50~55%と範囲が狭いのに対して、このブローイン式では40~65%とかなり幅が広いのが特徴である。

ドライヤのパイプの長さが100m、風速は35~40 m/sec、ドライヤ入口の温度は、ファイバの初期含水率で変えるが、大体150~200℃、出口の温度は120℃にコントロールされている。ドライヤを出たものはサイクロンで分級され、メータリングビンに送られ、硬化剤のブレンダーに入る。接着剤は乾燥する前に添加するが、硬化剤は混入されていないので、乾燥後にスプレー方式の特殊なブレンダーで硬化剤が添加される。メータリングビンに入ったファイバは、ディスチャージロールでほぐされてフォーマーの部分に落下する。下にはメッシュのベルトがあり、裏からネガティブエアーで引いている。Bisonのフォーマーの特徴は、機械的にファイバの動きをコントロールし、かつ単に上から落下したファイバを下から吸うというだけではなく、いわゆる万遍無く適当に幅方向にファイバを散らしてやる。そして下から引くということによって幅方向あるいは流れ方向の精度の高い(土

1%)マットフォーミングを行うところにある。マットはスカルパーでかきとり一定のマット厚さとするが、そのコントロールにアイソトープを用いている。カレンダープレスは回転体であるので、厚みゲージが使えず、マットの厚さをコントロールすることで最終の板の厚さをコントロールしており、重要なポイントである。

フォーミングされたマットはプリプレス後、硬化を促進させるため、高周波装置でマット内部を70~80°Cにまでプレヒートし、カレンダープレスに入る。メインドラムは、直径3~5mのものがあり、それぞれ小さなロールが3本ついている。ドラムの直径が大きいほど容量が大きくなるが、輸送などの点から5mが限度であり、イタリアとスペインで納入実績がある。製造できるボードの厚み範囲は、3mドラムで2~6.5mm (min. 1.5), 4mで2~10mm (max. 12mm), 5mで2~10mm (max. 14mm)で、厚み精度は、プレス幅が1300から2500mmまでであるが、2100mmまでは±0.15mm, 2500mmで±0.2mmである。容量的には、3mドラムで日産80~180m³, 4mで105~250m³, 5mで125~300m³で、リファイナの容量によって変化する。

II. パーティクルボード用接着剤の現状と将来

1. パーティクルボード用接着剤の現状と将来

最近の世界のPB業界の接着剤の動向を1985~1987年のWBPI誌のAdhesive Updateの欄から拾ってみた。総数11件の記事が掲載されていたがいずれもホルマリン問題に関係していた。その中から2, 3あげると、例えばBorden Limited (英)ではE1クラスのUFレジンを生産しているが、V100及びV313に適合するユリアとメラミンの共縮合型UMFレジンを生産している。このようなE1だけでなくV100及びV313にも適合するUFまたはUMFレジンの開発は、MCN社(オランダ)、Ciba-Geigy Plastic (英)、CdF Chemieグループ(仏)、Perivados Forestales SA (スペイン)などの各社でも行われている。また、フィンランドではUFレジンのPBを作っている4工場場でRaisatex Polyolを添加してホルマリン放出量を5~10mg/100gに下げるとともにバインダ

ーとして使っている。

天然物を利用したレジンに関してはBondtite Adhesivesグループの話題として、wattle tanninで作ったPB用レジンが紹介されている。このレジンは1969年から南アフリカノボバンで生産が始められ1971年にBondtite社から販売されたが、耐久性に優れ、液状でも粉状でも供給可能で、ボード製造後ホルマリン臭がなくなると言われている。

非ホルマリン系レジンに関しては、Rubicon社(米)でWB(ウェファーボード)の製造に乳化型MDIを表層にも用いて行われたプラントテストが紹介されている。この場合、Spinning disk applicatorを使えばパーティクルへのレジンの分散が良くなり、またPFレジンと比較して少量のレジンですみ、熱圧条件が有利になり、ボードの強度も同等かそれ以上になった。

また、欧米ではホルマリンの健康阻害が社会問題になっているが、第42回のFESYPのTechnical Commercial ミーティング(1984年)と第19回のW.S.U.Symposium(1985年)において欧米のホルマリン事情が報告されている。それによると、米国では1970年からホルマリンによる室内環境の汚染が問題となり、HUD(Department of Housing and Urban Development)は1976年に続いて1984年に再度ホルマリンについてのstandardを作り、モービルホーム用のPW(合板)とPBの規制値を0.2ppmと0.3ppmとした。なお、室内環境については0.4ppm以下にすることが望まれ、作業環境では以前から3ppmというのがあった。一方、EPA(Environmental Protection Agency)は現在、規制値を研究中である。欧州では1982年来、作業環境の規制値は1~2ppmのままである。室内環境を法制化しているのはデンマーク(0.12ppm以下)だけで、その他の国ではガイドラインに過ぎない。しかしボードについては西ドイツでは昨年10月1日からE1ボード以外使えなくなった。西ドイツの規格が欧米全体に影響しているため、この規格が欧米を支配するであろう。

2. ホルマリン系接着剤における問題点とその対策

当社のPB用ユリア樹脂, ユリア・メラミン共縮樹脂, メラミン・フェノール共縮樹脂, 及びフェノール樹脂 (それぞれUF, UMF, MPF, PF) は, 合板用と比較して水分調整を容易にするため, 高めの不揮発分約65%前後 (PFでは50%前後) で, 粘度2PSである。これらの樹脂の硬化温度は150~160°Cで, PFのみさらに高温・長時間を要する。そこでボードの熱圧時間に関して, 熱圧温度170°CでPBボードの温度変化を調べてみると, ボードの内層温度の上昇曲線はボード厚さによる影響を受け, 厚物程熱圧時間がかかる。例えば100°Cになるのに40mmの厚さで7分かかる。また, 平板プレス温度が高く, 表層チップの水分が多いと内層温度の上昇が速い。このような温度挙動をたどる中で接着剤がどのような硬化挙動をするかを硬化剤を添加した樹脂を含浸したガラス繊維を用いTBA法により5°C/minの昇温速度で調べると, UFでは相対剛性率 G_r は低温域では変化せず83°Cから急激な立上がりを生じ, 150°C前後で平衡になり190°Cで低下する。同様にUMFとMPFの G_r は88°Cと94°Cで立上がり, 150°C前後で平衡になる。これに対してPFでは G_r が低温域から除々に変化し, 125°Cで立上がり, 175°C前後で平衡になる。また, UMF, MPF, 及びPFの対数減衰率の α_T は2つのピークをもつ。つまり相変化が2つの温度領域で生じ, 2成分で硬化すると考えられる。従って, この結果よりUF, UMF, 及びMPFについては100°C前後から G_r が立上がるので熱圧時間と温度は同じような管理ができる可能性があるのに対し, PFでは十分な熱圧時間と温度が必要なことを示唆している。Pタイプボードの熱圧時間短縮の方法として, 1) 蒸気噴射プレスで温度の上昇速度を速くする, 2) PFのタンニン変性をする, 3) MPF及びイソシアネート系接着剤を用いて硬化速度を速くすることなどが考えられる。

ホルマリン問題について, 現状でJISの規制を満足できるものもあるが, 現在のホルムアルデヒド削減方法をまとめると, 1) 原料に前処理する方法: ホルムアルデヒド捕捉剤含有チップを原料チ

ップへ混入, 接着剤塗布前にチップへホルムアルデヒド捕捉剤を塗布, チップ乾燥前にホルムアルデヒド捕捉剤及び撥水剤塗布 2) 接着剤をかえる方法: 接着剤モル比低下, 接着剤へのホルムアルデヒド捕捉剤添加, 接着剤組合せ (表層PF+芯層UFまたはIso) 3) 製品を後処理する方法: ホルムアルデヒド捕捉剤もしくはガスによる処理, 塗装・ラミネート, 等である。ホルムアルデヒド捕捉剤には, アンモニア・アンモニウム塩, 亜硫酸塩及びアミノ化合物が使われる。さらに加水分解抑制のため, 樹脂のpH調整の併用も考えられる。

3. イソシアネート系接着剤における問題点とその対策

まず, 高含水率チップMC=16%にエマルジョン型イソシアネート樹脂 (C-3053) を直吹きして作ったボードのテーブルテスト結果をみる。ボードの作成条件は, 樹脂量: 表層7.0%, 芯層3.5% (wax無添加), プレス条件: 185°C×28~13kg/cm²×4分である。高含水率チップで作ったボードは乾燥チップMC=3.5%で作った同比重0.72のボードと比較して, 常態・湿潤曲げ強度, はくり強度とも差がなく, 24hr後の吸水厚さ膨張率が8.0%となり2%減少する。またラインテストの結果でも, 表層フェノール樹脂・芯層C-3053 3% (wax無添加), 半乾燥チップMC=7~8%で作ったボードは, 乾燥チップで作ったボードと比較して, 強度に差がなく, 吸水膨張率も3.5%低くなった。この結果, エマルジョン型イソシアネート樹脂はかなり高い含水率でも良好なボード物性を発現すると思われる。

次に, パーフォレーター法でボード中のホルムアルデヒド含有量を調べた。尿素樹脂単独では18mg/100gであるのに対し, 芯層にだけC-3053を使うと7mg/100gになり, 表層の尿素樹脂へブレンドしても前述とあまりかわらず, また表層の尿素樹脂に固形尿素を添加すると3.5mg/100gになった。なお, 表層と芯層にイソシアネート樹脂を使った場合は測定不能 (検出できず) であった。

また, 製造ライン上でのMDI濃度の測定を行った。表層フェノール樹脂, 芯層イソシアネート樹脂の場合, 最大濃度はフォーミングステーショ

ン周辺で0.05 ppmであるが、平均濃度はいずれの作業場でも許容濃度0.02 ppm以下であった。但し表層に使うとこの2~3倍ぐらいになるかもしれない。

次にホルマリン系樹脂とのブレンド効果について調べた。まず芯層へのブレンドでは、芯層接着剤として尿素樹脂または尿素・メラミン樹脂/C-3053の比率を7.5/0, 4.0/1.5, 及び2.0/3.0にし、表層：尿素樹脂または尿素・メラミン樹脂11%, マット含水率：表層14%, 芯層8%, プレス条件：160℃×5分の成形条件の時、ボードの強度はあまり変わらず、吸水率・厚さ膨潤率はブレンドで良くなった。次に表層にも種々の量の自己乳化型イソシアネート樹脂(B-1144)と添加型離型剤をユリア樹脂にブレンドし、プレス条件：160℃×30kg/cm²×4分で離型板を敷いて作ったボードでは、常態強度は問題なく、少量のB-1144混合量(2部)で湿潤強度、耐水性、及び表面吸水性が向上した。

今後の応用・対策として、1)ボードの低比重化、2)ボード製造時のプレス温度の低温化、3)ワックス分散性の自己離型樹脂の開発、4)エマルジョン型接着剤の安定化、等があげられる。

4. ボード用接着剤の耐久性

まず、屋外暴露試験の結果によって接着剤の違いによるパーティクルボードの耐久性能の差を見てみた。ドイツにおける9年間の試験によるとユリア樹脂ボードでは2~3年でバラバラになり、フェノール樹脂ボードは防腐剤を入れても6年間で曲げ強度が初期の60%に低下した。これに対して、ユリア・メラミン樹脂ボードでは9年間経過した後でも比較的良好であった。また、その時の厚さ膨潤をみると、ユリア樹脂ボードでは数年で30%も膨潤したが、表層フェノール樹脂・芯層イソシアネート樹脂のボードでは9年間でも6~7%の膨潤にすぎなかった。英国における7年間の試験では、ユリア・メラミン樹脂ボードがフェノール樹脂ボードとほぼ同様のはくり強度の低下率を示し、ユリア樹脂ボードが最も速い強度低

下と最大の厚さ膨潤を生じた。このように欧州ではユリア・メラミン樹脂が比較的良好な結果を示したが、日本でアミノ系樹脂を使用する場合は、このような結果を得難いであろう。

次にパーティクルボードは大部分が内装用に使われるので、住宅の室内ではどのような環境条件になるかを調べてみると、北側に面した室内は湿度が高く、結露を生じやすくなる。また、北側の壁に使用した木材は20%前後の含水率を示すようになる。そのため部材にはカビ・菌による腐朽の心配が生じてくる。そこで室内用のパーティクルボードの耐久性については微生物劣化を問題にしなければならないと思われるので、これを接着剤との関係で調べてみた。ユリア樹脂ボードとフェノール樹脂ボードについて水浸せきとsoil block試験を行い、腐朽後の曲げ強度の差をみると、フェノール樹脂ボードの方が小さな減少率となり、ユリア樹脂よりも耐朽性がよかった。これはフェノール樹脂中の低分子成分が腐朽菌に対し有効であるためと考えられた。また、ユリア樹脂ボードの放散ホルムアルデヒドによる腐朽抑制の効果をみると、ボード中に100mg/100g以上の遊離ホルムアルデヒドが存在した場合、軟腐朽菌には有効であるが、カワラタケ、イドタケには効かなかった。

また、その優れた接着特性及びホルマリン問題からも注目されている非ホルマリン系のイソシアネート樹脂ボードは、ホルマリン系ボードに比較して腐朽が速い。例えば、オオウズラダケによる腐朽進行中の各種ボードの曲げクリーブ試験においてもイソシアネートボードの方が腐朽菌の影響を受け易く、大きな曲げ変形を示すと報告されている。

腐朽防止による耐久性を改善するためには、1)ボードの防湿処理、2)防腐剤の添加、3)耐水性向上にも有効なフェノール樹脂との併用があげられる。

(文責 京都府立大学農学部 梶田 熙)
近畿大学農学部 高谷政広)