

第14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14回木質ボード・木質複合材料シンポジウムを平成10年3月12日～13日にかけてメルパルク大阪において開催した。木質ボード製造、機械および接着剤などのメーカーの技術者を中心に、公的試験研究機関、大学の研究者や関係者が参加、活発な討論がなされた。討論会内容は以下のとおりである。

パネル討論会 (I) 3月12(木)

「E 0 / E 1 グレードへの対応技術」

司会 近畿大学農学部 岡本 忠氏

1. ホルマリンの放出削減とボードの材質

大鹿振興(株) 水野 泰嗣氏

アミノ系樹脂接着剤を用いたボードや合板で製品から放出されるホルムアルデヒド量の低減対策を行った場合、製造時の作業性の悪化やボード物性の低下をもたらすことが多い。そこで接着剤がボード製造条件に適合するかどうかを判定する方法として、沸騰水中への浸漬によるゲル化時間の測定が行われている。しかし、接着剤の低モル比化にともなってゲル化時間が判定しにくくなる傾向がある。これに対する簡便な手段として、走査型振動針式硬化試験機(走査 VNC)による評価法があり、ここではその測定結果とボード物性との相関について紹介する。

走査 VNC では、硬化の進行に伴う共振振幅 ($|A|$) と共振周波数 (f) の変化を連続的にモニターすることにより、ゲル化や硬化挙動を評価することができる。エポキシやポリエステル、ウレタン樹脂等では、鎖長の成長に伴い振幅 $|A|$ が低下し、架橋の増加とともに共振周波数 f が増大する。ユリア樹脂、ユリア・メラミン樹脂、フェノール樹脂の硬化反応でも $|A|$ の低下と f の増加が認められた。樹脂液中の水分量が少ない(すなわち樹脂固形分が多い)ほど $|A|$ の低下と f の増加が加速され、かつ f 値が高くなる傾向がある。変性タ

イブ接着剤では f 値に特異なピークが認められる。E 1 ボード用ユリア樹脂接着剤としてモル比率 (F/U) 1.07, 1.25, 1.50のものおよび変性タイプの E 1 樹脂について評価したところ、測定値は、振幅、周波数ともにゲル化時間とボード製板結果(含脂率14%)との間に相関を示し、本測定法がボード物性や接着剤の改良の指標になり得る可能性が認められた。しかし、測定値のバラツキが大きいが難点である。ゲル化時間測定の代替とするには、接着剤の重量変化や温度変化の補正等を含め、さらに検討する必要がある。

なお、表層にポリオレフィンシートを貼付けることによるボード性能の改善法は、パーティクルボードのホルムアルデヒド放散量や吸水量の低減、耐膨潤性に著しい効果(ホルムアルデヒド放散量約1/2、木口シールでは90%以上低減)をもたらす。

2. フェノール系接着剤の対応技術

大日本インキ化学工業(株) 正田 四郎氏

室内住環境重視の社会的要請(WHOガイドライン0.08ppm)をうけ、より安全な樹脂接着剤の開発が要求されている。従来より、フェノール樹脂は接着信頼性、低いホルムアルデヒド、低コスト、低毒性燃焼ガス等で高い評価をうけているが、厳しい硬化条件を必要とすることが課題であった。そこで、現行のユリア・メラミン樹脂用の装置で対応可能な“速硬化性フェノール系接着剤”の開発を試みた。ここでは、開発品の木質材料製造ラインおよび実験室レベルでの使用と検討結果について紹介する。

開発品(フェノライト PG-1000, 水分散性フェノール樹脂)の硬化条件は、温度120~125℃、製品1mm当たりの熱圧時間20秒(現行フェノール樹脂接着剤 PG-500では各々135~150℃, 30秒)であり、12mm厚の針葉樹合板製造ラインでは、125

℃, 加圧10kg f/cm², 熱圧時間20秒/mm, 単層パーティクルボード(実験室)では, 170℃, 15秒/mmの結果が得られている。接着剤の物性値は, 不揮発分42%, pH12, 110℃, ゲル化時間512秒(PG-500では950秒), 粘度120mPs, 比重1.18である。本接着剤は, 硬化性改善のために特殊合成法で調製した樹脂に, 使用時に硬化促進剤を配合して用いる。現行のユリア・メラミン樹脂用設備で使用可能で, 水溶性, 良好な作業性および貯蔵安定性を持ち, 硬化促進剤の添加量を変化させることにより硬化反応性の制御ができ, 優れた仮接着性を示す等の特徴をもつ。グルーラインは赤褐色である。なお, 酸硬化性のアミノ樹脂との混用はできない。

試作した針葉樹合板(ラジアータパイン5プライ, 12mm厚, 塗布量350g/cm², 含水率4~10%, 樹脂増量率1.3倍)についてJAS特類浸漬剥離試験を行うと, 硬化条件125℃, 15秒/mmの試料は72時間連続煮沸後90%が基準を満たし, 20秒/mmでは100%であった。これに対して同一条件で従来品(同社製品PG-500)を用いた場合の合格率はともに0%であった。PG-1000で接着した合板のデンケータ法によるホルムアルデヒド放散量は0.15mg/l, 常態接着力は16.2kg f/cm², 木破率98%, 72時間連続煮沸後ではそれぞれ16.3kg f/cm², 95%であった。同一条件下で一般用ユリア・メラミン樹脂は72時間連続煮沸試験に耐えず, ホルムアルデヒド放散量は0.45~10mg/lの値を示す。

単層パーティクルボード(広葉樹単板・合板, 古材から成るチップ使用, 含脂率10wt%, 硬化

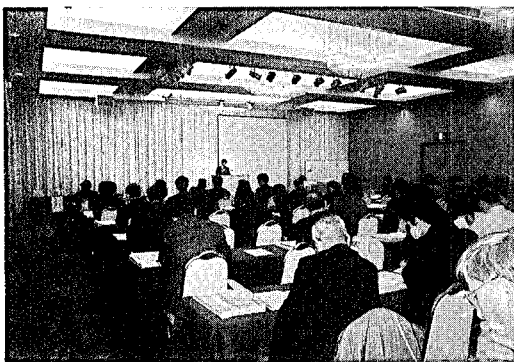


写真1 シンポジウム会場

条件170℃, 30kg f/cm², 15~25秒/mm, 比重0.77, 厚さ15mm)はE0グレードとして用いられる可能性を示しており, 適性把握中である。ボード性能はプレス時間に比例し, ホルムアルデヒド臭はプレス時間20秒/mmで0.10mg/l(15秒/mmではおおよそ0.15mg/l), 厚さ膨張率も20秒/mm以上の加熱でほぼ一定値をとる。

この水分散性フェノール樹脂は, 水性を保ちつつ高縮合化を可能にしたものであり, 塗布樹脂量の大幅削減も可能にするものとして期待される。

3. 合板用接着剤のF1対応技術

アイカ工業(株)

加藤 義昭氏

従来の日本家屋は通気性に富み, 常に十分な換気があったのにひきかえ, 最近では高機密化し断熱材で覆われている。この空間で多用される建築材料, 製品は, 化学物質をふんだんに使った建材, 塗料, 接着剤である。快適な室内空間を演出するはずであったこれらの物質が, 時に室内空気を汚染し, 健康を損なう悪者にされている現状は残念である。この化学物質の一つであるホルムアルデヒドの放散低減法について考察する。

ホルムアルデヒドはメチルアルコールの酸化で製造され, 刺激臭のある無色の気体である。水によく溶け, ホルマリンと呼ばれる30~50%の水溶液となる。反応性に富む化学物質であるため, ホルムアルデヒド系樹脂接着剤で代表される種々の物質の原料として使われる。この種の接着剤は, 木質材料に多量に用いられ, ユリア樹脂, ユリア・メラミン樹脂, フェノール樹脂, レゾルシノール樹脂がある。

最も多量に用いられているユリア樹脂接着剤は, ホルムアルデヒドの付加によるメチレンおよびメチロール基の生成, 縮合反応によるメチレンおよびジメチレンエーテル結合の生成により反応が進み, 硬化, 接着層の形成を経て接着効果を生じる。接着剤からのホルムアルデヒドの放散は, 未反応ホルムアルデヒドの放出, 硬化した接着剤のメチロール基の分解, ジメチレンエーテル結合からメチレン結合への変換などの脱ホルムアルデヒド反応によって起こる。また, 硬化接着剤中には硬化剤として添加された塩化アンモニウム等の酸性物質が含まれ, この酸による加水分解, 脱ホ

ホルムアルデヒド反応が起こる。したがって、硬化した接着剤からも長時間ホルムアルデヒドが放散される。放散量はユリア樹脂で多く、メラミン樹脂では少なくなり、フェノール樹脂はさらに少ない。

当社ではホルムアルデヒド放散量の低減のため、第一に反応モル比を小さくする方法、第二に合板製造時にキャッチャー剤と反応させる方法、さらに製造した合板の後処理による方法について検討した。ホルムアルデヒド(F)とユリア(U)とのモル比(F/U)を1.6, 1.4, 1.2, 1.0として合成した樹脂のホルムアルデヒド放散量(FR値)と接着性の検討を行った結果、F1合板の製造にはモル比1.0程度のもを用いなければならないことが分かった。接着性はモル比の低下とともに大幅に低下するのでメラミン等による変性を併用する必要があり、コストアップにつながる。同社はF1のタイプ2合板用としてユリア・メラミン共縮合樹脂接着剤(UMF)を開発して対応している。しかし、UMF樹脂は、単板含水率が10%を超えるとFR値の増加と強度低下が生じてF1基準を満たさなくなるので、合板工場では単板含水率の管理が重要となる。より一層耐水性を要するF1のタイプ1合板用樹脂としては、メラミン含有量の多いメラミン・ユリア共縮合樹脂(MUF)を開発して対応している。南洋材用接着剤はF1タイプ1規格を満たすが、同接着剤を針葉樹材合板に用いるとFR値が高くなり、F2グレードであった。そこで新たに針葉樹用F1タイプ1合板用MUF樹脂接着剤を開発し、基準を満たした。また、F1特類合板用としてフェノール樹脂接着剤も開発し、基準を満たした。

現在ほとんどの合板工場ではF2タイプの接着剤が使用されていると思われる。そこで、F2タイプの接着剤にホルムアルデヒドキャッチャー剤を添加した効果について検討した。接着剤組成物に市販ホルムアルデヒドキャッチャー(TEA, N,N-ジブチルアミン, アリルヒドラジン, 塩酸ヒドラジン, 過酸化水素, 重亜硫酸ソーダ, 次亜塩素酸ソーダ等)を添加したが、効果は十分ではなかった。一方、粒状ユリアの添加は十分なホルムアルデヒド放散低減効果があり、F2用樹脂接着剤に10~15%の粒状ユリアを添加するとF1

合板が生産できる。しかし、作業性や接着性の低下が顕著であるため配合および接着条件の見直しや十分な管理が必要である。

ホルムアルデヒドキャッチャー剤の塗布によるホルムアルデヒド放散量の低減についても検討し、F2およびF3用樹脂を用いて製造した合板の両面にホルムアルデヒドキャッチャー剤を均一にスプレー塗布し、JAS普通合板の試験法でFR値を評価した。効果は認められたものの、F1合板規格に合格するまでには至らなかった。

上記のように、F1合板は、接着剤の改良並びにホルムアルデヒドキャッチャー剤の添加により製造可能となった。しかし、コスト、単板含水率、圧縮時間、圧縮温度等に課題が残されている。検討を重ねて早期解決をはかり、住み良い室内環境づくりに寄与したい。

4. イソシアネート系接着剤の応用

住友バイエルウレタン(株) 木原 良徳氏

ポリメリックMDI(PMDI)を用いる木質ボードは、約25年の商業生産実績がある。PMDIボードは、ホルムアルデヒド等の揮発性物質を発生せず、優れた耐水性、高い生産性、優れた接着性能をもつので、近年PMDIの製造量が増加し、1996年にはPB, MDF, OSB, LSL等ボード用とし1000万㎡が生産された。

従来バインダーに比べて高価ではあるが、フェノール樹脂(PF)の代替として開発されて以来、優れた物性と生産性(短いプレスタイム)によりコスト競争力をもち、またユリア樹脂(UF)に比べればプレスタイムは短くならず、コストも割高であるが、ホルムアルデヒドフリーの室内用材料としてV-20用に採用され、以後改良が進んできた。

まず、バインダーの使用量について、PB用のPMDIの含脂率をV-20タイプで1.5~2.5%、V-100タイプで4~5%に削減しても、従来の接着剤と同等の機械的物性が得られることがわかった。しかし、このような少量になると、チップ表面への均一塗布が問題となり、分散したバインダーをほぐれた状態のチップ表面に直接塗布する必要がある。この目的には、塗布機械の最適化とともに水性分散液として低粘度比をはかる方法が

とられる。分散法としては、以下の方法がある。1) 乳化タイプに変性 (Desmodur152OE) ; コストアップとなる。2) 乳化剤の添加; 安定な乳化液をつくるがコストアップとなる。3) サイズ剤としてパラフィン分散液 (Mobilcer EPX98/278t 等) を水に添加し、高いせん断力をもつ混合機で混合する; 数時間安定な分散液となる。4) チップへの添加直前に PMDI と水を高圧混合機で混合分散する; 短時間安定な分散液となる (機械的強制乳化法)。これらの水分散化による増量、低粘度化技術は、PB, MDF 等の表面積当たりの PMDI の添加量が少ない場合に有効である。PMDI 添加量が比較的多い場合には、PMDI を高速回転の円盤で霧状にしてチップにブレンドする方法やエアアシストスプレーする方法も使用される。

上記した機械的強制乳化法は、分散技術の中でも最新技術であり、近年多数の工場で採用されている。この方法では高圧にした PMDI と水をインラインで衝突混合して連続的に分散し、直ちに木粉に混合する。したがって、分散液は短い管を通るだけであり、配管詰まりが生じない。また、水のみでの運転により容易に混合機と配管を洗浄でき、混合機の運転・停止が容易である。他の分散方法、特に自己乳化型 PMDI に比べると、バインダーを塗布したチップの可使用時間が長い。本方法は、その他触媒の添加や従来のバインダーとの併用に利点がある。

PMDI は、製造時にコール板の表面と反応し、ボードとプレス面との離型性を悪化させる。対策として次の3種類の方法が実用化されている。1) 3層構成の PB や OSB では、UF や PF バインダーを表層に使用し、PMDI を芯層に用いる。PMDI の特性は、芯層のみにしか活かされないが、耐水性の改良、ホルムアルデヒド放散量の低減、プレス時間の短縮に著しい効果があり、E0 や V-100 グレードの製造が可能となる。2) PMDI を表層、芯層の両層に使用し、両表層の外側に従来のバインダーを使ったごく薄い離型層を配置した5層構成とし、プレス、離型後にこの層を削り取る。3) 液状の離型剤をコール板やホーミングマット上に塗布する。離型剤としては TPPU-

1246 (バイエル社) のような金属石鹼水溶液が適する。プレス温度が高い場合用の高温対応型 (TPPU-23HS51) もある。以上の3方法のほか、接着剤に離型剤を添加する内部離型剤型が広範囲に研究されている。ラボ実験や短期間のプラント実験では離型可能であるが、信頼性に富むものは開発途上にあり、実際の商業生産では外部離型剤を併用しているのが現状である。外部離型剤を必要としない内部離型剤の開発が待たれる。

ホルマリン系接着剤との併用は、表層に他の接着剤を使用する方法 (上記) 以外に、同一層に PMDI と他の接着剤を混用する方法が使われる。例えば、UF に少量の PMDI を添加すると、プレス時間の短縮、耐水性等の物性の改良、接着剤使用量の削減が可能になる。なお、PMDI はホルムアルデヒドの発生を抑えるものではないので、ホルムアルデヒドの放散は共用するホルマリン系接着剤の特性に依存する。しかし、揮発物量を低減するためにホルムアルデヒド/ユリアのモル比を下げた場合にみられるプレス時間の延長や接着性能の低下対策には有効である。

PMDI は約40年にわたって使用され、今日全世界で年間約190万トン使用されている化学物質である。常温での蒸気圧は 4×10^{-4} Pa と低く、木質ボード生産工場の実測でも、スプレー現場およびスプレー雰囲気ガスが排出される場所でミストによると考えられるものが微量検出される以外、他の場所では検出限界以下である。このような PMDI が検出される場所には局所排気設備が推奨される。

PMDI を使用した木質ボードの安全性については、未反応 PMDI、加水分解により生成する可能性のある MDA、熱分解による HCN 等について調べられた結果、通常の使用における危険性を予測させる結果は得られておらず、従来から使用されているバインダーを使ったボードと同様に使用できる。

パネル討論会 (II) 3月13(金)

「新しい材料・機械の開発研究」

司会 京都府立大学農学部 梶田 照氏

1. VOF (Vertical Oriented Fiberboard) の開発と商品化

大建工業(株)

大場 正一氏

軽量、高圧縮強度、低コスト等の優位性から、畳床や断熱材として発泡スチロール (FPS) が広く用いられているが、今日では廃棄処理問題をかかえており、その代替品の開発が望まれている。そこで、繊維板の構成エレメントである繊維をボード面に垂直に配向させることにより、FPSを代替できる軽量かつ高い圧縮強度を有する繊維板 (VOF: Vertical Oriented Fiberboard) を開発した。すなわち、通常の繊維板は、厚み方向に圧縮成形された結果、ボード面に平行な配向状態になっているが、これを逆手にとって木口面からプレス成形すれば、ボード面に垂直な配向状態が得られる。

VOFの製造方法を、比重が0.1で厚さが25mmのものについて説明すると、まず、PSDRで解繊した針葉樹材の繊維とでん粉系接着剤を用いて、所定の比率で比重が0.1となるように計量し、混合攪拌する。針葉樹繊維を用いるのは、材自体が低比重であり、長くてかさもちのよい繊維となり易いためである。調整した原料を厚さが30mmとなるようにプリホーミングし、そのマットの厚さを固定したまま木口面からプレス成形して、厚さ30mmの垂直配向マットとする。このマットを5mmだけ厚さ方向にプレスして、乾燥・硬化させ、25mm厚のVOFが完成する。この厚さ方向の5mmのプレスにより、配向をくずさないで比較的硬い表裏面を形成することができ、これによりボードの圧縮強度が高くなる。製造した比重0.1のVOFの圧縮比例限度は0.226MPa (比重0.03のFPSは0.205)、圧縮ヤング率は8.032MPa (7.074MPa)で、良好な結果が得られている。

畳の製造上必要な性能として重要なのは、縫着性と切断性である。縫着性は畳床の縫い易さを意味しているが、これは畳床の生産性に影響する。縫着性を侵入度、すなわち、畳床用の縫い針が材料を貫通するのに要する荷重で評価したが、VOFは32.1N (FPSは29.6N)であった。一方、インシュレーションボード (IB)は厚みをそろえるために15mmと10mm厚ボードを重ねて試験したが、

93.5Nで非常に針抵抗が大きく、畳床の生産性が低下する。また、切断性についても、FPSと同様の性能であった。

VOFと無配向ボードおよびIBとの性能について、同様の原料を用いてボードを製造し比較検討した。同一条件で混合したものを垂直配向マットと無配向マットとした。数種類の比重のボードを製造したが、垂直配向マットの場合は、ボード比重に関係なく厚さを30mmとした。無配向マットの場合は、ボード比重の増加にともなって厚みも増加した。作成したマットは全て25mm厚さにプレスしながら、乾燥・硬化させた。

圧縮試験では、試験片の大きさを95mm×95mmとして、その上にφ80mmの圧縮治具を置いて上から5mm/minの割合で負荷し、荷重-変位曲線から圧縮比例限度と圧縮ヤング率を算出した。VOFの圧縮比例限度および圧縮ヤング率は、FPSやIBに比べて大きい。VOFの曲げ性能は、無配向ボードよりも小さく、VOFのボード面に垂直な繊維の配向は、曲げに対しては不利である。しかし、剝離強度は大きく、無配向ボードは層間で剝離するのに対して、VOFの場合は試験体がむしり取られるようにして剝離し、接着力に加えて繊維自体の引張強度が寄与するものと考えられる。

繊維の配向特性が関与して、VOFの吸水厚さ膨張率は非常に小さいが、長さ変化率は逆に大きい傾向がある。しかし、変化率の絶対値では、無配向ボードやIBの厚さ膨張率は約8%であるのに対して、VOFの長さ変化率は1%以内である。これはVOF製造時にわずかな厚さ方向へのプレスにより、表裏面の平面的な繊維の絡み合い、それが長さ方向の伸縮を抑制しているものとみられる。

2. 秋田木高研における機械ならびに材料開発

秋田県立農業短期大学・木材高度加工研究所

佐々木 光氏

木材高度加工研究所は、材料特性、性能開発、材料開発、構造利用の4研究分野を有している。ここでは、当研究所で行われている研究並びに先駆的木材加工機械・システムの開発研究などについて紹介する。

まず、高性能木質構造の探求、構造開発グルー

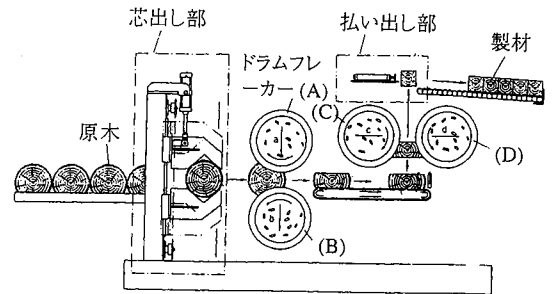
プでは、地震、大雪などの様々な外力に抵抗できる強度と柔軟性をもち、またこの性能が長期間保証できる居住性のよい木質住宅および木質橋梁設計技術の開発研究がある。免振・制振技術を適用して木質住宅の耐震性能の向上を目指した技術開発、構造用グボなど非金属系材料による木質材料の複合法についての技術開発、新工法・新しく開発された材料を適用した高耐久性住宅構造の開発、発信頼性木質材料の開発と性能評価技術の確立などについて、実際に木質住宅を建設して、地震波等を与えながら実大サイズで検討されている。

加工技術開発グループでは、新しい木材の加工原理とその応用技術、例えば、スギなどの難乾燥材を迅速に乾燥する技術、環境共生型の木材保存技術などについて検討している。乾燥に関しては、水中貯木している間での水中の微生物による木材細胞壁の壁孔に存在していた物質の分解により、液体や気体が通導し易くなり、狂いの少ない乾燥ができるが、その乾燥メカニズムについて基盤的な検討を行うとともに、有効な水中貯木期間と開始時期などについて検討している。また、一方では柱材を低エネルギーでかつ短時間で乾燥するための、熱気乾燥と高周波乾燥を併用した新しい乾燥方法についても基礎的に検討している。

樹皮の有効利用として、成分利用、セメントの複合によるボードの製造などが検討されている。また、木材部分を PEG とともに加熱すると溶け、それにウレタンと混ぜてフィルムをつくる実験、スギ樹皮を破碎・ファイバー化してセメントと混合してマットとし、蒸気噴射プレス法によるボードの製造実験、また種々の薬品を調合してセメントの硬化阻害を克服し、軟化時間を短縮するための技術開発等が行われている。

また、農産物のリグノセルロース廃棄物、特にコーリヤン茎を用いたボードの製造と建材としての利用についての検討を行い、その成果を他の植物茎の利用にも応用する研究が行われている。

機械・システム開発グループの研究テーマとしては、国産材の利用を目的とした複合製材システム、すなわち、フレーキングミル(第1図)の開発があげられる。これは国産材の製材の合理化と国産材による OSB の製造を目的としたもので、

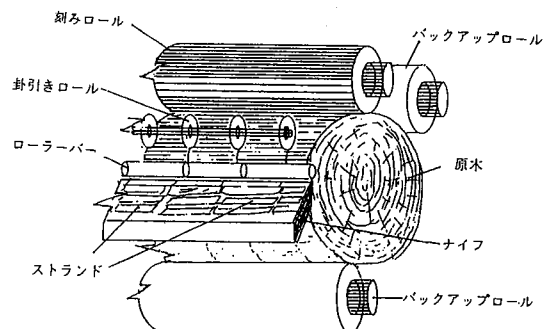


第1図 フレーキングミル試作機の原理

原木丸太を横方向にドラムフレーカーで切削し、ストランド・フレークをとりながら高速で製材するシステムである。直径30cmの丸太はAとBの直径50cmのドラムにより背板部分が2~3秒でフレークとなりタイコ状となる。次いでCおよびDのドラムで同じく背板部分がフレークとなって製材品となり、これが連続しているので約5秒で製材品となる。また、得られたストランド・フレークを静電場で配向する装置を開発し、構造材を目的とした OSL の研究が進んでいる。

短尺丸太、根張りや根曲がり部分などを単板とする小径木専用の外周駆動型ベニアレスを以前に開発したが、それに掛引きロールを取り付けて、丸太の断面が真円になるまでに出てくる層単板をストランドパーティクルとするフレーキングベニアレスを開発した(第2図)。この場合、フレーキングミルと異なり、掛引きロールの間隔を任意に設定できるので、所定の長さのロングストランドを得ることができる。

また、ヘリカルワインディング法による大断面円筒形 LVL の製造装置の開発を行っている。こ



第2図 フレーキングベニアレスの機構

れは繊維方向を幅方向とするエンドレスの単板テープをスパイラルワインダーを用いて円筒型製品とするもので、単板テープを1層ごとに巻く方向を逆転させて、いわゆる交錯木理として螺旋状に巻き、積層接着する。これにより割れおよび捻れにくく、強靱な安定した構造となる。繊維傾斜角はそれぞれ左右に 10° までならばヤング率の低下はほとんどないが、積層数が少ない場合は、横方向の圧力に対して幾分柔軟で、曲げモーメントに対して断面が扁平となり、断面二次モーメントが減少する。そこで、円筒の芯部に故紙とポリエチレンの混練射出成形物を充填して補強する。この円筒型LVLの各層の単板の繊維方向はバットジョイントとなるが、隣り合う層における避距は交叉する形となり、一般に強度に関係しない避距の下限値16より小さい値をもつ部分が転々と現れる。この部分を2層を一体とすると、次の2層のその部分との位置関係が単板厚さの32倍離れていればよいことになる。そのためには層一つ離れた層の単板との位置関係が十分にずれている必要が

ある。このことと 10° 以内に繊維を傾斜させる条件を考慮すると、円筒の直径、単板の厚さ、単板テープの幅、一層おきの単板間の避距などの関係は非常に複雑となる。以前はハネムーンタイプのレゾルシノール樹脂を用いていたが、通常の木材接着剤を用いることができるような機械開発を行っている。この方法は、回転可能な鉄芯(マンドレル)に肉厚数ミリの鋼管(スリーブ)をはめ込んでビスでとめる。そのスリーブの上に単板テープを一層ごとに逆方向になるように螺旋状に巻き込んだ後、その上にゴムベルトを巻く。その後、スリーブごと抜き取り、加熱装置に入れて接着剤を硬化させて製品とするものである。

この材料は、全く割れや狂いもなく、強度や剛性が十分高くバラツキがほとんどなく、体積の約 $2/3$ 以上が中空であるので省資源的であり、この技術は企業への技術移転ができる段階にきている。

(文責 近畿大学農学部 岡本 忠
京都府立大学農学部 梶田 熙)

(1998.5.8受理)