

гаемое улучшение качества поверхности их способствует уменьшению площади выделения формальдегида.

Резюме. В процессе исследований, проведенных в лаборатории, была установлена возможность использования шлифовальной пыли в изготовлении древесностружечных плит для полов.

Наиболее рациональным количеством шлифовальной пыли в наружных слоях плит можно считать 20 - 30%.

Применение шлифовальной пыли в сочетании с парафиновыми эмульсиями позволяет улучшить качество поверхности плит до 8 класса и одновременно уменьшить площадь выделения формальдегида.

Использование шлифовальной пыли позволит сократить удельный расход сырья на 1 м³ плит и утилизировать отходы.

Л и т е р а т у р а

1. Темкина Р.З. и др. Снижение выделения формальдегида из древесностружечных плит. М., 1973. 2. Хрулев В.М., Мартынов К.Я. Усовершенствованный метод контроля водостойкости древесностружечных плит. - "Фанера и плиты", 1974, № 6.

УДК 674.41

А.Н. Минин, профессор, Г.С. Вахранев

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ В ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРАХ ПРЕССОВАННЫХ ИЗ ШПОНА КЛИНЬЕВ (РЕЕК)

Широкое использование древесины в народном хозяйстве обусловлено ее высокими физико-механическими свойствами. Во многих случаях коэффициент качества древесины, т.е. отношение показателей ее механических свойств к плотности, выше, чем у металлов.

Современная химия синтетических полимеров позволяет производить в широком ассортименте новые материалы, изделия и детали, обладающие ценными свойствами для использования их в качестве конструкционных, декоративно-облицовочных, теплозвукоэлектроизоляционных и других материалов. Развитие науки и техники раскрывает новые свойства и возможности использования, расширяет области применения этих материалов, еще больше увеличивая значение их в народном хозяйстве.

До настоящего времени в электротехнической промышленности, и в частности на Минском электротехническом заводе им. В.И. Козлова, в качестве конструкционного материала при производстве силовых трансформаторов широко используется древесина бука. Большая часть ее идет на изготовление так называемых распорных реек (клиньев). Размеры их обусловлены типом и мощностью трансформаторов и находятся в пределах: длина 300 - 600 мм; ширина 9 - 16 мм; толщина 3 - 12 мм. Клинья устанавливаются в трансформатор между обмотками высокого и низкого напряжения в количестве 24 штук.

По техническим требованиям и условиям монтажа клинья не должны иметь сучков, гнилей, трещин, косослоя и т. д. Влажность древесины должна быть не более 8%, электрическая прочность перпендикулярна пласти клина 1,8 - 2,0 кВ/мм, маслостойкость при температуре масла $105 \pm 2^\circ\text{C}$ - 6 ч. Применение древесины в трансформаторах не должно влиять на диэлектрические свойства трансформаторного масла в процессе длительной эксплуатации, чем и предопределено использование для этой цели бука.

При существующей мощности МЭЗ им. В.И. Козлова по выпуску силовых трансформаторов годовая потребность в таких клиньях составляет более 1 млн. шт. На их изготовление требуется высокосортная буковая древесина, которая завозится из других экономических районов и даже из-за границы.

Между тем экспериментальными работами, проведенными на кафедре клееных материалов и плит Белорусского технологического института совместно с Минским электротехническим заводом им. В.И. Козлова, установлено, что такие клинья могут быть изготовлены из древесины местных пород способом лущения и последующего прессования в специальных пресс-формах без дальнейшей их механической обработки. При этом устраняются потери древесины на пропилов и другие виды механической обработки.

В настоящее время известен целый ряд различных электроизоляционных твердых листовых материалов, получаемых методом прессования - это ДСП, текстолит, гетинакс и др., которые в некоторых случаях могли бы быть использованы в качестве конструкционного материала для трансформаторов. Однако изготовление деталей из таких материалов связано с их механической обработкой (пилением, фрезерованием) и экономически нецелесообразно из-за высокой трудоемкости процесса и низкого выхода готовых изделий.

Для исследований был выбран: березовый и осиновый лу-
щенный шпон, отвечающий требованиям ГОСТа 99 - 75 с на-
чальной влажностью 6 - 8%, фенолформальдегидные смолы
СБС-1, С-40 и карбамидная смола М 19-62. Пакет набирался
с чередованием листов шпона с нанесенным клеем (намазка
или пропитка) и без него. Клинья прессовались в гидравличес-
ком прессе с обогреваемыми плитами.

Для проверки пригодности клиньев к использованию в сило-
вых трансформаторах определялась электрическая прочность,
маслостойкость прессованных клиньев и влияние их на транс-
форматорное масло.

Маслостойкость определялась на образцах прямоугольной
формы размером 100x100x10 мм по методике ГОСТа 9620-61.
Перед проведением испытаний боковые стороны образцов по-
крывались лаком ГФ-95 с добавкой меламинаформальдегидной
смолы и выдерживались в комнатных условиях в течение 4 ч.
Затем на такое же время они помещались в термостат, темпе-
ратура которого была равна 60°С. После чего образцы охлаж-
дались до температуры 20±2°С.

Подготовленные таким образом образцы загружались в со-
суд с трансформаторным маслом и помещались в термостат,
температура которого медленно повышалась сначала до 55 ±
±2°С, а по истечении 30 мин - до 105±2°С. Образцы при дан-
ной температуре выдерживались в масле 6 ч, после чего они
выгружались из термостата и в горячем виде подвергались ос-
мотру с целью выявления расслоений, пузырей, трещин.

Влияние образцов на кислотное число трансформаторного
масла проводилось при температуре проб масла 100°С в тече-
ние 72 ч, при этом соотношение поверхности образцов с транс-
форматорным маслом составляло 1 см² на 1 г.

В результате испытаний установлено, что образцы, склеен-
ные из лущеного шпона на различных связующих, маслостойки
и не оказывают влияния на свойства трансформаторного масла.

Измерение электрической прочности клееных образцов в
трансформаторном масле проводилось после определения их
маслостойкости в соответствии с ГОСТом 6433.3-71. Пробив-
ное напряжение определялось в направлении, перпендикулярном
слоям, и вдоль слоев шпона. В первом случае использовались
латунные электроды ϕ 25 мм, а во втором - ϕ 5 мм. Рас-
стояние между центрами электродов равнялось 15 мм. Напря-
жение до пробоя поднималось плавно со скоростью 2 кВ/с и
измерялось электростатическим киловольтметром.

Результаты испытаний представлены на рис. 1. Как видно из приведенных кривых, электрическая прочность клееных образцов повышается с увеличением их плотности до $1,15 \div 1,2 \text{ г/см}^3$, а затем незначительно падает. Пробивное напряжение перпендикулярно слоям шпона почти в два раза больше, чем параллельно им. Одновременно наблюдается более высокая электрическая прочность материала, полученного на смоле М19-62 в сравнении с образцами, полученными на других смолах.

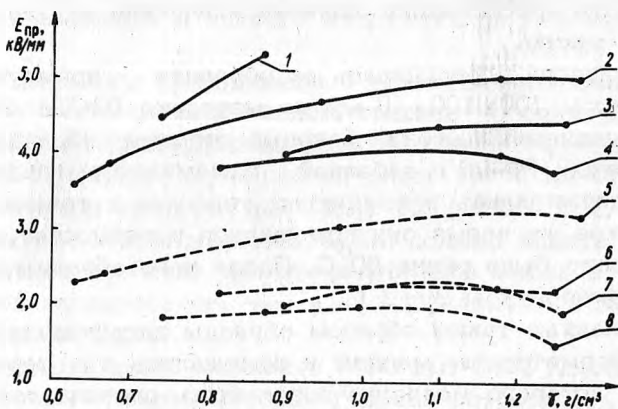


Рис. 1. Зависимость электрической прочности ($E_{пр}$) прессованных клиньев от их плотности (γ) после испытания на малостойкость: сплошные линии — поперек слоев шпона; штриховые — вдоль слоев; 1,8 — на смоле С = 40 с намазкой шпона; 2,5 — на смоле М19-62 с намазкой шпона; 3,7 — на смоле СЕС-1 с намазкой шпона; 4,6 — на смоле СЕС-1 с пропиткой шпона.

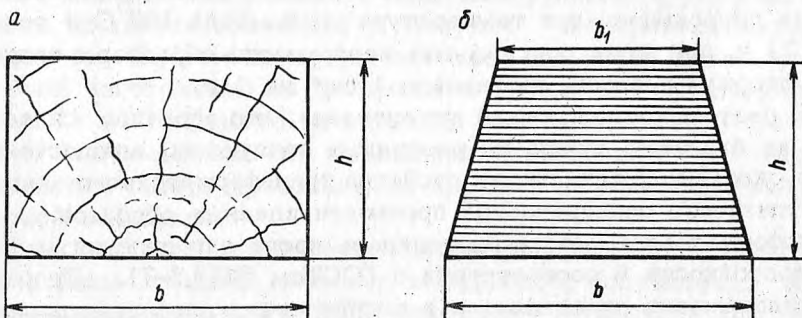


Рис. 2. Поперечное сечение серийного клина из древесины бука (а) и прессованного шпона (б).

Из других физико-механических свойств данного вида изделий, наиболее характерных при эксплуатации и монтаже, изучались критические напряжения при продольном изгибе.

Сравнительные испытания проводились на прессованных из шпона клиньях различной плотности и на различных связующих, а также на серийных буковых. Длина клиньев была принята одинаковой ($L = 500$ мм), серийные имеют прямоугольное сечение (рис. 2, а), прессованные – трапецеидальное (рис. 2, б).

Опыты проводились на специально переоборудованном 3-тонном прессе и испытательной машине ИМ-4А, позволяющей производить испытания с различными скоростями нагружения. При проведении эксперимента соблюдалось следующее условие: один конец образца закреплялся жестко, другой – шарнирно.

Расчеты производились по формуле

$$\lambda = \frac{\mu L}{i_{\min}},$$

где λ – гибкость стержня; μ – коэффициент, зависящий от способов закрепления концов образца ($\mu = 0,7$); L – длина образца, см; i_{\min} – минимальный радиус инерции поперечного сечения, см.

Для прямоугольного сечения образца

$$i_{\min} = \frac{h}{\sqrt{12}} = 0,287 \cdot h.$$

Для трапецеидального сечения образца

$$i_{\min} = \frac{h}{6(b + b_1)} \sqrt{2(b^2 + 4b \cdot b_1 + b_1^2)},$$

где h – толщина образца, см.

$$\sigma_{\text{кр}} = \frac{P_{\text{кр}}}{F},$$

где $\sigma_{\text{кр}}$ – критическое напряжение, кгс/см²; $P_{\text{кр}}$ – критическая сила, кгс; F – площадь поперечного сечения образца, см².

Для образцов из древесины бука $F = b \cdot h$ (см²), для прессованных клиньев $F = 1,25 \cdot b_1 \cdot h$ (см²).

Полученные результаты сравнительных исследований обрабатывались методом математической статистики и по среднеарифметическим данным построены зависимости критического напряжения прессованных клиньев от их плотности (рис. 3).

Сравнительные испытания показали, что критическое напряжение клиньев из древесины бука в среднем на 38% меньше, чем клиньев такой же плотности, спрессованных на всех видах исследуемого связующего, а также и без нанесения его на шпон. С увеличением плотности критические напряжения воз-

растают для всех видов прессованных клиньев. Значительные колебания величины критического напряжения для отдельных клиньев из древесины бука можно объяснить различным расположением волокон древесины относительно продольной оси. Это один из недостатков буковых клиньев.

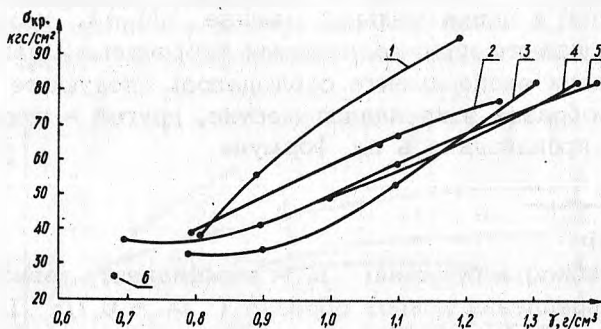


Рис. 3. Зависимость критического напряжения ($\sigma_{кр}$) прессованных клиньев от их плотности (γ): 1,3,5 - на смоле С-40, М18-82 и СБС-1 с намазкой шпона соответственно; 2 - на смоле СБС-1 с пропиткой шпона; 4 - без добавления связующих; 6 - из древесины бука.

При запрессовке клиньев из бука в трансформатор возможна их поломка. Этот недостаток отсутствует у клиньев, спрессованных из шпона, так как расположение волокон и дефектов древесины относительно продольной оси в этом случае рассредоточено. Поэтому критические напряжения клиньев (одной и той же запрессовки) незначительно отличаются друг от друга.

Критические напряжения клиньев, спрессованных из пропитанного смолой шпона, несколько выше, чем клиньев из намазанного шпона (для смолы СБС-1).

В целом клинья, спрессованные на использованных нами смолах и без них, значительно прочнее и могут быть применены вместо клиньев из натуральной буковой древесины.

Резюме. Анализ полученных экспериментальных данных электрической прочности, маслостойкости, критического напряжения при продольном изгибе дает возможность сделать заключение о целесообразности применения в силовых трансформаторах клиньев, спрессованных из лущеного шпона, вместо выпиливаемых из буковой древесины.