

Sommaire Recherche et développement



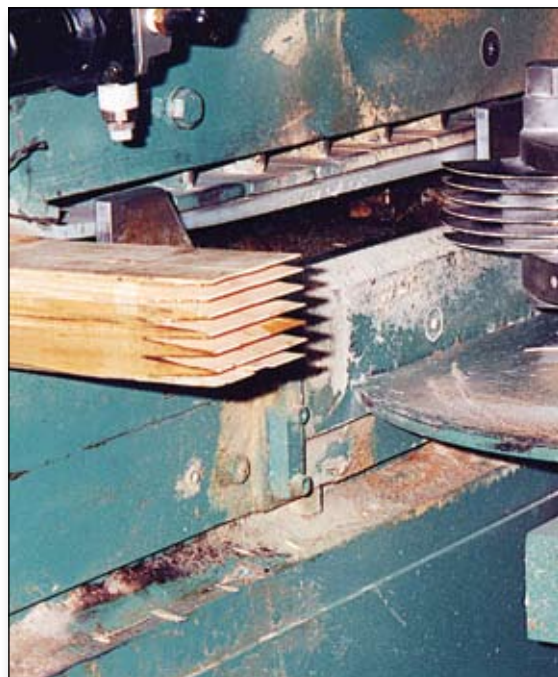
Valeur
au
bois

RDS 08-03-F
avril 2008

Manuel d'assemblage à entures multiples — Procédés et produits

Le bois d'œuvre assemblé à entures multiples est un bon exemple de l'utilisation de pièces de petites dimensions et de qualité inférieure pour obtenir des produits de qualité supérieure grâce à l'innovation, transformant ainsi des déchets en profits. Au Canada, le bois assemblé à entures multiples gagne en importance dans l'industrie, surtout dans la fabrication de produits de bois d'ingénierie (éléments lamellés-collés, poutrelles en I, etc.).

Le procédé d'assemblage à entures multiples est complexe et exige beaucoup d'efforts pour évaluer les diverses conditions pratiques et optimales d'assemblage. On sait que de nombreux facteurs ont une influence sur la résistance des assemblages à entures multiples. Certains d'entre eux sont inhérents à la nature du bois, comme l'essence, la densité, les défauts naturels, la teneur en humidité (TH), la température et l'aptitude au collage. D'autres sont liés à l'usinage, y compris les suivants : type d'adhésif et procédés de collage utilisés, état des outils de coupe, temps de séchage et pression appliquée pendant l'assemblage.



Profil de joints par entures multiples.

Aperçu du Manuel d'assemblage à entures multiples – Procédés et produits

Le manuel décrit les principes fondamentaux du procédé d'assemblage à entures multiples, à partir de la sélection et de la préparation de la matière première jusqu'au procédé de durcissement de l'assemblage à entures multiples à la suite de l'application de l'adhésif. Les résultats présentés proviennent d'études en cours et antérieures, portant sur le procédé d'assemblage à entures multiples et la qualité des produits, qui ont été menées par Forintek et ailleurs au cours des 20 dernières années. De plus, le Manuel fournit une description détaillée des divers paramètres touchant les matériaux et la fabrication qui peuvent affecter le procédé d'assemblage à entures multiples et la qualité du produit fini. Une section du document est consacrée à la certification et au contrôle de la qualité du bois de charpente assemblé à entures multiples. On y décrit les normes canadiennes sur les produits spéciaux concernant le bois d'assemblage à entures multiples. À la fin de chaque section, on trouve de l'information concernant l'industrie canadienne de l'assemblage à entures multiples : nouvelles avenues de recherche novatrices, préoccupations et lacunes de nos

connaissances . Le présent document fournit ci-dessous un résumé des principaux enjeux et des résultats de la recherche sur la qualité des procédés et des produits d'assemblage à entures multiples.

Comment la teneur en humidité et la température du bois affectent-elles la qualité des pièces assemblées à entures multiples?

En règle générale, la teneur en humidité des produits collés devrait être près du degré d'humidité d'équilibre (DHE) auquel le produit sera soumis en service. Cependant, il est courant qu'on enregistre de fortes variations de la teneur en humidité à l'intérieur de planches individuelles et entre les pièces d'un même chargement de bois d'œuvre séché au séchoir. Étant donné que les joints d'about contiennent généralement une grande partie de fil d'extrémité, le contrôle de la pénétration de l'adhésif constitue un élément crucial. Deux écoles de pensée existent quant à l'explication du mauvais comportement du bois à haute teneur en humidité associé à un adhésif de type aqueux [phénol formaldéhyde (PF), phénol-résorcinol (PRF) et formol-mélanine-urée (MUF), par exemple]. Une étude a démontré que, lorsque le bois a une teneur en humidité excessive, il absorbe moins d'eau et d'adhésif; cela mène à une mobilité excessive de l'adhésif, suivie de l'expulsion de l'adhésif lorsque la pression est appliquée, ce qui produit une ligne d'adhésif trop fine. Par contre, d'autres études ont conclu qu'avec un bois ayant une forte teneur en humidité, le liant restant dans la ligne d'adhésif à la suite du pressage est dilué et est ensuite absorbé par le bois, causant un joint maigre. Pour le bois à faible teneur en humidité (sous 6 %), des études ont démontré que l'adhésif tend à se dessécher, perdant la majeure partie de son eau au profit du bois et devenant granulaire.

L'augmentation de la température du bois par un chauffage de l'assemblage à entures multiples accélère la polymérisation des adhésifs thermodurcissables, ce qui entraîne l'augmentation de la viscosité de l'adhésif, réduisant ainsi la pénétration excessive de ce dernier dans le bois humide. Une température plus élevée pourrait aussi pré-durcir l'adhésif et causer une pénétration insuffisante de ce dernier. À l'opposé, un bois froid ou congelé pourrait ralentir la réaction de polymérisation et maintenir plus longtemps l'adhésif à une faible viscosité, ce qui entraînerait une pénétration excessive.

Les résultats d'une récente recherche, menée par Forintek en étroite collaboration avec l'Université Laval, ont démontré que la teneur en humidité du

bois d'épinette noire (*Picea mariana*) assemblé à entures multiples a un impact plus important que la température sur la résistance à la traction de rupture (RTR), pour l'éventail de conditions et de types d'adhésif étudiés [un PRF et un polymère en émulsion combiné à un polyuréthane (PEP)]. Les résultats ont également démontré que les plages de service de l'adhésif PEP se situent entre 12 et 16 % pour la teneur en humidité et entre 5 et 20 °C, alors que la TH optimale pour l'adhésif PRF est d'environ 16 %. Les chercheurs ont également constaté que l'adhésif PRF performe mieux que l'adhésif PEP pour le bois à TH élevée.

Quelle est l'importance de la géométrie et de la configuration de l'assemblage à entures multiples?

Le profilage des entures est réalisé à l'aide d'outils de coupe (une tête rotative constituée d'une série de couteaux superposés ou de lames de scie profilées ou une tête équipée d'outils remplaçables). Il y a trois types principaux d'assemblages à entures multiples structuraux : verticaux, horizontaux et inclinés. Dans des conditions normales de fabrication, le profil vertical est relativement plus résistant que l'horizontal. En règle générale, quatre variables sont importantes dans la géométrie des joints du bois ainsi abouté : la pente, le pas, la longueur et la largeur des extrémités des entures. Plusieurs configurations de joints structuraux à entures multiples sont communément utilisées pour assembler le bois : sans épaulement (feather), mâle-femelle et inversée. À l'exception de l'épaulement, les trois configurations d'assemblage à entures multiples montrent essentiellement les mêmes paramètres de géométrie.

Une étude menée par Forintek entre 2000 et 2002, en collaboration avec l'Université Laval, a évalué la performance du bois d'épinette noire assemblé à entures multiples dans trois configurations : sans épaulement (feather), mâle-femelle et inversée. Des différences notables ont été trouvées pour la résistance à la flexion entre les trois configurations. La même tendance a été observée pour la résistance mécanique à la traction, mais les écarts n'étaient pas aussi importants. L'analyse a démontré que la configuration sans épaulement performe mieux que les configurations mâle-femelle et inversée.

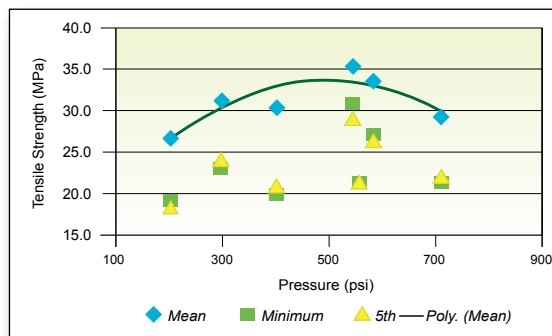


Figure 1: Influence de la compression en bout sur la résistance mécanique à la traction des assemblages à entures multiples.

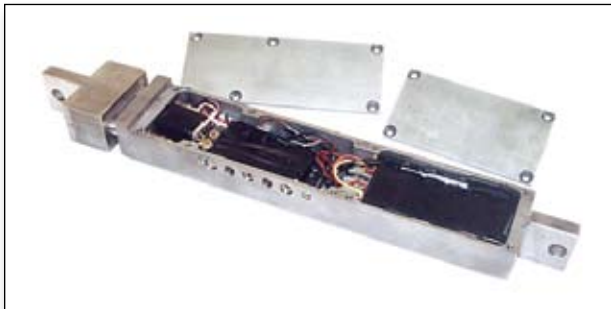
Adhésifs utilisés couramment dans l'industrie des assemblages à entures multiples

En principe, tout adhésif pour bois pourrait être utilisé pour coller des joints à entures multiples, mais certains facteurs restreignent les choix. Ces facteurs incluent l'utilisation prévue (c.-à-d. exposition extérieure ou intérieure, application structurale ou non structurale), les caractéristiques physiques et mécaniques de l'adhésif, la vitesse et la méthode de durcissement, le coût et, parfois, la couleur. La sélection de l'adhésif pour un fabricant de produits assemblés à entures multiples devrait commencer par un effort de coopération entre ce dernier et le fournisseur d'adhésif. Ensemble, ils devraient examiner en profondeur le produit, son environnement de service prévu ainsi que tous

les procédés et l'équipement de production avant de choisir l'adhésif qui conviendrait.

Pourquoi utiliser la compression en bout pour les assemblages à entures multiples et comment affecte-t-elle la performance?

Une pression est nécessaire pour permettre l'obtention du contact le plus étroit possible entre les surfaces des entures à être collées et pour que l'adhésif forme une couche continue et uniforme ayant une épaisseur optimale. En outre, cette pression permet de forcer les pièces de l'enture ensemble pour obtenir un effet de blocage, ce qui leur confère immédiatement une certaine résistance pour la manutention après le collage. En règle générale, lorsqu'une pression plus élevée est appliquée, on peut obtenir une plus grande efficacité de blocage et une meilleure performance (si l'on ne dépasse pas le point où des dommages au bois pourraient survenir). Cependant, une pression excessive pourrait endommager les extrémités des entures ou fendre le creux des entures, causant une rupture en compression du bois et une expulsion de l'adhésif. Une récente étude conjointe, menée par Forintek et l'Université Laval, sur les assemblages à entures multiples de pièces d'épinette noire de 2 sur 3 po avait pour but de déterminer la compression en bout optimale. Les chercheurs ont découvert qu'une compression en bout aux environs de 3,43 MPa (498 lb/po²) est la plus appropriée pour les applications structurales des assemblages à entures multiples d'épinette noire (*figure 1*). Une compression en bout plus élevée ou plus faible peut entraîner une résistance à la traction plus faible.



*Figure 2:
Appareil Jafa
servant à mesurer la
pression appliquée
par les machines
d'assemblage à
entures multiples.*

En réponse à un besoin formulé par l'industrie, Forintek a élaboré l'analyseur de force de l'appareil d'aboutage, communément appelé Jafa (Jointing Apparatus Force Analyser), pour mesurer et enregistrer la force appliquée longitudinalement sur le bois alors qu'il traverse les diverses sections de la ligne de production des assemblages à entures multiples. L'appareil Jafa permet de mesurer directement sur la ligne de production la force qui est réellement appliquée sur les entures multiples (*figure 2*); le Jafa est un outil simple que les exploitants peuvent utiliser pour diagnostiquer les problèmes de qualité qui sont causés par des réglages inadéquats de la pression exercée sur les assemblages à entures multiples.

Contrôle de la qualité de l'industrie du bois assemblé à entures multiples

Les deux buts premiers d'un système de contrôle de la qualité présent dans n'importe quel procédé d'assemblage à entures multiples sont les suivants : 1) déceler tout produit qui ne répond pas aux normes et 2) trouver la cause d'un problème et chercher une solution. Les procédés usuels du contrôle de la qualité mettent en jeu l'évaluation de la résistance à la traction et au décolllement des joints à entures multiples. L'évaluation de la résistance à la traction aux fins du contrôle de la qualité peut être divisée en deux catégories : destructive et non destructive.

Les essais non destructifs sur les assemblages à entures multiples ont toujours été attrayants, car ils rendraient possible l'examen de tous les joints à entures multiples fabriqués. Une étude est présentement menée par Forintek pour concevoir une méthode d'évaluation non destructive à l'aide de la tomographie assistée par ordinateur et les résultats sont prometteurs quant au potentiel de son application pour le contrôle de la qualité et l'évaluation des assemblages à entures multiples.

En plus de la résistance à la flexion et à la traction, les assemblages à entures multiples sont également contrôlés pour leur résistance au décolllement. La résistance au décolllement est un moyen de mesurer indirectement la capacité d'un assemblage à entures multiples de subir une détérioration de sa résistance lorsqu'il est exposé à des conditions de grande humidité. La méthode d'évaluation de la résistance au décolllement qui a été adoptée par les normes canadiennes est semblable à celle qui est généralement utilisée pour le contrôle des assemblages collés pour des applications extérieures.

Normes de produits spéciaux au Canada

Le bois assemblé à entures multiples au Canada est fabriqué conformément à la Norme de produits spéciaux 1 de la NLGA (SPS-1, SPS-3 et SPS-4). La norme SPS-1 englobe les éléments travaillant en flexion qui sont utilisés en position horizontale ou verticale, alors que la norme SPS-3 se rapporte aux éléments destinés à être utilisés en position verticale (en compression). Le bois assemblé à entures multiples fabriqué selon les exigences de la norme SPS-1 est interchangeable avec le bois autre qu'à entures multiples de la même catégorie et de la même longueur. La norme SPS-4 concerne le bois pour les semelles de bois jointé (à entures multiples). Le bois assemblé à entures multiples est évalué visuellement et les échantillons pour le contrôle de la qualité sont testés pour la résistance à la traction et au décolllement.

Comment les résultats sur le bois assemblé à entures multiples peuvent-ils être mis en œuvre au niveau commercial?

Un exemple où l'adoption de nouvelles technologies pourrait faire une différence pour l'industrie de l'assemblage à entures multiples touche au type d'adhésif utilisé et aux conditions d'humidité des matières premières. Même si l'assemblage à entures multiples est plus souvent effectué sur des matériaux secs, il y a des avantages économiques à assembler des blocs de bois à l'état vert : une valeur accrue pour les chutes, une réduction de la production de copeaux, une valeur accrue pour les



matériaux de qualité inférieure et une meilleure utilisation des séchoirs à bois (température moyenne). À l'aide des adhésifs de technologie récente, il est possible de fabriquer des assemblages à entures multiples avec des pièces de bois à forte teneur en humidité. Il est même possible d'assembler des pièces sèches et des pièces humides, qu'elles soient congelées ou non.

Pour réussir, l'industrie du bois assemblé à entures multiples devra tirer avantage des connaissances de pointe disponibles qui sont le fruit de plusieurs années de recherche sur les procédés d'assemblage à entures multiples et sur la qualité des produits. L'adoption de certains des renseignements techniques primordiaux sur les technologies nouvelles et novatrices concernant la transformation et les adhésifs permettra à l'industrie canadienne d'optimiser ses opérations et de rester compétitive.

Remerciements

FPIInnovations – Division Forintek désire remercier Ressources naturelles Canada pour son appui financier au cours de ce projet de recherche. Forintek voudrait également remercier Cecilia Bustos, de l'Universidad del Bío-Bío au Chili, qui a apporté une importante contribution au présent rapport. Nous aimerions également remercier tout spécialement MM. Robert Beauregard et Benoit St. Pierre de l'Université Laval pour leur précieuse contribution et leurs commentaires fort utiles. Merci infiniment à Hans Rainer pour l'édition du Manuel et pour ses judicieux commentaires.

Pour plus d'information sur ce sujet, veuillez communiquer avec :

Mohammad Mohammad, chef d'équipe et chercheur
Systèmes de construction
Tél. : 418-659-2647, poste 3105
Télécopieur : 418-659-2922
Courriel : mohammad.mohammad@fpinnovations.ca

This R&D Summary is also available in English.

Partenaires du programme de recherche *Valeur au bois*



**Valeur
au
bois**

Dans le cadre du programme *Valeur au bois*, financé par Ressources naturelles Canada, les conseillers industriels de Forintek offrent des services techniques aux entreprises de valeur ajoutée partout au Canada. Informez-vous des ateliers prévus dans votre région en consultant www.valeuraubois.ca, ou passez par le site (Support technique) pour toute demande de renseignement technique en rapport avec la transformation du bois.

Pour commander le rapport complet, adressez-vous à :

Marielle Martel
FPIInnovations – Division Forintek
Région de l'Est
publications.forintek@fpinnovations.ca
Tel. : (418) 659-2647
Télé. : (418) 659-2922

Bibliothèque
FPIInnovations – Division Forintek
Région de l'Ouest
publications.forintek@fpinnovations.ca
Tel. : (604) 224-3221
Télé. : (604) 222-5690