

## Collaborateurs du projet participating collaborators

Prof. Dr. Yves Weinand, ingénieur, IBOIS/EPFL, architecte et ingénieur, IBOIS/EPFL  
Prof. Julius Natterer, ingénieur, IBOIS/EPFL  
Prof. Dr. Gerd Wegener, ingénieur, TU München  
PD. Dr. Parviz Navi, ingénieur, LMC/EPFL  
Dr. Bernhard Stamm, ingénieur, IBOIS/EPFL

## Financement funding

SNF, EPFL

## Partenaire industriel industrial partner

Fischer Kunststoff-Schweißtechnik, Berkatal (D)

## Période period

2003 - 2006

## Page web webpage

<http://ibois.epfl.ch/page12311.html>

## SOUDAGE DU BOIS

Le bois est une matière en polymères naturelles. Les dimensions du matériau sont relativement limitées, dues à la forme et la taille de l'arbre. C'est la raison pour laquelle, afin d'obtenir des formes plus complexes, ce matériau a besoin de liaisons. Un des désavantages de la plupart des colles utilisées pour des connexions collées est la longue durée de pression qu'il faut pour la solidification des joints.

Ce travail de recherche porte sur l'étude d'une nouvelle technique de liaison laminaire entre des pièces de bois: le soudage du bois. Cette technologie, qui a son origine dans la technique d'assemblage des matières plastiques et des métaux, est utilisée ici de façon similaire pour le bois. Aucun additif n'est utilisé pour créer la liaison. Par l'introduction ciblée d'énergie dans l'interface de liaison par friction, une transformation du bois thermique est obtenue. Le résultat est un matériau collant qui assure la liaison. La connexion entre les pièces de bois se forme en quelques secondes.

Un mouvement circulaire est appliqué sur les pièces à souder. Puisque le processus est gouverné par la génération de la chaleur due au mouvement de friction, les paramètres influant la génération d'énergie sont importants: Il s'agit d'une part des paramètres de la machine à souder comme par exemple la pression, la fréquence et l'amplitude du mouvement de friction; et d'autre part, les propriétés matérielles telles que l'humidité, l'orientation des cerne annuels, la densité, l'espèce du bois, etc. Tous auront une influence sur le processus. La température de l'interface définit les propriétés physiques de l'interface, qui éprouvera différents «états d'agrégation» (solide, liquide, gazeux) pendant le procédé de soudage.

## FRICION WELDING OF WOOD

Wood is a natural polymer and the most abundant renewable material on earth. Due to the shape and the size of the tree, the dimensions of the material are relatively limited. This is why this material needs connections to obtain more complex forms. One of the disadvantages of the majority of adhesives used in timber construction is the long time under pressure, which is necessary for the solidification of the joints. This research aims in the study of a new method of laminar connection wooden pieces: friction welding of wood.

This technology, which has its origins in the plastics and metal industries, is used here in a similar way for timber boards. No additives are used to create the connection. By the generation of energy by friction, focused on the interface of the pieces to be connected, a transformation of the wood structure by pyrolysis is obtained. The result is a sticking material which ensures the connection in form of an adhesive layer.

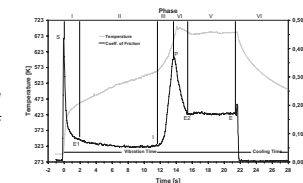
A circular motion is applied to the parts to be welded. Since the process is controlled by the generation of heat due to the frictional movement, the parameters, which are influencing the generation of heat are of great importance: These are on the one hand, the machine settings such as for example the welding pressure, the frequency and the amplitude of the frictional movement; in addition, the material properties such as moisture content, orientation of the annual rings, density, the species of wood, etc. play an important role. The interfacial temperature defines the physical properties of the interface, which undergoes various «states of aggregation» (solid, liquid, gaseous) during the process of welding.

Research is focused on the influences of the major parameters. The conditions of the interface during the process (tempera-

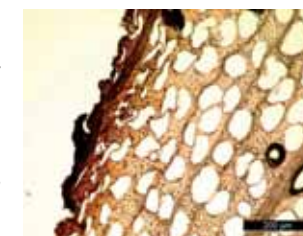
ture of interface, coefficient of friction and welding displacement, all as a function of the process' duration) were examined. Multi-layered elements can be manufactured very quickly (less than one minute per layer).

La décomposition thermique du matériau fait apparaître des composés chimiques nouvellement formés. Ceux-ci sont examinés par des méthodes d'analyse chimique. Ces examens comportent différentes méthodes d'analyse chimique, comme la chromatographie en phase gazeuse, la spectroscopie de masse, la spectroscopie de FTIR, etc. Les examens de la microstructure indiquent comment l'adhérence entre les pièces soudées est réalisée. Le but de la recherche est d'expliquer l'évolution du processus du point de vue chimique et physique.

The thermal decomposition of the material leads to the formation of newly formed chemical compounds. Those were examined by methods of chemical analysis. These examinations comprise various chemical methods of analysis, like gas chromatography, mass spectroscopy, FTIR spectroscopy, etc. Examinations of the microstructure of the interfacial region give an indication how adherence between the welded parts happens. The aim of the research is to explain the evolution of the process from the chemical and physical point of view.



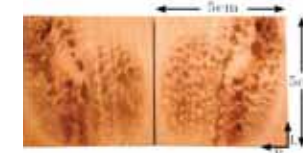
3



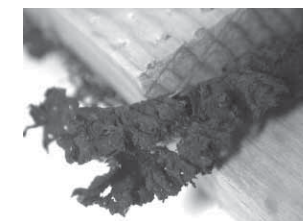
4



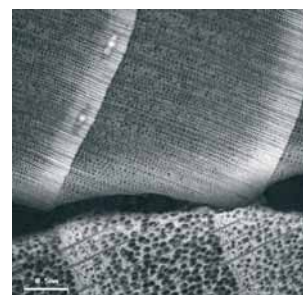
5



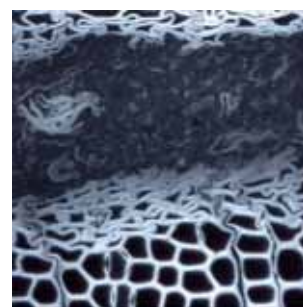
6



7



1



2

- 1 Vue microscopique du joint soudé entre une planche de hêtre (en bas) et une planche d'épicéa (en haut)
- 2 L'interface est formée par une masse sombre de bois décomposé et fragments de cellules (vue microscopique)
- 3 Différentes phases du processus de soudage (I-VI) frottement sec (I-II), frottement visqueux (III-V) et refroidissement (VI)
- 4 L'impact thermique n'entre pas en profondeur dans la structure dû à l'isolation (changement de couleur) (vue microscopique échantillon d'hêtre)
- 5 Cube de 8 couches alternées de bois d'épicéa et de hêtre démontrant que du bois d'essences différentes peut être soudé
- 6 Début de la décomposition du bois due à la chaleur de friction (T=320-340°C)
- 7 Le matériel sortant de l'interface forme des structures connexes pendant la vibration.

- 1 Micrograph of a welded joint between two boards: beech (bottom) and spruce (top)
- 2 Micrograph showing the interface. It is formed by a dark mass of decomposed wood compounds and fragments of wood cells
- 3 Different phases of the welding process (I-VI): dry friction (I-II), lubrication (III-V) and cooling (VI)
- 4 Due to the good insulation properties of wood, the thermal impact penetrates the cell structure to a small extent only (discoloration) (micrograph of a beech sample)
- 4 Cube composed of 8 alternating layers of spruce and beech (darker colour) wood boards, showing the possibility of welding wood of different species.
- 6 Start of thermal decomposition due to the frictional heat (T=320-340°C)
- 7 The material which is expelled from the interface shows cross-linked macromolecular structures

Collaborateurs du projet  
*participating collaborators*  
Prof. Dr. Yves Weinand,  
architecte et ingénieur, IBOIS/EPFL  
Dr. Bernhard Stamm, ingénieur, IBOIS/EPFL

Financement *funding*  
IBOIS

Partenaire industriels *industrial partners*  
Fischer Kunststoff-Schweißtechnik, Berkatal (D)  
autres partenaires recherchés

Période *period*  
2006-2009

Page web *webpage*  
<http://ibois.epfl.ch/page12311.html>

## DEVELOPEMENT D'UNE MACHINE DE SOUDAGE PAR FRICTION

## DEVELOPEMENT OF A FRICTION WELDING MACHINE



L'IBOIS réalise depuis plusieurs années une recherche au sujet du soudage du bois par friction. A la base, les essais étaient réalisés avec une installation conçue pour le soudage des matières thermo-plastiques et des métaux. Pour cette raison, seul de petites surfaces pouvaient être soudées. Aussi, cette machine s'est avérée peu idéale pour le matériau bois.

*Since several years now, research concerning friction welding of wood is carried out at the IBOIS. During a first stage, tests were carried out with a welding installation conceived for the welding of the thermo-plastic materials and metals. For this reason, only small surfaces could be welded. In addition, this machine turned out to be not very appropriate for the new material (application).*

Pourtant, la recherche de ces dernières années a montré que l'application de cette technologie peut être avantageuse pour le bois. Pour cette raison et afin d'avoir des meilleures possibilités pour la recherche, une nouvelle machine de soudage par friction a été développée spécialement pour le bois.

*However, research of the last years showed that the application of this technology can be advantageous for timber too. For this reason and to have better possibilities for research, a new friction welding machine was developed especially for wood.*

*Contrary to traditional friction welding machines, this machine is modified and provides additional equipment which is necessary for the welding of wood. It allows a continuously variable setting of the amplitude of the frictional motion, the duration, the pressure as well as the type of vibration. The machine is able to apply circular and linear vibration.*

*These parameters are of primary importance to guarantee an optimal welding with regard to the resistance, the duration of the process and especially the homogeneity of the interfacial layer. It is a prototype built for research and for the determination of the optimal parameters.*

*The weldable surfaces will be 20 times larger than those studied until now. Hopefully future research will allow the fabrica-*

Contrairement aux machines de soudage par friction traditionnelles, cette machine est modifiée et fournie avec un équipement supplémentaire qui est nécessaire pour le soudage du bois. Celui-ci permet d'influencer l'amplitude, la durée, la pression ainsi que le type de vibration. La machine est capable d'appliquer des vibrations circulaires et linéaires.

Ces paramètres sont primordiaux pour garantir une soudure optimale quant à la résistance, la durée et surtout l'homogénéité de l'interface. Il s'agit d'un prototype pour la recherche et la détermination des paramètres optimaux.

Les surfaces soudables seront 20 fois



plus grandes que celles étudiées jusqu'à maintenant. On espère que la recherche future permettra la fabrication d'éléments de constructions à plus grande échelle. Une série de tests ont été effectués sur cette machine qui est installée dans le hall 2 du département de génie civil.

*tion of structural components on a large scale. A series of test have been carried out on this machine during 2006 witch has been installed in hall 2 of the civil engineering department.*

Les premiers tests effectués sont très prometteurs quant à l'avenir et la

*The first tests carried out are very promising with regard to the future and the commercialization of the process.*

- 1 Specimen soudé (10x50cm). Des premières applications sont envisagables avec cette machine
- 2 Position des planches à souder juste avant l'enclenchement de la vibration
- 3 Génération de la fumée pendant la vibration (T>320°C)
- 4 Prototype de la machine à souder par friction spécialement conçue pour le bois. Il est envisagé de passer à une production industrielle sur la base des résultats des essais effectués sur cette machine.
- 5 Applications envisageables:  
Parquet
- 6 ... plancher en lamellé soudé
- 7 ... panneau de planches contreplaquées
- 8 ... fabrication d'éléments en bois massif.

- 1 Welded specimen (10x50cm), it is intended to realize first applications with this machine
- 2 Position of the welded boards immediately before the start of the vibration
- 3 Smoke generation during vibration (T>320°C)
- 4 Prototype of the friction welding machine conceived especially for the welding of timber boards. It is foreseen that the results of the tests carried out on this installation lead to an industrial production of welded wood components.
- 5 Applications where focus is put on:  
parquet flooring
- 6 ... welded ceiling elements of solid wood
- 7 ... plywood made of boards
- 8 ... fabrication of elements with large surface



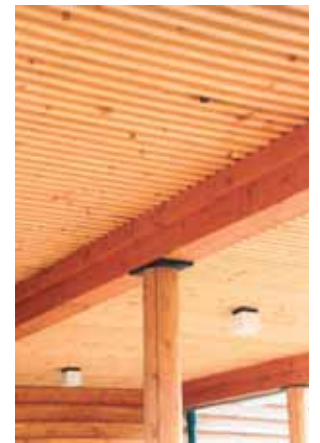
2



3



5



6



7



8