

Improvement of One-Component Polyurethane Bonded Wooden Joints under Wet Conditions

Doctoral Thesis

Author(s):

Kläusler, Oliver F.

Publication date:

2014

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-010280586>

Rights / license:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#)

DISS. ETH NO. 22157

**IMPROVEMENT OF
ONE-COMPONENT POLYURETHANE BONDED
WOODEN JOINTS UNDER WET CONDITIONS**

A thesis submitted to attain the degree of
DOCTOR OF SCIENCE of ETH ZURICH
(Dr. sc. ETH Zurich)

presented by

OLIVER FREDERIK KLÄUSLER
Dipl. Holzwirt, University of Hamburg

born May 29th 1972 in Solothurn
citizen of Zürich (ZH), Herznach (AG) and Germany

accepted on the recommendation of
Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Peter Niemz, ETH Zürich, examiner
Prof. Dr. Ingo Burgert, ETH Zürich, co-examiner
Prof. Dr. Rupert Wimmer, BOKU, Vienna, co-examiner

2014

Summary

This thesis has been carried out in the framework of a research project supported by the Swiss Federal Commission for Technology and Innovation (CTI, Bern). It was initiated by a research cooperation, involving the adhesive manufacturer Purbond AG (Sempach- Station) and the Wood Physics Group of ETH Zürich. It is concerned with the improvement of wood failure percentage (WFP) of one-component moisture-curing polyurethane (1C PUR) bonded wooden joints in the wet state. The project was spurred by the fact that 1C PUR bonded wooden joints have difficulties fulfilling the demands of the Canadian standard CSA O112.9-04 regarding WFP on the fracture surface after testing in the wet state. A substantial improvement in this field was necessary, since this could contribute to the basic understanding of 1C PUR bonding of wood and also open up Canada as a market for structural 1C PUR wood adhesives.

The investigations presented in this thesis are mainly concerned with the effect of moisture on the mechanical properties of adhesive polymers and interactions between wood and 1C PUR under high moisture load. The findings illustrate strengths and weaknesses of wooden 1C PUR bonded joints and will hereby help to make the behaviour of the accordant wooden constructions under moisture load even more predictable.

Finally the solvent DMF was found to be helpful when used as a primer for 1C PUR bonded wooden joints. The adhesion between the adhesive polymer and the wood improved substantially, making it basically possible to meet the demands of the Canadian standard mentioned above with Douglas fir. For a variety of reasons the use of a toxic adhesion promoter like DMF is clearly not the optimal solution. However, the findings described in this work partly served as a basis for the industrial development of more suitable primers.

Furthermore, during the preparation of this thesis the DMF- priming was tested in a pilot project on an industrial scale. The results reveal that by means of this method and under appropriate conditions the tendency of 1C PUR bonded glulams to delaminate can also be reduced significantly. Hence, more research in this field would be reasonable, because a more essential understanding of the detected effects could contribute to an even higher reliability of polyurethane bonded wooden constructions in the future.

The potential for further improvements of 1C PUR bonded wooden joints has not been exhausted yet.

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit ist im Rahmen eines Projektes der Kommission für Technologie und Innovation des Bundes (KTI, Bern) entstanden. Das Projekt wurde von einer Forschungskoooperation initiiert, bestehend aus dem Klebstoffhersteller Purbond AG (Sempach-Station) und der Gruppe Holzphysik der ETH Zürich. Das Projektziel bestand darin, die Holzbruchanteile von nass geprüften Holzverklebungen zu verbessern. Diese wurden unter Verwendung eines Einkomponenten-Polyurethanklebstoffes (1K PUR) hergestellt. Des Weiteren war es das Bestreben dieser Arbeit, den Holzbruchanteil, der bei nassgeprüften 1K PUR-Holzverklebungen im Regelfall bei etwa 20% liegt, auf ca. 80% zu erhöhen. Diesen Grenzwert setzt z.B. die kanadische Norm CSA O 112.9-04. Sollte dieses Ziel erreicht werden, so würde dies sowohl zu neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen führen, als auch der Firma Purbond den Zugang zum kanadischen Markt für die Herstellung von formaldehydfrei-verklebten tragenden Holzbauteilen ermöglichen. Bis heute wird dieser Markt von formaldehyd-basierten Polykondensationsklebstoffen (in NA v.a. PRF) beherrscht.

Die Untersuchungen konzentrierten sich somit zunächst auf den Einfluss von Umgebungsfeuchte auf die mechanischen Eigenschaften von Klebstoffpolymeren sowie auf die Wechselwirkung zwischen den hölzernen Fügeteilen und 1K PUR unter starker Feuchtebelastung. Die Ergebnisse zeigten, dass unter nassen Bedingungen ein Adhäsionsverlust zwischen Klebstoff und Fügeteilen auftritt, der die Kraftübertragung erheblich reduziert.

Schliesslich gelang es, mittels eines DMF-Priming-Verfahrens die erforderliche Adhäsion herzustellen. In der Folge konnten die Normansprüche an Douglasienholz erfüllt werden. Dennoch ist die Verwendung von toxischem DMF als Haftvermittler für 1K PUR verklebte Bauteile gewiss keine praktikable Lösung für eine industrielle Anwendung.

Die Untersuchungsergebnisse konnten einen Beitrag zur industriellen Entwicklung von weniger toxischen und verfahrenstechnisch geeigneteren Primern leisten. Daher bleibt zu hoffen, dass der Effekt von DMF auf 1K PUR-Verklebungen in zukünftigen Projekten weiter untersucht wird. Ein tiefergehendes Verständnis der entsprechenden Wirkmechanismen könnte zu einer weiteren Verbesserung der Holzverklebung führen.

Dennoch ist das Priming lediglich ein Hilfsverfahren, das in der Zukunft möglichst durch Einkomponenten- oder Zweikomponenten-Klebstoffe abgelöst werden sollte.

Während des Verfassens dieser Arbeit wurde das DMF-Priming in einem industriellen Pilotversuch eingesetzt. Es zeigte sich, dass dieses Verfahren unter geeigneten Bedingungen auch die Delaminierungsbeständigkeit von 1K PUR-Verklebungen deutlich verbessern kann.

Die Möglichkeiten zur Optimierung von 1K-PUR-verklebten Holzverbindungen sind noch nicht ausgereizt.