

Untersuchungen zu Verfahren der thermischen Vergütung von Massivholzplatten (Thermo-SWP)

Investigation into Procedures of the Thermal Treatment of Solid-wood Panels (Thermo SWP)

Projektleiter
Project Leader:
Martin Direske

Projektbearbeiter
In-charge:
Martin Direske,
Jürgen Bonigut

Förderinstitution
Funding Institution:
BMW/i/INNO-KOM-Ost

AUSGANGSSITUATION UND ZIELSTELLUNG

Mehrlagige Massivholzplatten (SWP - Solid Wood Panels) aus Nadelholz wurden bis vor wenigen Jahren vor allem im süddeutschen sowie allgemein im Alpenraum als Fassadenelemente eingesetzt (Beispiel neue Messehalle Karlsruhe). Dabei kamen mit der Großformatigkeit (Rasterbreiten von 625 mm bzw. 1.250 mm möglich) und der natürlichen Ästhetik die Vorteile derartiger Platten in besonderem Maß zur Geltung. Durch zwei in Faserichtung parallel verlaufende Decklagen und zumindest einer hierzu um 90° versetzten Mittellage erhalten SWP eine hohe Steifigkeit und weisen damit eine verbesserte Formstabilität auf. Nachteilig wirkt sich der Absperreffekt jedoch bei Vorhandensein eines Feuchteprofils senkrecht zur Plattenebene aus. Die Quellung und Schwindung wird durch die Verklebung behindert, was zu erheblichen Spannungen zwischen und auch innerhalb der Lagen führt. Im schlimmsten Fall sind die inneren Spannungen so groß, dass es zur Rissbildung oder zur Ablösung von Einzellamellen durch unzureichende Feuchte- und Witterungsbeständigkeit der Verklebungen kommt. Besondere ästhetische Anforderungen des Architekten an die Oberflächenstruktur und Gestaltungsvielfalt, die dem Baustoff Holz nicht entsprechen, können seinen Einsatz hemmen.

Die Hauptziele dieses FuE-Vorhabens waren, die Form- und Dimensionsstabilität sowie die Witterungsbeständigkeit von SWP durch thermische Nachbehandlung zu verbessern, ohne die elasto-mechanischen Eigenschaften und die Verklebungsqualität zu verschlechtern. Zur Realisierung der Ziele erfolgte die Variation der Prozessparameter der thermischen

INITIAL SITUATION AND OBJECTIVE

Multi-layered solid-wood panels (SWP – Solid Wood Panels) of softwood were applied mainly in the southern part of Germany and generally in the region of the Alps until a few years ago as façade elements (for example in the new Messehalle Karlsruhe). Thereby, with their large size (raster widths of 625 mm or 1,250 mm, e.g.) and natural aesthetics, the advantages of such panels made a special striking appearance. Two parallel top layers running in the fibre direction and a middle layer turned by at least 90° to them gave the SWP a high degree of stiffness and showed enhanced dimensional stability. The barring effect of a moisture profile running perpendicular to the panel level was, however, disadvantageous. The swelling and shrinkage is impeded by gluing, which results in considerable tension between and inside the layers. In the worst case, the internal stresses are so high that it causes cracking or delamination of single lamellas due to insufficient moisture or weathering resistance of the gluing. Special aesthetic requirements of the architect on the surface structure and on variety in design, which do not correspond to wood as a building material, may hamper its application.

The main objectives of this R&D project were to improve the form and dimensional stability and weathering resistance of SWP by thermal post-treatment, without deteriorating their elasto-mechanical properties and gluing quality. Therefore, the process parameters of thermal modification were varied in the manufacture of SWP made on an industrial and laboratory scale.

Modifikation an industriell und labortechnisch hergestellten SWP.

ERGEBNISSE

Mit dem FuE-Projekt wurden Erkenntnisse zu den Zusammenhängen zwischen der Prozessführung der thermischen Modifikation und den Platteneigenschaften von dreilagigen SWP aufgedeckt. Es wurden sowohl labortechnisch als auch industriell hergestellte dreilagige SWP im Laborthermoofen (modifiziertes ThermoWood®-Verfahren, Abb. 1) sowie im Industriemaßstab (Vacu³-Verfahren) thermisch modifiziert. Neben den Prozessparametern wurde der Einsatz verschiedener Nadelholzarten geprüft. Die modifizierten Platten und ihre unbehandelten Referenzen wurden einer eingehenden Prüfung von Kurzzeit- und Langzeiteigenschaften unterzogen.

RESULTS

The R&D project, results in functional interdependences between process control of the thermal modification and the panel properties of triple-layered SWP. Triple-layered SWP both manufactured on a laboratory and an industrial scale were thermally modified in a laboratory thermo kiln (modified ThermoWood® procedure, Fig. 1) and also on an industrial scale (Vacu³ procedure). In addition to the process parameters, the application of various softwood species was tested. The modified panels and their untreated reference samples were subjected to thorough testing of their short-term and long-term properties. Regarding the latter, especially the weathering resistance was investigated. Considering the crack formation due to different climatic stress, the surface was evaluated.



Abb. 1: Thermische Modifikation von Massivholzplatten im Labor-Thermoofen des IHD

Fig. 1: Thermal modification of solid wood panels in the lab thermo kiln of IHD

Bei Letzteren stand vor allem die Witterungsbeständigkeit im Fokus. Anhand der Rissbildung in Folge unterschiedlicher klimatischer Beanspruchung erfolgte die Beurteilung der Oberfläche.

Es konnte gezeigt werden, dass sich mit steigender Behandlungsintensität (Temperatur, Aufheiz- und Abkühlrate) zum einen die Holz-Feuchte-Beziehung verbessert, in dem die Ausgleichsfeuchte, Dimensionsänderung sowie Formänderung sinkt, jedoch zum anderen die elasto-mechanischen Eigenschaften und die Verklebungsqualität abnehmen. Anhand der Platteneigenschaften wurde eine geeignete Behandlung identifiziert, mit der es möglich ist, die Quellung und Schwindung ohne signifikante Festigkeitseinbußen zu verringern. Die erzielten Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass sich eine thermische Nachbehandlung oberhalb von 175 °C negativ auf die

It could be shown that, at increasing treatment intensity (temperature, heating-up and cooling-down rate), the wood-moisture relation improved on the one hand, in that the equilibrium moisture, dimensional change and form change was reduced, but that the elasto-mechanical properties and gluing quality decreased. Suitable treatment was identified by way of panel properties, which permit to reduce the swelling and shrinking properties without any significant losses in strength. The results obtained allow to conclude that thermal post-treatment above 175 °C has a negative effect on the elasto-mechanical properties, whereas below that there is hardly any positive effect on the dimensional stability. The process parameters applied were impossible to increase the weathering stability of the SWP, measured against the rate of cracking. When larch was used, cracking and

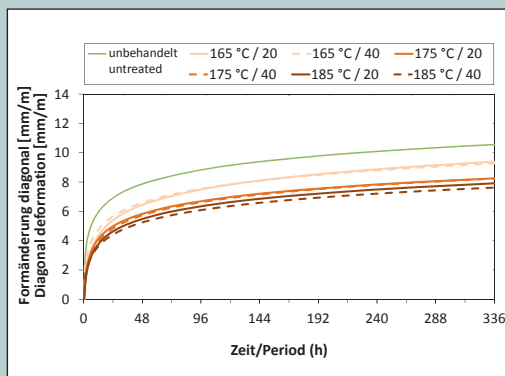


Abb. 2: Angepasster diagonaler Formänderungsverlauf nach 14 Tagen im Differenzklima (20 °C / 35 % rel. LF zu 20 °C / 85 % rel. LF) von unbehandelten und thermisch behandelten SWP in Abhängigkeit von Behandlungstemperatur (165 °C, 175 °C, 185 °C) sowie Aufheiz- und Abkühlrate (20 K/h, 40 K/h) (n = 3; R² = 0,92...0,99)

Fig. 2: Adjusted course of diagonal deformation after 14 days of storage in different climate (20 °C / 35 % rel. hum. to 20 °C / 85 % rel. hum.) of untreated and thermally modified SWP in dependence on high temperature level (165 °C, 175 °C, 185 °C) and heating-up and cooling-down rate (20 K/h, 40 K/h) (n = 3; R² = 0.92...0.99)

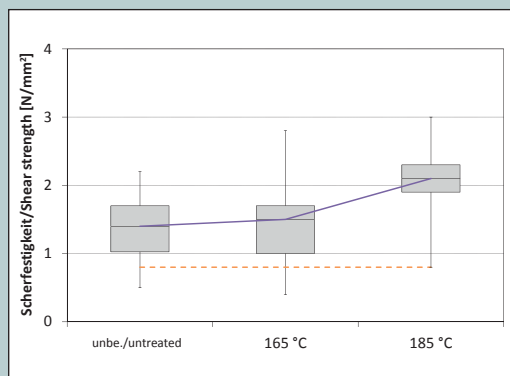


Abb. 3: Scherfestigkeit der Klebefuge nach Kochwasserwechsellagerung von unbehandelten und thermisch behandelten SWP (--- Anforderungen für SWP 3 nach EN 13353)

Fig. 3: Shear strength of the glue line after storage in boiling water of untreated and thermally modified SWP (--- requirements of SWP 3 according to EN 13353)

elasto-mechanischen Eigenschaften auswirkt, unterhalb jedoch kaum eine positive Wirkung auf die Dimensionsstabilität besteht. Mit Hilfe der genutzten Prozessparameter war es nicht möglich, die Witterungsstabilität der SWP, gemessen an der Risshäufigkeit, zu erhöhen. Bei der Nutzung von Lärchenholz traten verstärkt Risse und Delaminierungen infolge der thermischen Nachbehandlung auf. Fichte und Tanne konnten hingegen problemlos modifiziert werden.

Mit der thermischen Nachbehandlung von MUF-Harz-gebundenen dreilagigen SWP bei 175 °C (Haltedauer 1 Stunde) und langsamer Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeit (20 K/h) können folgende Effekte erzielt werden:

- verringerter Ausgleichsfeuchtegehalt,
- verminderte Dimensionsänderung v. a. infolge Feuchteaufnahme,
- Abnahme der Verformung im Differenzklima (Abb. 2),
- keine Verringerung der Biegefestigkeit und Biegesteifigkeit,
- keine Verringerung der Verklebungsqualität,
- normativen Anforderungen an SWP 3 werden erfüllt (Abb. 3) und
- Formaldehydemission sinkt nach Vacu³-Behandlung.

delamination occurred more massively due to the thermal post-treatment. Spruce and fir, however, allowed to be modified without any hassle.

By thermal post-treatment of MUF-resin-bonded triple-layered SWP at 175 °C (holding time 1 hour) and low rates of heating up and cooling down (20 K/h) the following effects can be achieved:

- reduced equilibrium moisture content,
- reduced dimensional change perhaps also due to moisture uptake,
- reduction in deformation in differential climate (Fig. 2),
- no reduction of both bending strength and bending stiffness,
- no reduction of gluing quality,
- compliance with normative requirements of SWP 3 (Fig. 3) and
- reduced formaldehyde emission after Vacu³ treatment.