

Thermoplastische Schmelzfolien für die Lagenholzverklebung mittels Hochfrequenzerwärmung

Thermoplastic films for laminated wood bonding using high-frequency heating

Projektleiter:
Project leader:
Marco Mäbert

Projektbearbeiter:
In-charge:
Christoph Scheffel

Projekträger:
Project management:
EURONORM GmbH

Fördermittelgeber:
Co-funded by:
BMWK

Projektpartner:
Project partners:
vertraulich

Förderprogramm:
Funding programme:
INNO-KOM

Förderkennzeichen:
Funding code:
49MF210129

Laufzeit:
Term:
01.11.2021 – 31.10.2024

AUSGANGSSITUATION UND ZIELSTELLUNG

Der Einsatz thermoplastischer Klebstoffe ist in der Holzwerkstoffindustrie weit verbreitet, z. B. bei der Kantenumleimung oder als Matrix für WPC. Es kommen mit klassischen Verfahren jedoch nur Polymere mit geringer Schmelztemperatur in Frage, da Holz ab einer Temperatur von ca. 180°C zunehmend dunkle Verfärbung zeigt und chemisch degradiert. Die niedrigen Schmelztemperaturen prägen heute das Eigenschaftsbild von mit thermoplastischen Schmelzklebstoffen hergestellten Werkstoffen in der Holzindustrie. Diese weisen dabei nur eine mäßige Festigkeit, Steifigkeit und Kriechbeständigkeit auf. Es existieren jedoch auch Thermoplaste, die bezüglich ihrer mechanischen Eigenschaften den etablierten, formaldehydbasierten Klebstoffen überlegen sind und somit für normanforderungsgerechte Verklebungen von Lagenholzwerkstoffen geeignet erscheinen. Diese Materialien werden bei Temperaturen von über 180°C verarbeitet.

Ziel des Projektes war die Entwicklung eines Verfahrens zur Verarbeitung leistungsfähiger, thermoplastischer Klebstoffe zur strukturellen Verklebung von Lagenholzwerkstoffen. Dabei wurden Schmelzklebstofffolien aus technischen Thermoplasten mittels Hochfrequenztechnologie selektiv aufgeschmolzen, ohne das Holzsubstrat zu schädigen (Abb. 1). Thermoplaste sind nahezu formaldehydfrei, recyclingfähig und benötigen keine Vernet-

INITIAL SITUATION AND OBJECTIVE

The use of thermoplastic adhesives is widespread in the wood-based materials industry, e.g., for edge banding or as a matrix for WPC. However, only polymers of a low melting temperature can be used with conventional processes, since wood increasingly darkens and chemically degrades at temperatures above approx. 180°C. The low melting temperatures characterise the properties of materials produced with thermoplastic hot-melt adhesives in the wood industry today. These materials only have moderate strength, rigidity and creep resistance.

However, there are also thermoplastics that can be superior to established formaldehyde-based adhesives in terms of their mechanical properties and thus appear suitable for bonding laminated wood materials in accordance with standards. These materials are processed at temperatures above 180°C.

The aim of the project was to develop a process for the application of high-performance thermoplastic adhesives for the structural bonding of laminated wood materials. In this process, hot-melt adhesive films made of engineering thermoplastics were selectively melted using high-frequency technology without damaging the wood substrate (Fig. 1). Thermoplastics are virtually formaldehyde-free, recyclable and do not require any cross-linking time, which can shorten process times. In addition, there is potential in

zungszeit, was Prozesszeiten verkürzen kann. Zudem besteht in diesem Zusammenhang Potential zur Verbesserung der Treibhausgas-Bilanz der auf diese Weise hergestellten Holzwerkstoffe.

ERGEBNISSE

Im Projekt wurden zunächst potenziell geeignete, marktverfügbare Folientypen beschafft und auf ihre dielektrischen Eigenschaften hin gescreent. Neun Folientypen konnten als schweißbar bei 27,12 MHz eingestuft werden. Zusätzlich wurde das thermische Verhalten der Folien mittels DSC-Analyse und Rheometer untersucht, um eine HF-Zieltemperatur für den Verklebungsprozess zu bestimmen. Die Verarbeitungstemperaturen der ausgewählten Folientypen lagen zwischen 190 und 290°C.

Im Anschluss lag der Fokus auf der Optimierung der identifizierten Folientypen, des HF-Prozesses sowie der Herstellung und Untersuchung folienverklebter Produkte. Zur Maximierung des selektiven Effektes (Aufschmelzen der Folie ohne Erhitzung des Holzes) wurde das Holzsubstrat teilweise bis zum darrtrockenen Zustand getrocknet, was einen positiven Einfluss auf die Presszeit und Prozesssicherheit hatte.

this context for improving the greenhouse gas balance of wood-based materials produced in this way.

RESULTS

The project started off by first procuring potentially suitable film types that were available on the market and screening them for their dielectric properties. Nine film types could be classified as meltable at 27.12 MHz. In addition, the thermal behaviour of the films was examined using the DSC analysis and a rheometer to determine an HF target temperature for the bonding process. The processing temperatures of the selected film types were between 190 and 290°C.

This was followed by focusing on optimising the identified film types, the HF process and the production and examination of film-laminated products. To maximise the selective effect (melting of the film without heating the wood), the wood substrate was partially dried to the dry state, which had a positive influence on the pressing time and process reliability.

For assessing the strength of the joint, test specimens were made from beechwood lamellae in accordance with DIN EN 205. It was possible to produce bonds with thermo-

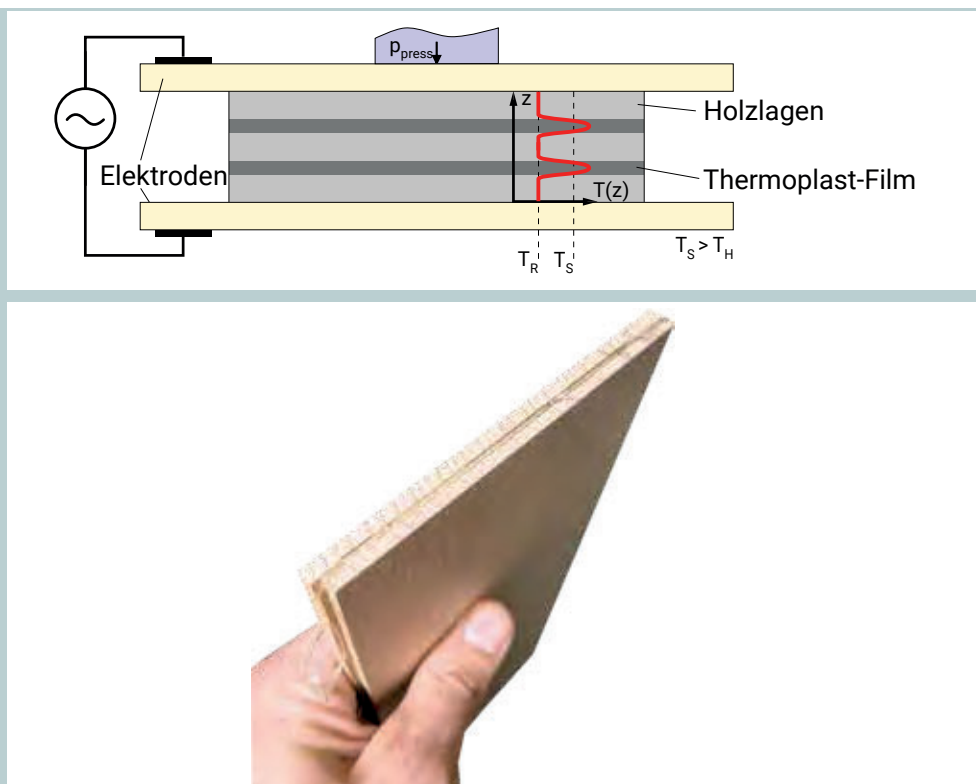


Abb. 1: oben: Schematische Darstellung des idealen HF-Prozesses mit selektiver Erwärmung in der Klebstoffuge. T_R = Raumtemperatur; T_s = Schmelztemperatur des Polymeres; T_H = Holzdegradationstemperatur; unten: Beispiel HF-Folienverklebung von Buche

Fig. 1: Top: Schematic representation of the ideal HF process with selective heating in the adhesive joint. T_R = room temperature; T_s = melting temperature of the polymer; T_H = wood degradation temperature; Bottom: Example of HF film bonding of beech wood

Zur Bewertung der Festigkeit der Fügeverbindung wurden Probekörper aus Buchenholzlamellen in Anlehnung an DIN EN 205 hergestellt. Es konnten mittels thermoplastischer Fügefolien (150 g/m^2) Verklebungen realisiert werden, die der höchsten Beanspruchungsgruppe D4 im Zugscherfestigkeitsversuch nach Lagerungsfolge 5 (6 h kochendes Wasser, Prüfung im feuchten Zustand) nach DIN EN 204 entsprachen. Damit wurde ein wichtiges Projektziel, die Herstellung kochfester, thermoplastischer Verklebungen erreicht.

plastic bonding films (150 g/m^2) that met the requirements of the most demanding group, D4, in the tensile shear strength test after storage sequence 5 (6 h in boiling water, testing in the wet state) according to DIN EN 204. This meant that an important project goal was achieved: the production of thermoplastic bonds that could withstand boiling. In order to further increase the adhesive strength and stimulation of the preferred adhesive films, concepts and test procedures for surface modification of the films by plasma treatment, electron beam treat-

Um die Klebfestigkeit und Anregbarkeit der bevorzugten Klebfolien weiter zu erhöhen, wurden Konzepte und Versuchsabläufe zur Oberflächenmodifizierung der Folien durch Plasmabehandlung, Elektronenstrahlbehandlung, UV-Behandlung und elektrischer Aufladung erprobt.

Ein deutlich positiver Effekt hinsichtlich der Festigkeit, der letztendlich zum Erreichen der Kochfestigkeitsanforderung führte, konnte durch Modifikation der Holzoberfläche beobachtet werden.

Als weiterer Schwerpunkt wurden alternative Folientypen mit biobasiertem Ursprung entwickelt und erprobt. Hier konnte die Beanspruchungsgruppe D3 nach DIN EN 204 erreicht werden.

Die Eignung der Folienverklebungen wurde bei der Herstellung von Mehrlagenverklebungen und Lagenholzwerkstoffen (z. B. Brettsperrholz) untersucht, wozu die Erkenntnisse aus der Einzellagenverklebung übertragen wurden.

Für Langzeituntersuchungen wurden thermoplastische HF-Holzverklebungen mit Buchen- und Fichtenlamellen hergestellt und hinsichtlich des Kriechverhaltens in Anlehnung an DIN EN 1156 (Klimatisierung bei 20°C/65% r. F.) untersucht. Darüber hinaus erfolgte die Entwicklung und der Bau eines Prüfstandes in Anlehnung an DIN EN 14292, mit dem das Verhalten der thermoplastischen Verklebungen bei erhöhter Temperatur und statischer Belastung untersucht werden konnte. Hier zeigt sich weiterer Entwicklungsbedarf bezüglich der Wärmeformbeständigkeit der entwickelten Folienverklebungen.

ment, UV treatment and electrical charging were tested.

A significant positive effect in terms of strength, which ultimately led to the boil-proof requirement being met, was observed when the wood surface was modified.

Another focus was on developing and testing alternative film types of a bio-based origin. Here, the D3 durability group according to DIN EN 204 was achieved.

The suitability of the film adhesives was investigated in the production of laminated wood materials (e.g., cross-laminated timber), for which the findings from the single-layer adhesive bonding were transferred.

For long-term investigations, thermoplastic HF wood bonds with beech and spruce lamellae were produced and examined with regard to their creep behaviour in accordance with DIN EN 1156 (air conditioning at 20°C/65% rel. hum.). In addition, a test rig was developed and constructed based on DIN EN 14292, which could be used to examine the behaviour of the thermoplastic bonds at elevated temperatures and under static load. This showed that there is a need for further development with regard to the heat resistance of the developed film bond.