

Strahlungswärme-Fügen

Titel: Entwicklung und Validierung eines Verfahrens zum effizienten, schnellen, kontaktfreien und lokal definierten Fügen von Schmalflächen an Holzwerkstoffplatten

*Forschungsstelle 1: [INT der TU Dresden](#)
Forschungsstelle 2: Fraunhofer IVV Dresden*

*Laufzeit: 01.06.2017 – 31.05.2019 (verlängert bis 30.9.2019)
IGF-Forschungsvorhaben 19575 BR*

Ausgangssituation und Zielsetzung

Das Beschichten der Schmalflächen ist im Bereich der Bauteilherstellung des Möbel- und Innenausbau ein sehr wichtiger Arbeitsschritt. Die derzeit am Markt verfügbaren Fügeverfahren weisen entweder aus technologischer Sicht oder aus Kostengründen Nachteile auf. Beispielsweise beim Schmelzklebstoffverfahren sind hohe Energieaufwendungen zur thermischen Aktivierung des Schmelzklebstoffes erforderlich und es gelten vergleichsweise lange Prozesszeiten und Vorbereitungszeiträume sowie ein erhöhter Handlungsaufwand. Bei den Heißluftverfahren erfolgt z.T. eine starke Aufheizung von Maschinenteilen durch Gebläse und es besteht eine Unfallgefahr durch heiße Maschinenteile. Zudem treten immer wieder Mängel in der Qualität der Verklebung sowie optische Einschränkungen bei der Ausprägung des Fugenbildes auf. Bei modernen lasergestützten Verfahren kommen Aggregate zum Einsatz, die neben hohen Investitionskosten ebenfalls hohe Energieaufwendungen während des Betriebes und Mehrkosten für die Erarbeitung und Einhaltung eines Sicherheitskonzeptes (Lasersicherheitsklassen) verursachen. Die Zielstellung des Forschungsprojekts war die Entwicklung eines Fügeverfahrens für Schmalflächen an Holzwerkstoffplatten mittels keramischer Heizelemente. Dabei wird das Schmalflächenbeschichtungsmaterial (SFBM, oder auch: Kante) dem Holzwerkstoff zugeführt und durch Einwirkung extrem wirkstellennaher Wärmeenergie der Strahler-Heizer mit dem Bauteil stoffschlüssig gefügt. Durch die thermische Aktivierung unmittelbar im Bereich der Fugestelle wird unnötiger zeitlicher und lokaler Versatz vermieden. Das hochdynamische Ein-/ Ausschaltverhalten der Heizer begünstigt ein schnelles Erreichen der Betriebstemperatur und trägt zur Verkürzung der Maschinenanfahrzeiträume bei. Es wurden SFBM verwendet, die auf der Innenseite eine Funktionsschicht haben, die bei Wärmeeintrag zur Verklebung aktiviert wird. Solche SFBM können kostengünstig hergestellt werden, da sie im Gegensatz zu Laser-SFBM keine teuren optischen Absorber benötigen.

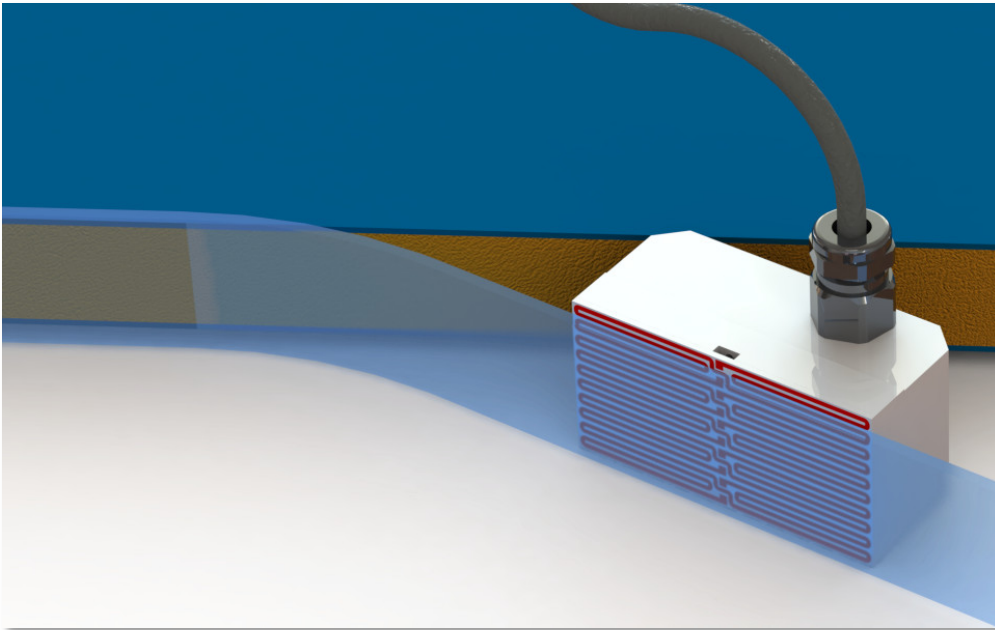


Abbildung 1: Darstellung der konstruktiven Integration der entwickelten, keramischen Heizstrahler in den Fügspalt zwischen Schmalflächenbeschichtung und Werkstück

Ergebnisse

Zur thermischen Charakterisierung der Funktionsschichten der Schmalflächenbeschichtungen wurden die dynamische Differenzkalorimetrie (Differential Scanning Calorimetry „DSC“) und die Nahinfrarot-Spektroskopie durchgeführt. Mit Hilfe der Messmethoden wurden u. a. die spezifische Wärmekapazität, Phasenübergänge und Transmissionsspektren sowie besonders für Kunststoffe die Schmelz- und Glasübergangstemperaturen ermittelt (Eyerer P et al, 2005). Grundsätzlich kann bezüglich der Position der Absorptionspeaks von einem ähnlichen Absorptionsverhalten zwischen laserfähigen Funktionsschichten und einer Funktionsschicht/ Klebstoffschicht aus EVA ausgegangen werden. Im Hinblick auf eine Implementierung der Strahlertechnologie in eine industrielle Kantenanleimmaschine wurde eine Experimentalumgebung aufgebaut, die eine automatisierte zeitliche und orts aufgelöste Erfassung der Erwärmung der Funktionsschicht ermöglicht. Es konnten sowohl Aufheiz- und Abkühlszenarien der Strahlerbaugruppe sowie Versuche zum Erwärmen ausgewählter SFBM mit unterschiedlichen Funktionsschichten durchgeführt werden. Dabei wurden die Prozessparameter der elektrischen Leistung der Strahlerheizer, der Abstand dieser zur Funktionsschicht sowie die Vorschubgeschwindigkeit variiert. In Abbildung 2 ist zu erkennen, dass alle ausgewählten SFBM der Nullfugentechnologien durch die keramischen Heizelemente erwärmt werden können. Darüber hinaus besteht ein linearer Zusammenhang zwischen vordefinierter, spezifischer Leistungsaufnahme der Strahler P_{spez} (in W/mm^2) und der resultierenden Oberflächentemperatur ϑ (in $^{\circ}C$). Zwischen dem Abstand der Heizelemente zur Funktionsschicht besteht in etwa eine quadratische Abhängigkeit. Weiterhin konnte nachgewiesen werden, dass sowohl homogene als auch exakt konturierte Temperaturprofile auf der Funktionsschicht mit den matrixähnlichen Heizelementen erzeugt werden können.

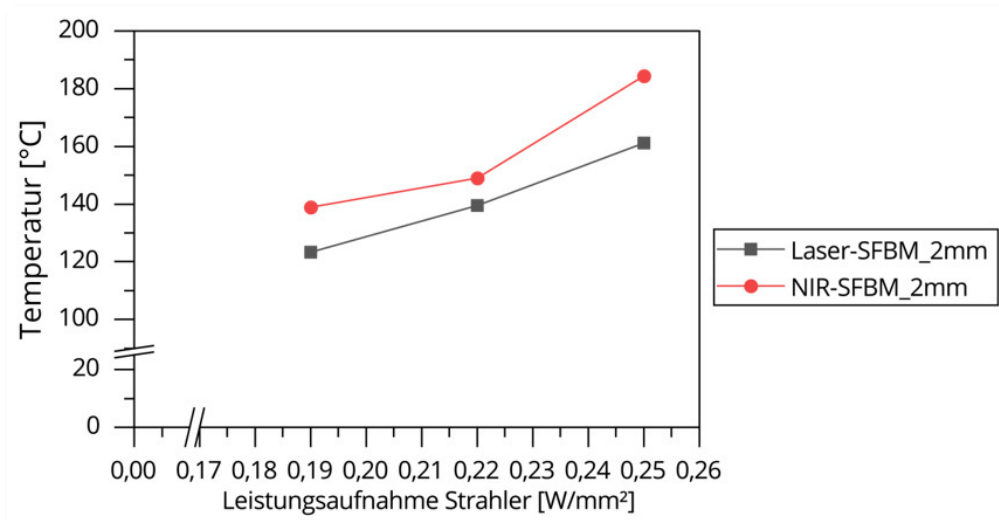


Abbildung 2: Oberflächentemperatur mehrerer SFBM (Nahinfrarot-SFBM, laserfähiges SFBM) bei variierenden Leistungsaufnahmen der Strahlerheizer und einem Abstand der Heizer von 2 mm

Basierend auf den Voruntersuchungen und der Modellbildung des Erwärmungsverhaltens der Funktionsschicht der SFBM wurde eine optimierte Heizerstruktur erarbeitet, die sich durch geringere Eigenspannungen, einem homogeneren Temperaturprofil mit geringen Temperaturabweichungen ($\Delta\vartheta < 15$ K) um den Sollwert auszeichnet und zudem ein hochdynamisches Ansprechverhalten mit sehr hohen Aufheizraten aufweist. Die modifizierte Struktur ist in Abbildung 3 dargestellt. Darüber hinaus findet die elektrische Kontaktierung der Einzel-Elemente mittig statt.

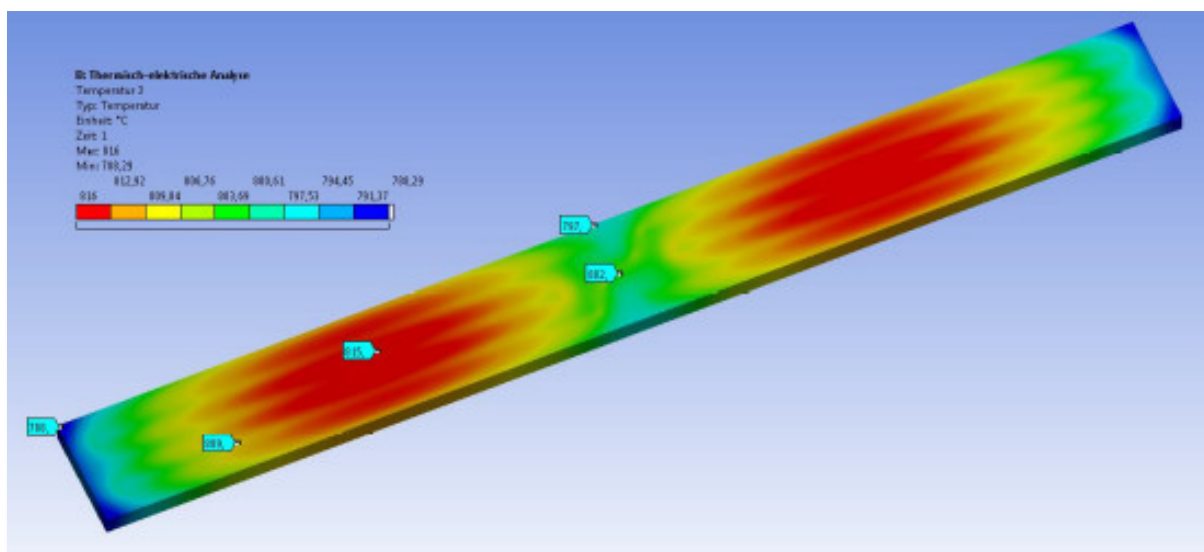


Abbildung 3: Optimiertes Heizerlayout durch Laborversuche und Modellbildung mit geringen Eigenspannungen und minimierten Temperaturdifferenzen ($\Delta\vartheta < 15$ K)

Die Implementierung eines Funktionsmusters zur Verfahrensvalidierung erfolgte in eine konventionelle Kantenanleimmaschine (KAM). Hierfür wurden konstruktive Anpassungen vorgenommen, welche hauptsächlich dadurch bedingt waren, nicht in die periphere Maschinenstruktur einzugreifen. Mit einer gesonderten Leistungselektronik für die Regelung der Strahlerbaugruppe (Abbildung 4) sowie einer separaten Werkstückerkennung, einer Zuführung des SFBM und einer modifizierten Kappschere konnte eine Versuchsumgebung geschaffen werden, mit der die Validierung des Verfahrens durchgeführt wurde. Hierzu gehören insbesondere Untersuchungen zum Einsatzspektrum des neuartigen Verfahrens, der Temperaturstabilität, dem Ansprechverhalten sowie der Dauerhaftigkeit der Strahlerbaugruppe(n) und der Verbundfestigkeit des gefügten Produkts aus SFBM und Holzwerkstoff.

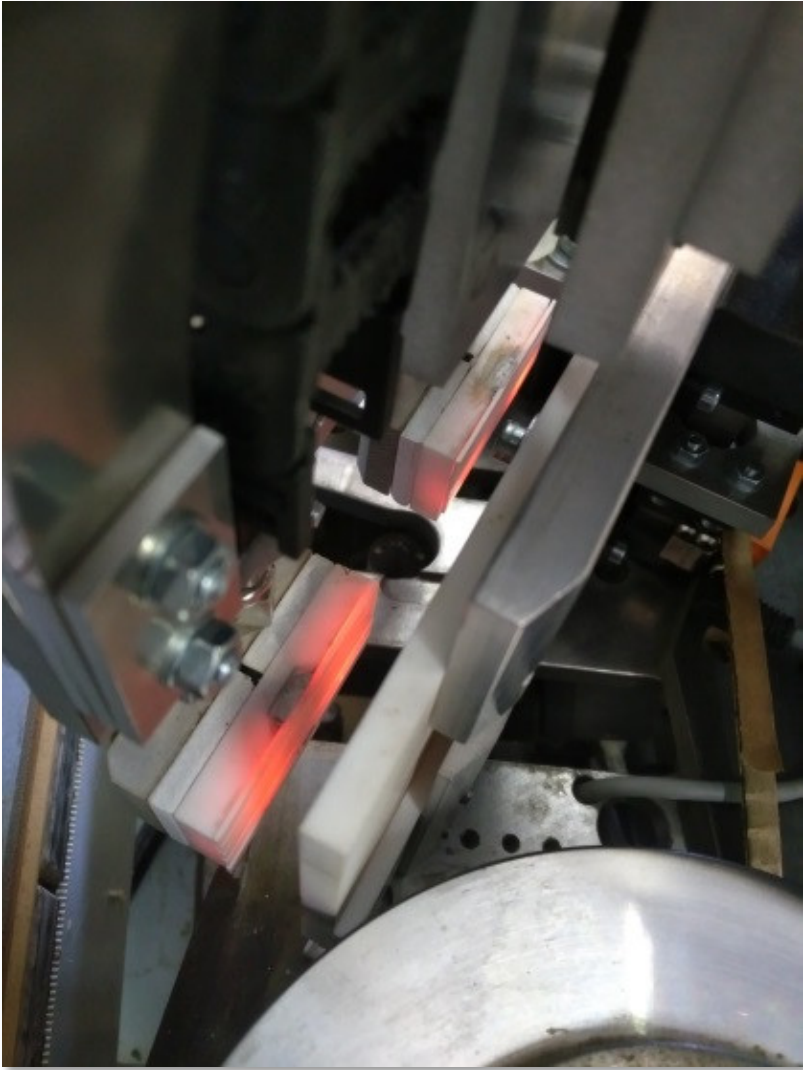


Abbildung 4: In eine KAM eingebaute Strahlerbaugruppen mit jeweils fünf übereinanderliegenden Einzelstrahlern

Die Untersuchungen zur Verbundfestigkeit der hergestellten Prüfkörper hatten zwei wesentliche Ziele. Einerseits sollten parameterbedingte Abhängigkeiten identifiziert und andererseits ein Bezug zu bereits am Markt etablierten sowie ausoptimierten Verfahren hergestellt werden. Hierfür wurde der Trommelschältest nach DIN 53 295 eingesetzt. Die normativ beschriebene Vorrichtung wird hauptsächlich für die Prüfung von Sandwich-Kernverbunden im Luft- und Raumfahrtbereich eingesetzt. In Abbildung 5 ist entsprechend eine Übersicht der Prüfergebnisse dargestellt. Jede einzelne Box stellt eine Parametervariation innerhalb eines Verfahrens bzw. ein Verfahren selbst dar. Die linken drei Spalten repräsentieren das konventionelle Schmelzklebstoffauftragsverfahren (HM), womit auf der gleichen KAM wie das neuartige Strahlungswärme-Fügen die zugehörigen Werkstoffproben hergestellt wurden. In der weiteren Folge sind die Werte für das lasergestützte Fügen, eine PU-Verklebung, das Nahinfrarot-Fügen (NIR) und in den vier rechten Spalten das neue „Strahlungswärme-Fügen“ (SWF, orangefarbener Rahmen) aufgeführt. Die Werte für das lasergestützte Fügen, die PU-Verklebung und das NIR-Verfahren sind auf Vergleichsproben zurückzuführen, welche von industriellen Produzenten stammen. Demzufolge konnten für diese Verfahren keine gleichen Holzwerkstoffe als Substrat gewährleistet werden. Es ist grundsätzlich zu erkennen, dass für das vorwettbewerbliche „Strahlungswärme-Fügen“ konkurrenzfähige Schälmomente erreicht werden können. Die drei linken Boxen für das SWF-Verfahren sind mit steigender Vorschubgeschwindigkeit von 5; 7,5 und 10 m/min von links nach rechts sortiert. Die geringfügige Abnahme der Verbundfestigkeit ist darauf zurückzuführen, dass ansonsten gleichbleibende Prozessparameter (z.B. Strahlertemperatur) vorlagen. Würde eine geschwindigkeitsbereinigte Leistungseinstellung zugrunde gelegt werden, könnten

konstante Werte für das Schälmoment erreicht werden. Dies war jedoch zunächst nicht die Zielstellung. Darüber hinaus ist weiterhin zu erkennen, dass die etablierten Verfahren ebenfalls einen ähnlichen Streubereich der Schälmomente aufweisen. Bei einem gleichen Holzwerkstoff erreicht eine Verklebung mit Polyurethan (PU) die höchsten Werte. Für eine umfassendere Bewertung der Verbundfestigkeit sind jedoch weitere Prüfmethode durchzuführen, welche insbesondere Aussagen zur klimatischen Beständigkeit (z.B. Feuchtklimabeständigkeit) ermöglichen.

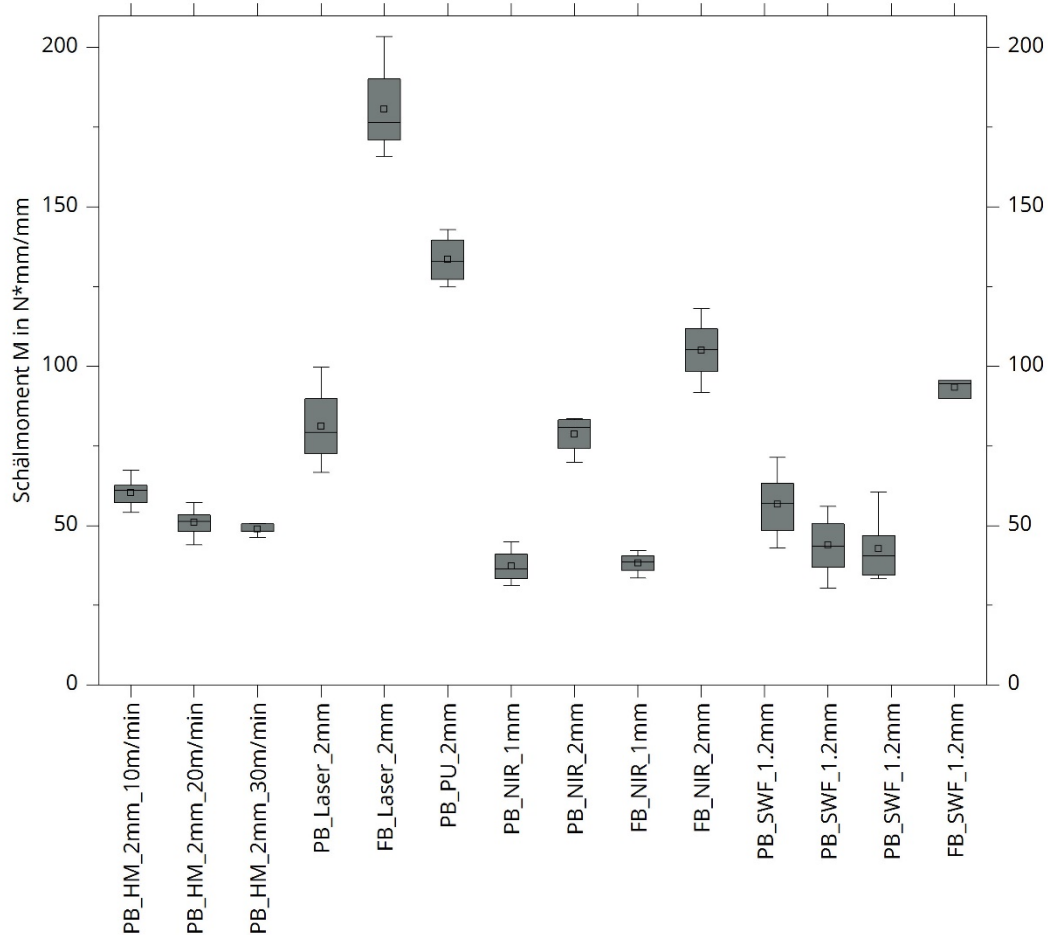


Abbildung 5: Darstellung des Schälmoments M als quantitative Vergleichsgröße für die Verbundfestigkeit von Referenzproben des konventionellen Schmelzklebstoffauftrags (HM), des Laserfügens, einer PU-Verklebung, des Nahinfrarot-Verfahrens und dem Entwicklungsstand des „Strahlungswärme-Fügens“ (SWF) mit den Holzwerkstoffen Spanplatte (PB) und Faserplatte (FB)

Veröffentlichungen

Anonymous:

Bekanten per Strahlungswärme-Fügen.

HOB Die Holzbearbeitung 06/2017, S. 53.

[PDF anzeigen](#) • www.hob-magazin.com

Anonymous:

Kantenanleimen morgen.

DDS Februar 2018, S. 60.

[PDF anzeigen](#) • www.dds-online.de

Herzberg, M.; Korn, C.; Wagenführ, A.:
Energieeffiziente Schmalflächenbeschichtung mit keramischen Heizelementen.
In: holztechnologie 60 (3), 2019, S. 30-36

Herzberg, M.; Wagenführ, A.:
Energy Efficient and Controlled Narrow Surface Coating Process with Multi-layer Ceramic Materials.
In: Proceedings of the 24th International Wood Machining Seminar (IWMS-24), Corvallis, Oregon, USA, 2019, S. 165-172

Herzberg, M.; Wagenführ, A.:
Energy Efficient and Controlled Narrow Surface Coating Process with Multi-layer Ceramic Materials -
Presentation.
24th International Wood Machining Seminar (IWMS-24), Corvallis, Oregon, USA, 2019

Hinweise

Das IGF-Vorhaben wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Das Forschungsvorhaben wurde von einem Industrie-Arbeitskreis unter Beteiligung der Firmen HIB Gesellschaft für Industrieautomation mbH, Holz-Her GmbH, Homag Group AG, IMA Klessmann GmbH, Jakob Schmid GmbH + Co. KG, Leitz GmbH & Co. KG, Leuco Ledermann GmbH & Co KG, Moderne Kunststoff-Technik | Gebrüder Eschbach GmbH, SACHSENKÜCHEN H.-J. Ebert GmbH, SGE Spezialgeräteentwicklung GmbH und watttron GmbH im projektbegleitenden Ausschuss begleitet und unterstützt.