

BEDEUTUNG DER NEUEN DIN 2304 FÜR DIE KLEBTECHNISCHE PRAXIS

Qualität prozessintegriert sichern

Im Februar 2016 wurde die neue DIN 2304 „Qualitätsanforderungen an Klebprozesse“ als Weißdruck veröffentlicht. Was bedeutet nun die Einführung dieser Norm für die Betreiber klebtechnischer Fertigungen? Welche Schritte führen zu einer umfassenden Qualitätssicherung - insbesondere mit Blick auf sicherheitsrelevante Klebungen?

HEINRICH KORDY, KAI BRUNE,
MAREIKE SCHLAG

In Hochtechnologiebereichen zählt das Kleben zu den bevorzugt eingesetzten Füge-techniken. Allerdings gilt es nach DIN EN ISO 9001 als „spezieller Prozess“, dessen Ergebnis nicht umfassend zerstörungsfrei geprüft werden kann. Um eine qualitativ hochwertige Klebverbindung gewährleisten zu können, müssen deshalb alle erforderlichen Prozessschritte ausreichend überwacht und dokumentiert werden - beginnend mit der Entwicklung einer Klebverbindung bis hin zum fertigen Produkt.

Ein gutes Beispiel für die Entwicklung eines Qualitätssicherungskonzeptes ist der Schienenfahrzeugbau seit der Einführung der DIN 6701 im Jahre 2007. Dabei werden die Qualitätsstandards klebtechnischer Anwenderbetriebe festgelegt, Konstruktionsvorgaben gemacht sowie Ausführungsregeln und die Qualitätssicherung von Klebprozessen festgeschrieben [1]. Schwerpunkt ist hier die Qualifikation der am Prozess beteiligten Mitarbeiter [2].

Um nun die Qualitätsanforderungen auch für andere Anwendungsgebiete in der klebtechnischen Fertigung festzulegen, wird die DIN 2304

eingeführt. Sie legt die Anforderungen für die qualitätsgerechte Ausführung von Klebverbindungen entlang der Prozesskette Kleben von der Entwicklung über die Instandhaltung fest und deckt zwei Anwendungsbereiche ab. Der erste Teil erläutert allgemeine organisatorische, vertragliche und fertigungstechnische Grundlagen für die Herstellung klebtechnischer Verbindungen mit der Hauptfunktion einer Übertragung mechanischer Lasten. Sein Inhalt bezieht sich auf alle Klebstoffklassen, Werkstoffkombinationen und Branchen. Der zweite Teil legt spezielle Anforderungen an die klebtechnische Ausführung für Materialien aus Faserverbundkunststoffen fest. In der DIN 2304 werden die Klebungen hier in Sicherheitsklassen unterteilt, wobei der verantwortliche Konstrukteur bzw. Bauteilverantwortliche die Einstufung vornehmen muss [3].

Bedeutung der neuen DIN für Anwender

Kunden von Unternehmen, die Produkte klebtechnisch herstellen, könnten die DIN 2304 in ihr Pflichtenheft für den Bezug von Produkten aufnehmen. Der Vorteil der Kunden besteht darin, dass mit einem einzigen Verweis auf die Norm

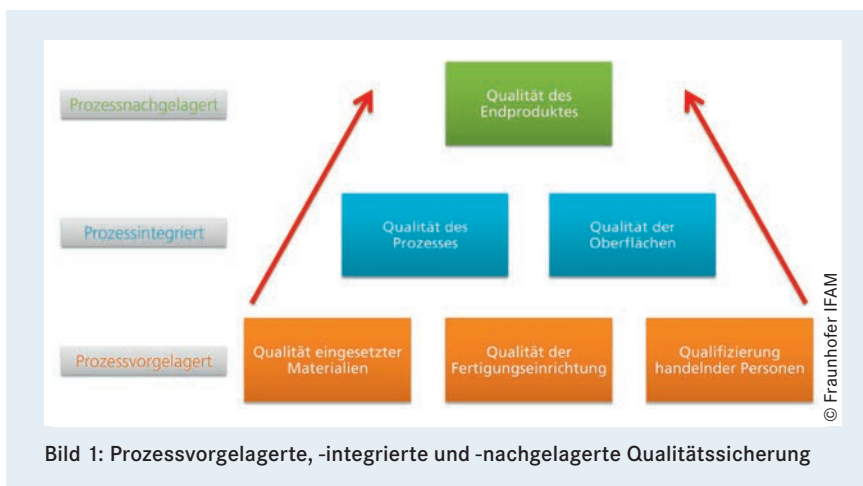


Bild 1: Prozessvorgelagerte, -integrierte und -nachgelagerte Qualitätssicherung

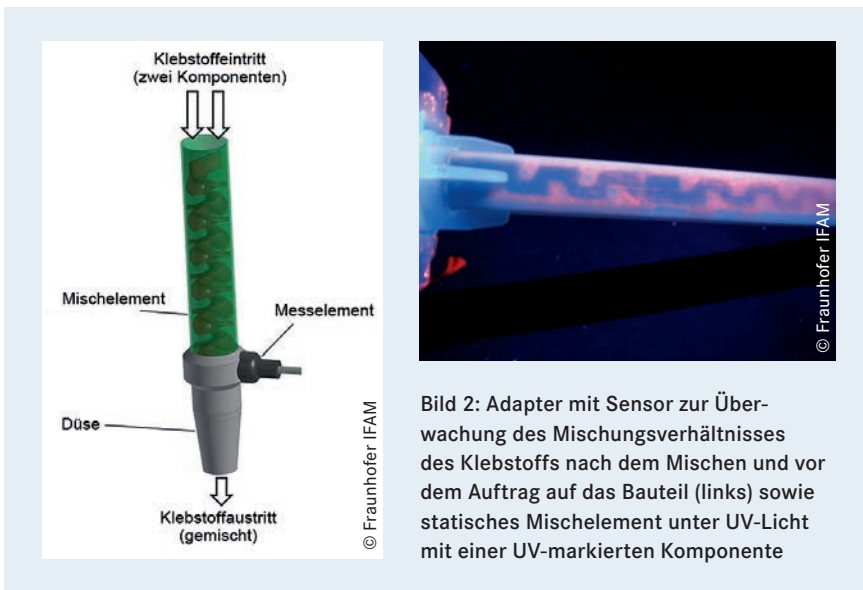


Bild 2: Adapter mit Sensor zur Überwachung des Mischungsverhältnisses des Klebstoffs nach dem Mischen und vor dem Auftrag auf das Bauteil (links) sowie statisches Mischelement unter UV-Licht mit einer UV-markierten Komponente

der Lieferant zu einem Qualitätsstandard und entsprechenden Maßnahmen bewegt werden kann. Dies gilt insbesondere für sicherheitsrelevante Klebungen, bei denen die Fertigungskette aufgrund der Sorgfaltspflicht und entsprechenden Haftungsmöglichkeiten stets dem Stand der Technik entsprechen muss. Die Norm DIN 2304 greift dies entsprechend auf.

Um die klebtechnische Anforderung einer Klebverbindung festzulegen, muss zuerst die Sicherheitsklasse dieser Klebung definiert werden. Diese Einstufung erfolgt durch den verantwortlichen Konstrukteur hinsichtlich der potenziellen Auswirkung des Versagens der Klebung. Dann werden die Anforderungen an die Prozesskette festgelegt. Das erstreckt sich von der Infrastruktur über Personal, Entwicklungsprozess und Konstruktion bis zur Fertigung (Bild 1). Hier spielen die Qualitätssicherung und das Management eine sehr große Rolle. Für diese erfolgreiche Qualitätssicherung in der Klebtechnik wird immer eine technologiespezifische Ergänzung eines Qualitätsmanagementsystems verlangt, welches z.B. die Anforderungen nach DIN 2304 bzw. DIN EN ISO 9001 erfüllt [4]. Der Fokus der folgenden Ausführungen liegt auf techni-

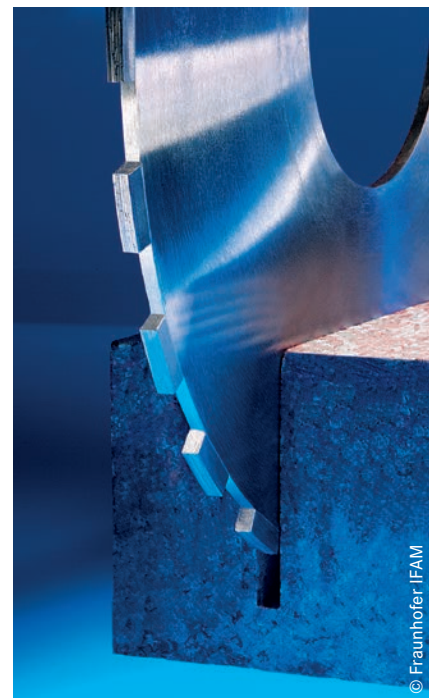
schen Qualitätssicherungskonzepten der klebtechnischen Fertigung, unterteilt in Qualität der Klebstoff-Applikation und Qualität der Fügeoberflächen. Es wird der Stand der Technik dargestellt und auf weitere nötige Schritte hingewiesen, um eine umfassende Qualitätssicherung insbesondere bei sicherheitsrelevanten Klebungen zu gewährleisten.

Technische Qualität der Klebstoff-Applikation

In der Applikationstechnik sind eine konsequente Überwachung und Dokumentation der Prozessschritte für die Qualität von entscheidender Bedeutung. Stand der Technik ist das Monitoring der Raupengeometrie, der Raupenpositionierung und des Klebstoffauftrags [5]. Dies geschieht durch Kamerasysteme, die je nach Oberfläche und Klebstoff in verschiedenen Versionen auf dem Markt erhältlich sind. Zur Verfügung stehen Systeme, die eine nachgelagerte Inspektion des Klebstoffauftrags bezüglich Position, Breite und Unterbrechungsfreiheit ermöglichen. Die Kombination mehrerer Kameras erlaubt zudem die Kontrolle von Profilaupen mit Hilfe von 360°-Aufnahmen. Bei fast allen OEMs werden solche Kamerasysteme

zur Qualitätssicherung der Klebstoffapplikation eingesetzt.

Bedarf an weiterführenden Qualitätssicherungskonzepten über den Stand der Technik hinaus besteht insbesondere bei 2-komponentigen Klebstoffen zur Inline-Kontrolle des Mischungsverhältnisses. Hierauf konzentrieren sich aktuelle Arbeiten des Fraunhofer IFAM aus der Abteilung Klebtechnische Fertigung. Hier werden derzeit verschiedene physikalische Systeme zur Inlinemessung des Mischungsverhältnisses frisch vermischter Klebstoffraupen erarbeitet und untersucht (Bild 2). Dies soll eine Dokumentation und Kontrolle des applizierten Klebstoffs hinsichtlich des Mischungsverhältnisses mehrkomponentiger Klebstoffe ermöglichen. Das Mischungsverhältnis wird hier direkt nach dem Mischen und vor dem Auftrag auf das zu verklebende Bauteil auf sein Mischungsverhältnis hin gemessen und aufgezeichnet. In Kombination mit bestehenden Kameraüberwachungssystemen wird somit die Qualitätssicherung des Prozesses bei der klebtechnischen Fertigung zukünftig weiter gestärkt.



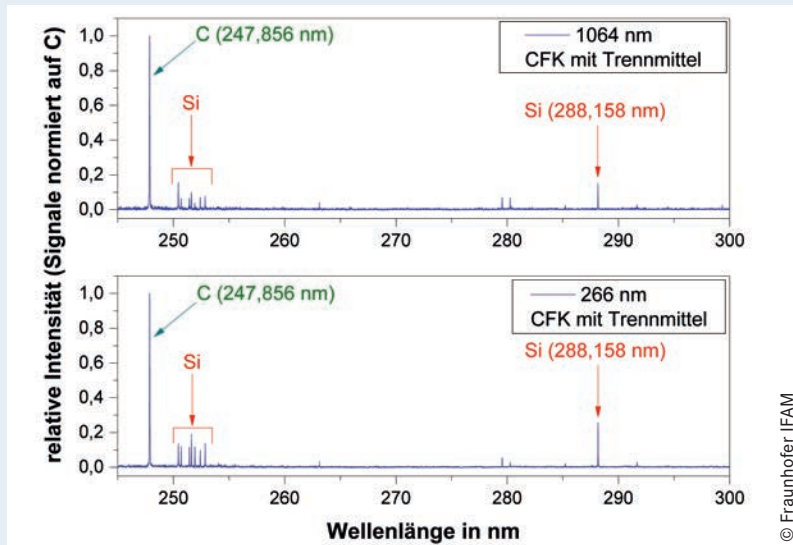


Bild 3: Vergleich der LIPS-Spektren einer mit Si-haltigem Trennmittel kontaminierten CFK-Probe (ca. 8 atom% Si) bei Messung mit zwei unterschiedlichen Laseranregungswellenlängen (1064 nm und 266 nm).

Technische Qualität der Fügeiteiloberflächen

Auch die Qualität der zu verklebenden Oberflächen ist für die Ausbildung von Adhäsionskräften sowie für die Langzeitstabilität der Klebverbindungen von großer Bedeutung. Oft haben fertigungsbedingte Kontaminationen und Kontaminationen, die unabsichtlich während prozessvorgelagerter Verarbeitungsschritten auf die Oberflächen gelangen, einen negativen Einfluss auf die erreichten Endfestigkeiten. Außerdem verstärken die während des Lebenszyklus einer Klebverbindung auftretenden Alterungsprozesse diese negativen Ein-

flüsse und können zu einer weiter verringerten Festigkeit oder zum kompletten Versagen von geklebten Bauteilen führen. Die Sauberkeit der Oberflächen muss daher insbesondere für Klebungen mit hoher Sicherheitsrelevanz durch eine prozessintegrierte Qualitätskontrolle gewährleistet werden.

Am Fraunhofer IFAM werden für die prozessintegrierte Qualitätssicherung an Oberflächen verschiedenste Methoden entwickelt, weiterentwickelt und kundenspezifisch angepasst. Diese Methoden basieren beispielsweise auf der Detektion von topografischen, optischen, visuellen, physikalischen oder chemischen Oberflächeneigenschaften. Eine auf vielen unterschiedlichen Materialien anwendbare Methode ist die laserinduzierte Plasmaspektroskopie (LIPS). Hierbei wird ein gepulster Laserstrahl auf die zu untersuchende Oberfläche fokussiert und dort ein Mikroplasma gezündet. In dem Mikroplasma wird ein kleiner Teil der oberflächennahen Spezies verdampft und zur elementspezifischen Emission angeregt. So ist ein

Nachweis vieler Elemente des Periodensystems möglich. Oft können diese über die Bildung von Peakflächenverhältnissen (PFV) mit einer geeigneten Kalibrierung quantifiziert werden.

Aktuell wird diese Methode am Fraunhofer IFAM für die Detektion Si-haltiger Trennmittel auf kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffen (CFK) optimiert. Üblicherweise wird bei der LIPS ein Laser mit einer Wellenlänge von 1064 nm verwendet. Es konnte gezeigt werden, dass selbst geringste Mengen an Si auf den CFK-Oberflächen (< 2 atom% Si aus XPS-Messungen) sicher nachweisbar sind. Allerdings kommt es bei der bisher genutzten Wellenlänge zu einer Schädigung der Probenoberfläche in Form von kleinen Kratern (Bild 4). Zur Minimierung dieser Oberflächenschädigung und zur Maximierung der Empfindlichkeit für die Detektion Si-haltiger Trennmittel auf CFK wurden nun erste Untersuchungen mit einer Laseranregungswellenlänge von 266 nm durchgeführt. Hierbei konnten gleich zwei positive Effekte in Bezug auf die Eignung der LIPS für die Anwendung als inlinefähige Qualitätssicherungsmethode beobachtet werden: zum einen eine gesteigerte Oberflächensensitivität der Messung (effektivere Anregung von Emissionen Si-haltiger Trennmittel im Vergleich zur Anregung des Grundmaterials) (Bild 3) und zum anderen gleichzeitig eine wesentlich geringere Schädigung der Probenoberfläche durch die Messung (Bild 5). Bild 3 zeigt jeweils Ausschnitte der erhaltenen, auf das C-Signal normierten LIPS-Spektren für die Messungen bei den unterschiedlichen Laserwellenlängen. Die relative Intensität der Si-Emissionslinien ist für die Messung mit 266 nm (PFV Si/C: 0,26) im Vergleich zur Messung mit 1064 nm (PFV Si/C: 0,15) deutlich erhöht. Es können so geringe Si-Konzentrationen an den Oberflächen deutlicher differenziert und wahrscheinlich auch noch geringere Si-Konzentrationen



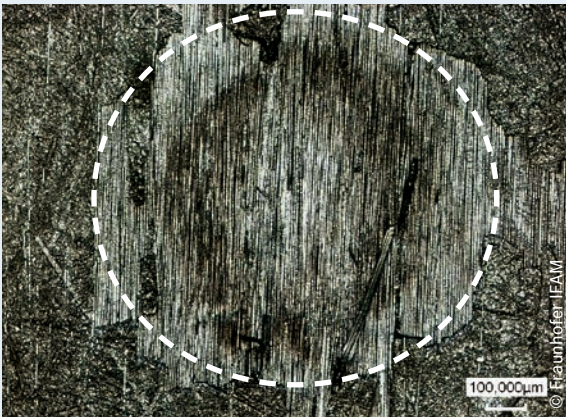


Bild 4: Laserkonfokalmikroskopische Messung: Messkrater bei LIBS-Messung mit 1064 nm

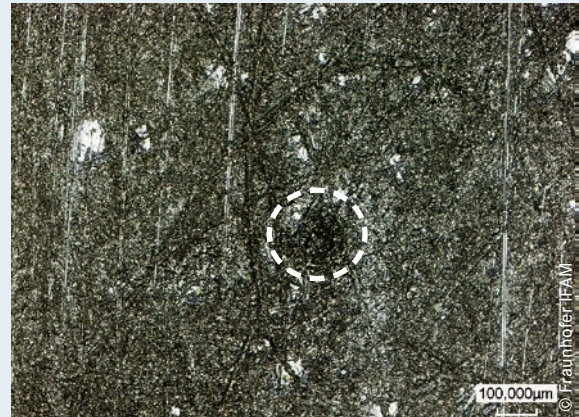


Bild 5: Laserkonfokalmikroskopische Messung: Messkrater bei LIBS-Messung mit 266 nm.

nachgewiesen werden. Die Bilder 4 und 5 zeigen laserkonfokalmikroskopische Aufnahmen der Messkrater. Diese wurden von jeweils neun LIPS-Messposi-

tionen angefertigt und ausgewertet. Die Messung mit 1064 nm lässt einen deutlichen Harzabtrag mit Faserfreilegung erkennen. Die Größe des entstehenden Messkraters beträgt 924 (+/- 122) µm im Durchmesser und 40,4 (+/- 11,2) µm in der Tiefe. Für die Messungen mit 266 nm ist mit dem bloßen Auge keine Schädigung der Oberfläche zu erkennen. Unter dem Laserkonfokalmikroskop lassen sich vergleichsweise sehr kleine Krater in der Oberfläche erkennen. Mit 65,7 (+/- 9,55) µm im Durchmesser und 22,9 (+/- 5,10) µm in der Tiefe stellen diese Krater nur eine minimale Beeinflussung der Probenoberfläche dar. Die LIPS besitzt somit ein hohes Potenzial für die Anwendung als prozessintegrierte Qualitätssicherung und bietet die Möglichkeit, Si-haltige Trennmittel auf CFK-Oberflächen zuverlässig zu detektieren. Die genannten Untersuchungen wurden im Rahmen des öffentlich geförderten AiF-Projektes BeQuaVor (Fördernummer IGF-Nr. 18.003N) durchgeführt. Die LIPS-Messtechnik wird aktuell am Fraunhofer IFAM für diesen Anwendungsbereich weiterentwickelt, z.B. in Richtung reduzierter Laserenergien für die Plasmaanregung mit dem Ziel der weiteren Reduktion des Oberflächenabtrags.

Zusammenfassung

Mit den dargestellten aktuellen Arbeiten des Fraunhofer IFAM auf dem Gebiet der prozessintegrierten Qualitätssicherung in den Bereichen der Oberflächen und der klebtechnischen Fertigung sollen bestehende Lücken geschlossen werden. Dies hilft den Anwendern und Betreibern klebtechnischer Fertigungsprozesse, den Anforderungen aus der Norm DIN 2304 und darüber hinaus, insbesondere bei sicherheitsrelevanten Klebungen, gerecht zu werden. ■

Quellenverweis

- [1] DIN 6701, Kleben von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen, Teil 1 - 4
- [2] Niermann, D., Groß, A., Brede, M., & Hennemann, O.-D. „Qualitätssicherung in der Klebtechnik (Teil 2): Fertigungsphase“ Adhäsion (Ausgabe 9, 2005), S. 28-32.
- [3] Groß, Andreas; Lohse, Hartwig; „Die neue DIN 2304 und ihr Nutzen für die Praxis Qualitätssicherung in der Klebtechnik“, Adhäsion (Ausgabe 6, 2015), S. 12-19
- [4] Niermann, D., Groß, A., Brede, M., & Hennemann, O.-D. „Qualitätssicherung in der Klebtechnik (Teil 1): Konstruktionsphase“, Adhäsion (Ausgabe 7-8, 2005), S. 36-38.
- [5] Klocke, Heinz : „Alltagstaugliche 3D-Klebstoffauftragskontrolle in der Fahrzeugindustrie“, Adhäsion (Ausgabe 11, 2004), S. 17-20

Die Autoren

Dipl. Wirt.-Ing. Heinrich Kordy (heinrich.kordy@ifam.fraunhofer.de) ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Klebtechnische Fertigung.
 Dipl. Phys. Kai Brune (kai.brune@ifam.fraunhofer.de) leitet die Arbeitsgruppe Qualitätssicherung Oberfläche in der Abteilung Adhäsions- und Grenzflächenforschung.
 M.Sc. Mareike Schlag (mareike.schlag@ifam.fraunhofer.de) ist wissenschaftliche Mitarbeiterin dieser Arbeitsgruppe.