

# Innovatives Maschinendesign mit qualitätsgesicherter Klebtechnik

Im Maschinen- und Anlagenbau kommt es besonders auf Funktionalität und Bedienungsfreundlichkeit an. Dies wird durch innovative Bauweisen erreicht, wobei immer häufiger verschiedenste Materialien kombiniert werden, was wiederum große Anforderungen an die jeweilige Füge-technik stellt. Die Kleb-technik ist hierbei als Füge-technik prädestiniert.



Die Kapselfüllmaschine mit geöffneter Fensterklappe. Bei der Entwicklung der klebtechnischen Fertigung der Fensterklappen wurden konsequent die Anforderungen der DIN 2304-1 umgesetzt.

Bilder: Fraunhofer IFAM



Autoren:

Arne Fiedler  
Wissenschaftlicher  
Mitarbeiter



Dr.-Ing. Oliver Klapp  
Wissenschaftlicher  
Mitarbeiter



Dr. Erik Meiß  
Leiter des Weiterbildungs-  
zentrums Klebtechnik

Fraunhofer-Institut für Ferti-  
gungstechnik und Ange-  
wandte Materialforschung  
IFAM  
28359 Bremen  
www.kleben-in-bremen.de

Mithilfe der Klebtechnik ist fast jede Materialkombination langzeitbeständig realisierbar. Dennoch wird häufig der Einsatz der Klebtechnik gescheut, teils wegen schlechter Erfahrung im Alltag («Kleben hält doch nicht!«), teils aufgrund fehlendem Knowhow im Unternehmen. Kleben ist gemäß ISO 9001 ein »spezieller Prozess«. Das bedeutet, dass wichtige Eigenschaften der Klebung wie Festigkeit nicht zu 100 Prozent zerstörungsfrei überprüft werden können. Möchte man die

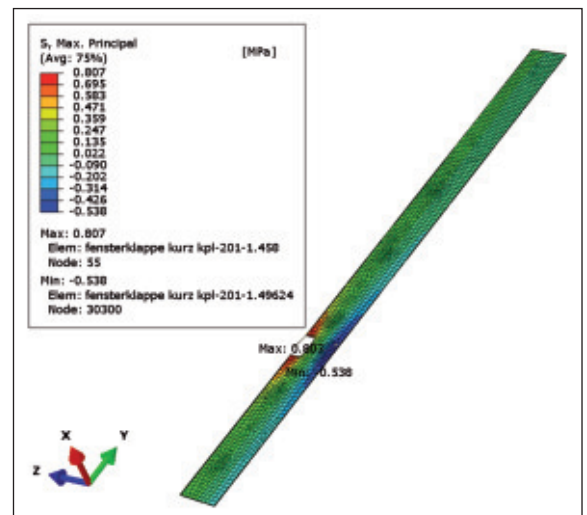
Klebtechnik einsetzen, ergibt sich hieraus die Notwendigkeit der Absicherung des Prozesses durch qualitätssichernde Maßnahmen. Man muss den Prozess beherrschen. Der Prozess Kleben besteht aber aus einer Kette von Prozessschritten, angefangen bei der Entwicklungs- und Planungsphase über die Fertigung bis hin zur Wareenausgangsprüfung und teilweise auch noch darüber hinaus, beispielsweise Instandhaltungsarbeiten in der Gebrauchsphase.

Die im März 2016 veröffentlichte DIN 2304 »Klebtechnik – Qualitätsanforderungen an Klebprozesse – Teil 1: Prozesskette Kleben« gibt hierbei Hilfestellungen zur Beherrschung des speziellen Prozesses Kleben und beschreibt den Stand der Technik der organisatorischen Qualitätssicherung im klebtechnischen Anwenderbetrieb. Sie umfasst drei Kernelemente: Klassifizierung der Klebungen nach Sicherheitsanforderungen, Einsetzung von Klebaufsichtspersonal (KAP) und die Nachweisführung, dass die Beanspruchbarkeit der Klebung größer ist als die zu erwartende Beanspruchung.

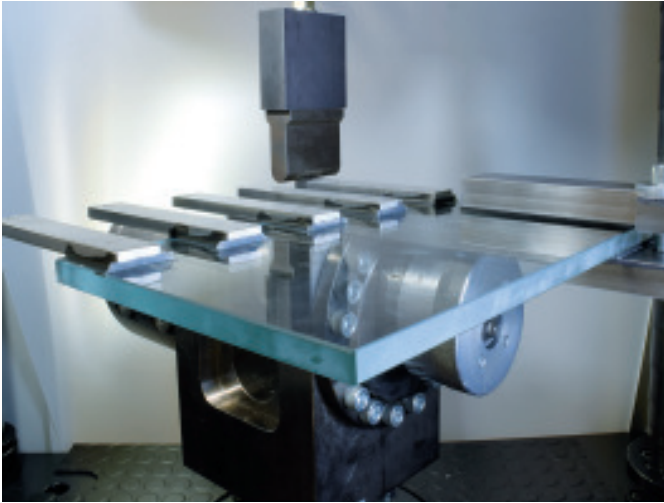
Bei der Klassifizierung stuft der Anwender seine Klebungen hinsichtlich potenzieller Auswirkungen durch das mechanische Versagen der Klebung in die Sicherheitsklassen S1 (mittel-/unmittelbare Gefährdung für Leib und Leben) bis S4 (maximal Komfort-/Leistungseinbußen) ein. Bei der Nachweisführung, die ab Sicherheitsstufe S2 notwendig ist, muss dokumentiert nachgewiesen werden, dass die Beanspruchbarkeit beziehungs-

weise Leistungsfähigkeit der Klebung höher ist als die zu erwartenden Beanspruchungen im Betrieb. Bei der Entwicklung der klebtechnischen Fertigung der Fensterklappen der hier vorgestellten Kapselfüllmaschine »FEC40« von Fette Compacting wurden konsequent die Anforderungen der DIN 2304-1 umgesetzt. Im vorliegenden Beitrag wird die Vorgehensweise hinsichtlich der Klassifizierung und der Nachweisführung beschrieben.

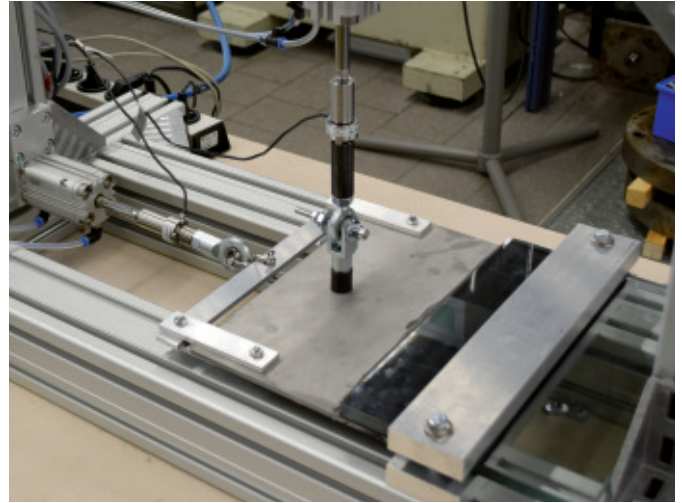
Fette Compacting ist ein führender Anbieter von integrierten Lösungen für den gesamten Prozess der industriellen Tablettenherstellung. Das Unternehmen ist auf Hochleistungsmaschinen für die pharmazeutische Industrie spezialisiert. Stammsitz und globale Schaltzentrale ist Schwarzenbek bei Hamburg. Weltweit ist das Unternehmen in mehr



FE-Modell zur Berechnung der Spannungsverteilung in der Klebschicht zwischen Edelstahl-Tragleiste und VSG im geöffneten Zustand der Fensterklappe.



**Versuchsaufbau zur Ermittlung der Kurzzeit-Tragfähigkeit in quasi-statischen Versuchen an skalierten Einzelklebungen.**



**Versuchsaufbau zur bauteilähnlichen Laborerprobung der Tragleistenklebung.**

als 40 Ländern vertreten. Der Hersteller von Tablettenpressen betreibt ein eigenes globales Netzwerk mit vollausgerüsteten und interaktiv vernetzten Competence Centern in Deutschland, USA, Brasilien, Indien und China. Darüber hinaus betreuen Mitarbeiter in Tochtergesellschaften in USA (Rockaway, New Jersey), Brasilien (Campinas), Mexiko (Mexico City), Spanien (Madrid), Frankreich (Noisy Le Grand), Indien (Goa), China (Nanjing) und Südostasien (Singapur) die Kunden des Unternehmens vor Ort. Fette Compacting ist Teil der LMT Group, einer mittelständischen Unternehmensgruppe in Familienbesitz. Zur Gruppe gehören außerdem LMT Tools, ein führender Hersteller von Präzisionswerkzeugen zur industriellen Bearbeitung von Konstruktionswerkstoffen, und die LMT Finance & Shared Services, welche die zentralen Unternehmensfunktionen global verantwortet. Mit der »FEC40« präsentiert Fette Compacting ihre erste Kapselfüllmaschine. Sie bietet mit einer Ausbringungsmenge von bis zu 400.000 Kapseln pro Stunde eine Verdopplung im Vergleich zu den am Markt etablierten Anlagen.

### **Anforderungen und Klassifizierung der Klebung**

Aus Gründen der Reinigungsfähigkeit und des Designs wurde vom Hersteller eine rahmenlose Bauweise der Fensterklappen und eine flächenbündige Befestigung der Verbundsicherheitsglasscheiben (VSG) ohne zusätzliche sichtbare mechanische Verbindungselemente an den Schwenkmechanismus der Maschine gefordert. Für diese Befestigungsaufgabe bietet die Klebtechnik hervorragende Lösungsmöglichkeiten, sofern alle klebtechnischen Anforderungen bei der Klebstoffauswahl und der Dimensionierung der Klebverbindung berücksichtigt werden.

Die Klebschicht am oberen Rand der Fensterklappe zwischen dem VSG und der Tragleiste aus Edelstahl unterliegt im geöffneten Zustand der Fensterklappe hohen lokalen statischen Schälbeanspruchungen, während im geschlossenen Zustand der Klappe die Klebschicht gleichermaßen auf Scherung beansprucht ist. Aufgrund der Risiken, die bei Versagen der Klebungen auftreten können, werden diese der Sicherheitsklasse S1 zugeordnet.

### **Klebstoffauswahl, Qualifizierung und Berechnung**

Bezüglich der Klebstoffauswahl bestand vorrangig die Forderung, dass der einzusetzende Klebstoff zuverlässig die mechanischen Beanspruchungen erträgt. Dabei dürfen Substanzen zur Reinigung der Maschine, beispielsweise Isopropanol, die Klebverbindungen nicht schädigen. Obwohl die Maschine ausschließlich unter klimatisierten Umgebungsbedingungen betrieben wird, müssen bei deren Transport Temperaturunterschiede zwischen -20 und 50 Grad Celsius schädigungsfrei ertragen werden. Dies erfordert bei den großen lateralen Abmessungen der Klebung und den unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten der geklebten Komponenten möglichst flexible Klebstoffe. Letztlich wurde ein mit Silanpolymeren weich-elastisch modifizierter Zweikomponenten-Epoxidharzklebstoff ausgewählt, der gute primerlose Haftung sowohl auf dem Glas als auch dem mit Korund gestrahlten Edelstahl ermöglicht.

Zur Identifikation hochbeanspruchter Klebschichtbereiche und zur Ermittlung der dort vorliegenden Spannungsverteilung wurden Finite-Elemente-Simulationen der Klebverbindungen unter den relevanten Betriebslastfällen – Eigengewicht, Bedienkraft und Temperaturlastfall – sowie den gewählten Abmessungen der Klebung durchgeführt. Die maximale Hauptspannung im Klebstoff wurde mit einem Wert von etwa 0,8 Megapascal ermittelt.

### **Beanspruchbarkeitsermittlung und Nachweisführung**

Zur Ermittlung der Klebstoffbeanspruchbarkeit unter Schälbeanspruchung wurden Probenplatten gefertigt mit je fünf auf 25 Millimeter Breite skalierten Einzelklebungen, sonst aber identischen Abmessungen in Überlappungslänge und Klebschichtdicke und mit derselben Oberflächenvorbehandlung der Substrate wie in der späteren Produktion vorgesehen. Zunächst wurde die Kurzzeit-Tragfähigkeit in quasi-statischen Kragarm-Biegeversuchen ermittelt. Hierbei wurden Festigkeiten ermittelt, welche über den berech-

neten Maximalspannungen der FE-Analyse lagen. Die Beständigkeit des Klebstoffs und dessen Haftung auf den zu klebenden Substraten gegen Reinigungsmittel wurde an Klebstoffsubstanzproben und Schältests geprüft, wobei keine signifikanten Abminderungen der Festigkeit und Haftung festgestellt wurden.

Da der Lastfall »geöffnete Fensterklappe« jedoch mehr einer statischen Dauerbeanspruchung des Klebstoffs entspricht, wurden zusätzlich Zeitstandversuche über 1500 Stunden Versuchsdauer auf verschiedenen Lastniveaus an den Einzelklebungen durchgeführt, wobei ebenfalls keine Kriechverformungen oder abgeminderte Restfestigkeiten festgestellt wurden. Zusätzlich wurden Versuche an bauteilähnlichen Proben durchgeführt, um die an den deutlich skalierten Einzelklebungen durchgeführten Zeitstandversuche abzusichern und außerdem den Aspekt der zeitlichen Abfolge von wechselnder Scher- und Schälbeanspruchung der Klebschicht zu berücksichtigen.

Hierbei wurden die skalierten Belastungen, die im Laufe der Lebensdauer von 15 Jahren während der zu erwartenden 55.000 Öffnungs- und Schließvorgänge auftreten, mittels Pneumatikzylindern aufgebracht. Auch diese experimentelle Laborerprobung bestand die Klebverbindung ohne jegliche Auffälligkeiten. Hierdurch wurde abschließend nachgewiesen, dass die Beanspruchbarkeit der Klebung über den ermittelten Beanspruchungen liegt und so ein sicherer Betrieb der Fensterklappe gewährleistet ist.

Durch konsequente Anwendung der neuen DIN 2304-1 konnte für die neue Kapselfüllmaschine »FEC40« von Fette Compacting eine in Bezug auf Design und Funktion anspruchsvolle klebtechnische Fertigung der Fensterklappen realisiert werden. Diese Anwendung zeigt einmal mehr eindrucksvoll, wie die Klebtechnik zur Entwicklung und Umsetzung innovativer Produktideen beitragen kann.

● INFO zum Unternehmen:  
Fette Compacting GmbH  
21493 Schwarzenbek  
www.fette-compacting.com