

KLEBSTOFF-ENGINEERING

Kriterien für erfolgreiche Verbindungen in der Serienfertigung

Wichtige Voraussetzung für stabile und dauerhafte Verbindungen zwischen verschiedensten Materialien ist die Erfüllung einer Reihe von normativen und gesetzlichen Anforderungen. Der Klebtechnik kommt in diesem Kontext eine vorrangige Bedeutung zu. Welche Faktoren müssen beachtet werden, um der Vision einer Serienproduktion mit Losgröße 1 ein Stück näher zu kommen?

WILLI SCHWOTZER

Im strukturellen Leichtbau gilt die Klebtechnik als Verbindungstechnik der ersten Wahl (Bild 1), weil sie sich wie keine andere Methode dazu eignet, unterschiedlichste Materialien zu verbinden, Lasten flächig und spannungsarm abzuleiten, Ermüdungsbelastungen auszuhalten, Materialtoleranzen auszugleichen und thermische Belastungen bei der Verarbeitung zu vermeiden. Bild 2 vermittelt einen Eindruck über die vielfältigen Anwendungen der Klebtechnik. Nicht zuletzt besteht einer der großen Vorteile der Klebtechnik in ihrer Automatisierbarkeit, die sie auszeichnet für die Serienfertigung einsetzbar macht.

Drei Kriterien für erfolgreiches Kleben

Das Ziel des Leichtbaus besteht bekanntlich darin, unter optimaler Schonung von materiellen und energetischen Ressourcen funktionale und ästhetisch ansprechende Strukturen zu schaffen. Zukünftig sollte also auf massive Konstruktionen aus Materialien hoher Dichte verzichtet werden. Stattdessen gilt es,

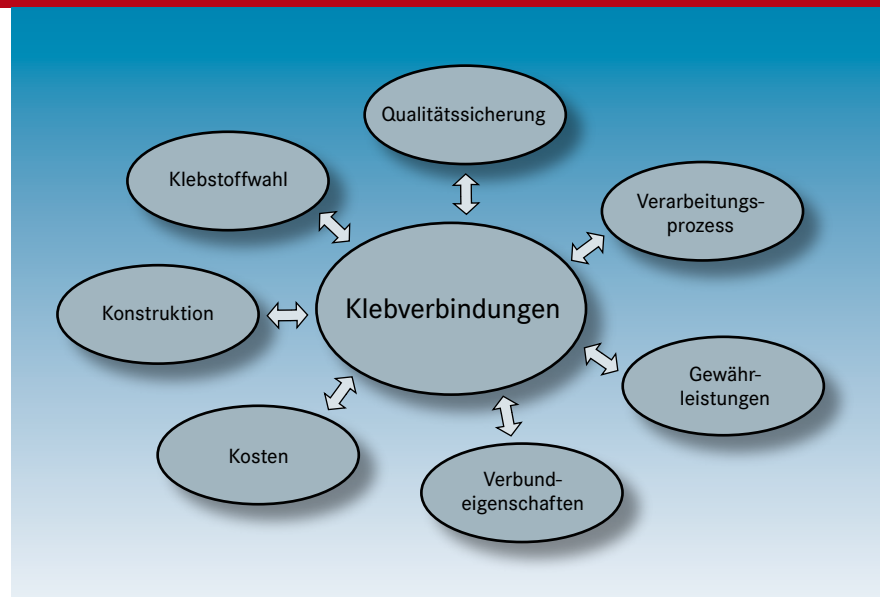


Bild 1: Vernetzung von Erfolgsfaktoren bei Klebverbindungen



Festigkeiten und Stabilitäten mittels konstruktiver Methoden zu erlangen und dabei vorzugsweise dünne und spezifisch leichte Materialien zu verwenden. Bei der erfolgreichen Verklebung solcher Elemente stehen drei Kriterien im Vordergrund:

- die konstruktive Auslegung der Klebfuge
- die Wahl der geeigneten Klebstofftechnik
- die sachkundige Applikation.

Anwendungsbedingt können weitere Kriterien hinzukommen – beispielsweise Brandschutz, spezielle klimatische Belastungen, elektrische Eigenschaften, ästhetische Kriterien, etc.

Fugenkonstruktion

Erfolg oder Versagen einer Klebstoff-Fuge werden ihr oft schon bei der technischen Auslegung in die Wiege gelegt. Hier gilt es, die Stärken des Klebstoffes zu nutzen und dessen Einschränkungen

kungen zu meiden. Klebstoffe tragen Lasten über die Fläche ab, ergo müssen diese Flächen geschaffen werden. Klebstoffe verhalten sich hervorragend bei Zug- und Scherbelastungen und sind notorisch schwach gegenüber Schälkräften. Daher muss der Konstrukteur die Fugen in die Zug- und Scherzonen legen.

Klebstoffwahl

Oft wird der Klebstoff vom konstruierenden Ingenieur als notwendiges Übel statt Teil der Gesamtkonstruktion angesehen. Dabei wird übersehen, dass Klebstoffe zur Klasse der modernen Kunststoffe zählen. Durch die geeignete Auswahl der Komponenten können Klebstoffe bezüglich ihrer Eigenschaften in einem breiten Anwendungsspektrum maßgeschneidert werden. Dies trifft für die mechanischen Eigenschaften wie E-Modul oder das thermo-mechanische Verhalten ebenso zu wie für die chemische Widerstandskraft gegenüber äußeren Einwirkungen. Mittels mehrschichtiger Systeme (Mehrschicht-Klebefilme) können Oberflächen unterschiedlichster Natur verbunden werden. Die so genannten „Alleskleber“ hingegen gehören in die Bastelkiste und nicht ins Handwerkszeug des Ingenieurs.

Applikation

Alle Bemühungen, die Klebfugen richtig auszulegen und den jeweils geeigneten Klebstoff auszuwählen, führen nicht zum erwünschten Ergebnis, wenn die Verarbeitung nicht stimmt. Wer mit falschen Auftragsmengen auf unsaubere Oberflächen klebt oder die Verarbeitungshinweise des Klebstoffherstellers missachtet, wird nicht erfolgreich kleben können. In der unsachgemäßen Applikation liegt ein Großteil späterer Schäden begründet. Durch eine sachgemäße Instruktion und Qualitätsüberwachung lassen sich somit große Einsparungen erzielen.

Funktionale Klebfugen

Es liegt in der Definition geklebter Verbindungen, dass ihre primäre Aufgabe darin besteht, Materialien zusammenzuhalten – und zwar so, dass die Festigkeit der Klebung diejenige des jeweils schwächeren Materials klar übertrifft (Materialversagen beim Bruchereignis). Damit sind aber die Möglichkeiten von Klebstoffen bei weitem noch nicht erschöpft. Klebstoff-Fugen können wichtige Zusatzfunktionen übernehmen. So können sie beispielsweise das Diffusionsverhalten von Gasen und Flüssigkeiten gezielt steuern oder definiert elektrisch leitfähig ausgerüstet werden. Das viskoelastische Verhalten lässt sich bei Bedarf so einstellen, dass das akustische Verhalten des Verbundes verbessert wird. Antimikrobielle oder flammhemmende Zusätze schützen vor ungewollten Umgebungseinflüssen.

Fachkundiges Kleben

Traditionell wird zur Lösung von Klebaufgaben zunächst die Beratung eines Klebstoffherstellers in Anspruch genommen. Dies scheint ein kostengünstiger Weg zu sein, denn die Hersteller verfügen über Spezialisten mit klebtechnischem Sachverstand und bieten diese Beratung überdies oft kostenlos an. Die Abgeltung der Dienstleistung erfolgt später durch den sich ergebenden Klebstoffverkauf. Große Unternehmen sind mehr und mehr dazu übergegangen, Klebspezialisten in den eigenen Reihen zu beschäftigen. Diese haben sich ihr Fachwissen mittels Zusatzausbildungen angeeignet. Institute wie beispielsweise das IFAM in Bremen führen Lehrgänge durch, welche stufengerecht zu europäisch anerkannten Abschlüssen als Klebstoffingenieur, Klebpraktiker oder Klebefachkraft führen. Sind diese beiden Varianten für Unternehmen aus welchen Gründen auch immer nicht geeignet, bietet sich ein Outsourcing des Klebstoff-Engineerings als sehr interessante dritte Möglichkeit an.



Technische Textilien



Sport: Bekleidung und Geräte



Glax: rahmenfreie Konstruktionen



Automotive: Airbag Konstruktion

Bild 2: Die Klebtechnik löst in allen möglichen Anwendungsbereichen verschiedenste Anforderungen

So präsentieren sich die Varianten im Vergleich:

- Die kostenlose Beratung durch den Klebstoffhersteller kann bei beiden Seiten zu Frustrationen führen, weil eine gegenseitige formelle Leistungsverpflichtung in der Regel nicht existiert. Weder ist der Hersteller verpflichtet, das Anliegen des Kunden mit vollem Engagement zu bearbeiten, noch ist der Kunde verpflichtet, im Anschluss an die Beratung auch tatsächlich beim Hersteller zu kaufen. Solange substantielle Geschäftsvolumina involviert sind, mag alles gut gehen. Bei komplexen Problemstellungen, hinter denen schlussendlich aber nur beschränkte Klebstoffmengen stehen, gerät dieses Geschäftsmodell leicht in Schieflage.
- Die Option für einen internen Spezialisten garantiert einen professionellen und effizienten Einsatz der Klebtechnik in der eigenen Geschäftsaktivität. Allerdings entstehen dadurch fixe Personalkosten, die sich nur Unternehmen ab einer bestimmten Größe leisten können.
- Die Fremdbeschaffung von Engineering Dienstleistung bietet den Vorteil, dass sie planbar ist und nur dann

Kosten verursacht, wenn man sie wirklich benötigt. Externe Spezialisten sammeln ihre Erfahrung in den unterschiedlichsten Branchen und sind daher eher vor Betriebsblindheit gefeit. Der Geschäftserfolg von Engineering Dienstleistern liegt einzig und allein darin, ihren Kunden Marktvorteile zu verschaffen – sei es durch Produktinnovation oder durch Effizienzsteigerung in der Produktion.

**Traumziel:
Serienfertigung mit Losgröße 1**

In Zeiten steigender Rohstoffpreise kommt der Optimierung der Fertigungsprozesse von Leichtbauelementen eine entscheidende Bedeutung zu. Grundsätzlich sind nur solche Prozesse wettbewerbsfähig, welche die Kostenvorteile einer Serienfertigung nutzen können. Auf der anderen Seite ist höchste Flexibilität bezüglich Materialauswahl, Dimensionierung der Teile und Kurzfristigkeit der Termine gefordert. Vereint werden diese Kriterien in der Vision einer Serienproduktion mit Losgröße 1. Zu ihrer Erfüllung und damit zum Nutzen des Herstellers von Leichtbauelementen kann ein professionelles Klebstoff-Engineering entscheidende Beiträge liefern.

Verdeutlichen lässt sich dies anhand der Herstellung von Sandwichelementen, die wegen ihres ausgezeichneten Gewichts-, Leistungs- und Kostenverhältnisses in allen Bereichen des konstruktiven Leichtbaus anzutreffen sind. Dabei kommt eine fast grenzenlos erscheinende Vielfalt von Deckschichten und Kernmaterialien zur Anwendung, die es miteinander zu verbinden gilt. Dabei ist Kleben die Verbindungstechnik der Wahl, weil die meist filigranen Strukturen der Einzelkomponenten keine mechanischen Befestigungen zulassen.

Nun ergeben sich folgende Problemstellungen: Die gewünschte Flexibilität bezüglich der Materialauswahl bedingt eine Anpassung des Klebstoffes bei Produktwechsel. Klebstoffwechsel aber ziehen stets einen aufwändigen Umrüstvorgang mit einem Reinigungsschritt nach sich, was Zeit und Geld kostet. Diesem Umstand wird durch die Herstellung von Standardware Rechnung getragen. Man produziert folglich große Serien von Elementen gleicher Zusammensetzung und Dimension. Diese Einschränkung wiederum kompromittiert die angestrebte Liefer-Flexibilität: Standardelemente müssen auf Lager produziert und bei Bestellung kommissioniert werden. Das kostet Aufwand und verursacht Ausschuss.

Die Analyse des Fertigungsprozesses und die klebtechnische Umsetzung der Erkenntnisse führen zu einem völlig neuen Herstellungskonzept. Wird nämlich an Stelle pastöser Klebstoffe ein mehrschichtiger Klebfilm, also ein ‚Klebstoff von der Rolle‘, eingesetzt, werden die Umrüstzeiten minimal und dadurch die kostengünstigen Losgrößen fast beliebig klein. Dadurch können die Lagermengen klein, die Lieferzeiten kurz und die Abfallmengen minimal gehalten werden. Zum Nutzen der gesamten Leistungserbringungskette. Bild 3 zeigt eine mögliche Anordnung zur kontinuierlichen Herstellung von Sandwichelementen

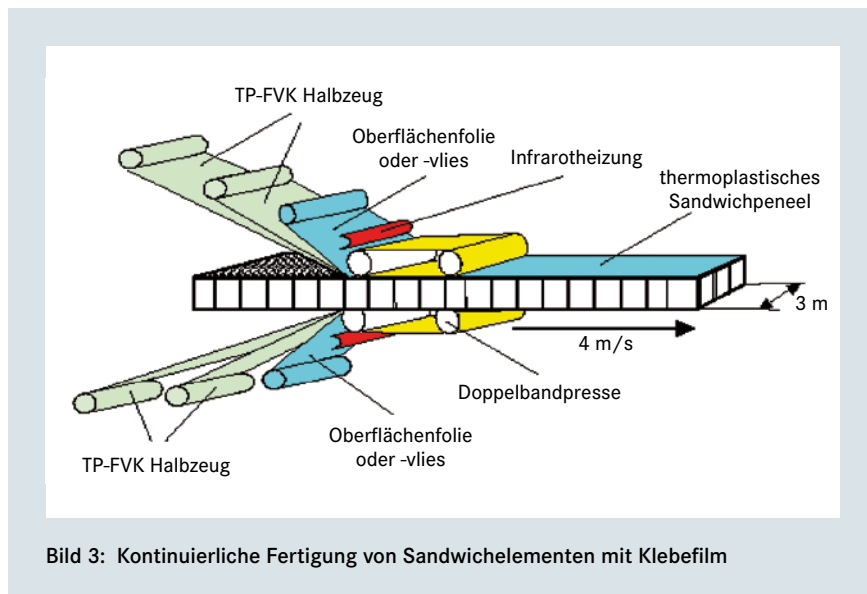


Bild 3: Kontinuierliche Fertigung von Sandwichelementen mit Klebfilm

ten. Kern- und Oberflächenmaterial (welches auch ein Blech oder eine GFK-Platte sein kann) werden gleichzeitig mit dem Klebefilm (TP-FKH) der Presse zugefügt. Der thermoplastische Klebefilm wird kurz vor dem Pressvorgang über Infrarotstrahler auf die Verklebungstemperatur aufgeheizt.

Höchsten Anforderungen gewachsen

Als zweites Beispiel sei der Innenausbau des Bahntunnels auf der neuen Lötschberglinie erwähnt. Es bestand die Aufgabe, Spezialcontainer zu entwickeln, welche die elektronischen Geräte zur Steuerung und Überwachung des Zugverkehrs beherbergen. Insgesamt 120 Container wurden außerhalb des Tunnels fertig bestückt und ausgetestet, um anschließend betriebsbereit entlang der Tunnelstrecke montiert zu werden (Bild 4). Das Anforderungsprofil an die Konstruktion war ausgesprochen ambitioniert:

- Die Container sind durch die vorbeifahrenden Züge hohen Druckschwankungen und Vibrationen ausgesetzt.
- Die Kriterien F30 für Feuerwiderstand mussten erfüllt sein.
- Alle verwendeten Materialien mussten selbstverlöschend sein und dürfen unter externer Hitzeeinwirkung nur eine schwache Rauchentwicklung aufweisen.
- Die Konstruktion muss dem Klima im Tunnel (feucht-warm mit Schwankungen) gewachsen sein.
- Es musste der Nachweis für eine Lebensdauer von mehr als 25 Jahren erbracht werden.

Zur Lösung dieser Aufgabe standen der Herstellerfirma bereits bei der Materialauswahl und der konstruktiven Auslegung der Container Klebtechnikspezialisten beratend zur Seite. Bei der Entwicklung, Herstellung und Austestung des geeigneten Klebstoffes übernahmen diese nicht nur die Federführung, sondern auch die Verantwortung



Bild 4: Container für die Überwachung des Zugverkehrs im Lötschbergtunnel

der verbrieften Produktspezifikationen. Zu diesem Zweck wurden die Sachversicherer von Anfang an in das Projekt involviert, um eine professionelle Risikobeurteilung sicherzustellen. Die Ausführung der Klebarbeiten erfolgte nach Instruktion und unter technischer Begleitung des Klebtechnikspezialisten. Der Nutzen für alle Beteiligten war groß. Es sind dies die Bahn, der Containerhersteller, der Klebstofflieferant und nicht zuletzt die Versicherung, die das finanzielle Risiko abdeckt.

Fazit

Mit der zunehmenden Bedeutung von Leichtbauweisen steigt auch die Wichtigkeit eines professionellen Klebstoff-Engineerings. Mit Hilfe eines eigens darauf spezialisierten Engineering-Dienstleisters können über die gesamte Fertigungskette folgende Nutzenpotenziale ausgeschöpft werden: So können klare Planzahlen bezüglich Kosten und Termine vorgegeben werden; Fixkosten durch interne Dienststellen fallen weg. Außerdem ergeben sich größere Chancen zur Prozessoptimierung durch Ver-

meidung von Betriebsblindheit und Nutzung von Know-how Netzwerken. Wichtiger Vorteil ist ferner, dass keine Abhängigkeiten vom Sortiment eines einzigen Herstellers entstehen. ■

Der Autor Quellenverweis

Dr. Willi Schwotzer leitet den Bereich Technologien und Know-how Management der Collano Gruppe in Sempach Station, Schweiz
E-Mail: willi.schwotzer@nolax.com