



SwissPlastics

Das Schweizer Magazin für die Kunststoffindustrie

FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

FRANK EHRIG
FLORIAN GSCHWEND

Machbarkeitsstudie über die Herstellung von
Bauteilen mit integrierter Klebefunktion

Kleben on demand



Institut für Werkstofftechnik
und Kunststoffverarbeitung

— GEBERT RUF STIFTUNG —
WISSENSCHAFT · BEWEGEN

Machbarkeitsstudie über die Herstellung von Bauteilen mit integrierter Klebefunktion

Kleben on demand

Das IWK hat sich unter anderem auf dem Gebiet des Leichtbaus und der Multimaterialanwendungen spezialisiert. Grundsätzlich sollte bei einem Bauteil jeder Werkstoff dort eingesetzt werden, wo er sich aufgrund seiner Eigenschaften am besten eignet. Dies ist jedoch nur möglich, wenn die einzelnen Werkstoffe auch optimal miteinander verbunden werden können. Der Verbindungstechnik der verschiedenen Materialien kommt daher besondere Bedeutung zu.



Bilder: zvg

Die Klebetechnik als Verbindungstechnologie kommt in modernen Produktionen immer häufiger zum Einsatz. Unterschiedliche Werkstoffe lassen sich auf diese Weise flächig, energiesparend und ohne Zusatzteile dauerhaft miteinander verbinden. Für die schnelle Montage von Bauteilen oder die Integration verschiedener Werkstoffe wünschen sich Verarbeiter, aber auch Endkunden, ein mit Klebstoff ausgerüstetes Bauteil. Eine weitere Wunschforderung ist das Kleben «on demand», das heisst der Klebstoff soll ab der Montage kleben und für eine Demontage «abgeschaltet» werden können.

Das Projekt Kleben on demand geht einen neuartigen Weg und integriert die Klebstoffschicht direkt in eine Bauteilkomponente. Zum einen wird für die Insert- oder Onserttechnik mit Metallkomponenten gearbeitet, die mit einer Haftvermittlerschicht für Kunststoffe versehen sind. Zum anderen wird für andere Werkstoffkombinationen im Mehrkomponentenspritzgiessen ein Schmelzklebstoff als zweite Kompo-

Prof. Dr.-Ing. Frank Ehrig
Leiter des Instituts für Werkstofftechnik und Kunststoffverarbeitung (IWK) an der HSR Hochschule für Technik Rapperswil

Dipl.-Ing. Florian Gschwend, wissenschaftlicher Mitarbeiter am IWK

nente verwendet, der dann für den Fügeprozess aktiviert werden kann. Der Fügeprozess erfolgt durch thermische Aktivierung des Haftvermittlers bzw. des Schmelzklebers durch ein elektrisches Wechselfeld. Dieses Wechselfeld kann auch verwendet werden, um die Komponenten zu demontieren. Im Rahmen des Projektes, welches von der Gebert RUF Stiftung gefördert wird, soll die technische und wirtschaftliche Machbarkeit dieser Projektidee bewertet werden.

Hybridtechnik: Fügen von beschichteten Metallteilen

Die Hybridtechnologie als Verbindung von Kunststoff-Metall-Komponenten ist ein etabliertes Beispiel für die Kombination der Vorteile von Metall und Kunststoff in einem Formteil mittels Verbundkonstruktion. Umfangreiche Anwendungen finden sich als Insert- und Onsert-Technik zum Beispiel im Bereich der Elektro- und Elektronikindustrie, in der Automobilindustrie oder auch im klassischen Maschinenbau.

Für einige dieser Anwendungen, insbesondere bei geringeren Stückzahlen, ist die schnelle Fixierung von Kunststoff- und Metallkomponenten in einem Montageprozess wünschenswert. Andere Anwendungen, wie zum Beispiel Steckverbindungen, verlangen eine mediendichte Verbindung zwischen den Werkstoffen, um zum Beispiel elektronische Komponenten vor den Einflüssen von Staub, Feuchtigkeit oder anderen Umgebungsmedien zu schützen. Eine Schwachstelle stellt hierbei insbesondere die Grenzfläche zwischen Kunststoff- und Metall dar, da hier das Medium schnell ein- und durch Kapillarwirkung vordringen kann. Für solche Anwendungen wäre eine stoffschlüssige Verbindung vorteilhaft, die eine gute Dichtwirkung gewährleistet.

Der Einsatz von Metallkomponenten mit Haftvermittlern ist am IWK aus zahlreichen Projekten für dekorative Anwendungen bekannt. Die Kombination von Metallfolien mit Kunststoff ermöglicht hier neue Designmöglichkeiten sowie eine Preis- und Gewichtsreduktion im Vergleich zu klassischen Technologien. Das hier erarbeitete Know-how soll nun auf andere Hybridbauteile übertragen werden.

Im Rahmen der Untersuchungen werden metallische Halbzeuge aus Aluminium und Edelstahl, die mit einem Haftsystem ausgerüstet sind, mit verschiedenen Kunststoffhalbzeugen aus Polyamid oder ABS verklebt. Hierzu werden beide Halbzeuge in ein elektrisches Wechselfeld gebracht. Das Metall erwärmt sich, wodurch das Haftsystem aktiviert wird. Dies führt unter Druck zur Verbindung mit dem Kunststoff. Zur Bewertung erster Fügeversuche hinsichtlich der Haftungseigenschaften wur-

de zunächst eine Anpressvorrichtung entwickelt und gebaut, um die Reproduzierbarkeit sicherzustellen (Abb. 1). Sie erlaubt eine genaue Positionierung und gewährleistet eine definierte Anpresskraft.

Über einen Pneumatikzylinder wird das Onsert auf das Substrat angedrückt, welches auf dem Induktor (IFF GmbH, Ismaning) aufliegt. Der auf das Onsert aufgebrachte Anpressring verteilt die Anpresskraft des Pneumatikzylinders gleichmässig auf die Kontaktfläche zwischen Onsert und Substrat. Der Anpressdruck wird über einen Pneumatikregler eingestellt.

Für erste Untersuchungen wurden 1 mm dicke Edelstahlbleche mit Haftvermittler der Firma Hühoc Metalloberflächenveredelung GmbH, D-Wuppertal, sowie Onserts aus PA verwendet. Hierbei handelt es sich um rotationssymmetrische Bauteile, die eine Einschraubmöglichkeit besitzen, um daran etwas zu befestigen. Diese Geometrie eignet sich auch bestens dazu, die Klebefestigkeit anhand eines Abreissversuchs aus der Zugmaschine zu ermitteln.

Für die Fügeversuche sind folgende Parameter von Bedeutung:

- Die Frequenz [kHz] des Generators, welcher den Induktor speist.
- Die Energie [%] bezeichnet den aufgetragenen Energieanteil der Gesamtenergie (Nennleistung des Generators PN = 5 kW).
- Die Fügezeit [s] entspricht der Induktionszeit.
- Die Anpresskraft [F] wird über einen Pneumatikregler eingestellt und über den Zylinder aufgetragen.

Nachfolgende Tabelle zeigt einige Versuche mit den jeweiligen Herstellungsparametern. Bei allen Proben beträgt die Anpresskraft ca. 480 N.

Gruppe	Frequenz	Energie	Induktionszeit
A	20 kHz	200%	16 s
B	20 kHz	220%	8,5 s
C	20 kHz	200%	15 s

Die gefügten Bauteile wurden anschliessend auf der Zugprüfmaschine hinsichtlich der Haftung geprüft. Die Ergebnisse sind in Abbildung 2 dargestellt.

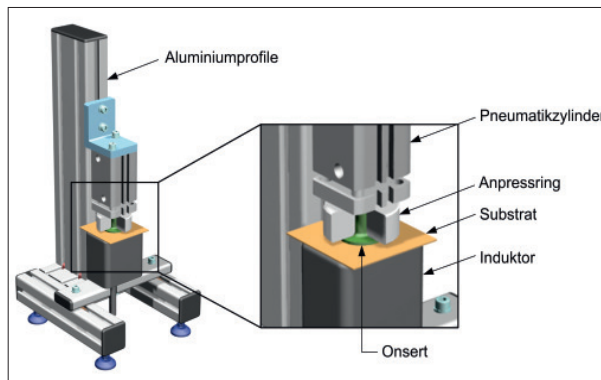


Abb. 1: Anpressvorrichtung schematisch.

In den Gruppen A und B wurden einheitliche Ergebnisse auf hohem Abzugskraftniveau erzielt. Es hat sich gezeigt, dass ein zyklisch gleichbleibender Prozess unabdingbar ist, um repräsentative Ergebnisse zu erzielen. Die grossen Abweichungen in der Gruppe C können mit einer nicht exakt parallelen Ausrichtung der Anpresseinheit zusammenhängen. Für eine optimale Klebeverbindung müssen die Auflagefläche des Induktors und die Anpressfläche des Pneumatikzylinders parallel sein, um eine gleichmässige Aufbringung der Anpresskraft gewährleisten zu können. Aufbauend auf diesen ersten Versuchen werden weitere mit unterschiedlichen Materialkombinationen und Fügeparametern durchgeführt. Neben der Ermittlung der grundsätzlichen Haftungseigenschaften zwischen Metall und Kunststoff wird ebenfalls die Praxistauglichkeit der Füge-technologie bewertet. Hier sind die Betrachtung der Fügezeiten und -kräfte sowie der notwendige apparative Aufwand zu nennen.

Integration einer Schmelzkleberschicht

Bei Materialkombinationen für FVK-Strukturen ist die Gestaltung der Verbindungsstellen, welche oft eine Schwachstelle des Systems darstellen, von zentraler Bedeutung. Im Rahmen eines von der Gebert RUF Stiftung geförderten Forschungsprojektes wurden die meist metallischen Krafteinleitungselemente hinsichtlich einer optimalen Krafteinleitung entwickelt und optimiert. Um Kräfte in kontinuierlich faserverstärkte Kunststoffe einzuleiten, werden die Krafteinleitungselemente unter anderem auf die FVK-Struktur aufgeklebt (Onsert). Im Rahmen des

Herstellungsprozesses und der Montage von FVK-Strukturen wäre eine schnelle Befestigung von mit Klebstoff versehenen Krafteinleitungselementen wünschenswert.

Aus diesem Grund werden die Befestigungselemente mit einer Schmelzkleberschicht versehen, die bei der Montage schnell aufgeschmolzen werden soll. Auch im Rahmen dieses Teilprojektes soll aufgrund der schnellen Energieeinbringung die Fügung mithilfe eines elektrischen Wechselfeldes geschehen. Im Falle eines metallischen Befestigungselementes wird die Wärme dann über Wärmeleitung in den Schmelzklebstoff eingebracht. Im Falle eines nichtmetallischen Befestigungselementes muss der Schmelzklebstoff anderweitig aufgeschmolzen werden. Dies kann durch metallische Füllstoffe oder Einlege-teile realisiert werden. Die Grösse dieser metallischen Komponenten beeinflusst den notwendigen Energieeintrag. Neben Nanopartikeln wurden deshalb metallische Pulver und Fasern sowie Folien, Gitter und Einlege-teile definiert.

Abbildung 3 zeigt in einer Übersicht die verschiedenen Füllstoffe mit den zugehörigen Dimensionen, dem Energieeintrag und den potenziellen Anwendungen.

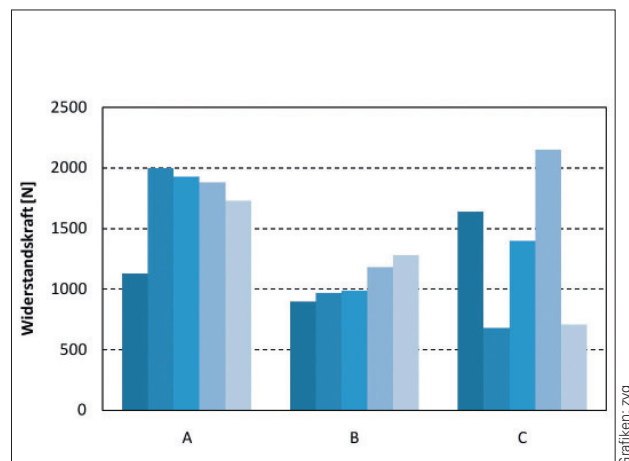


Abb. 2: Ergebnisse mit Haftvermittlerblech.

Für eine prozesssichere Verarbeitung des Schmelzklebstoffs im Spritzgiessprozess muss sichergestellt werden, dass der im Spritzgiesswerkzeug erkaltete Schmelzklebstoff sich wieder von der Werkzeugoberfläche löst. Daher wurde eine spezielle Beschichtung für die Werkzeugoberflächen evaluiert und umgesetzt. Es wurden verschiedene

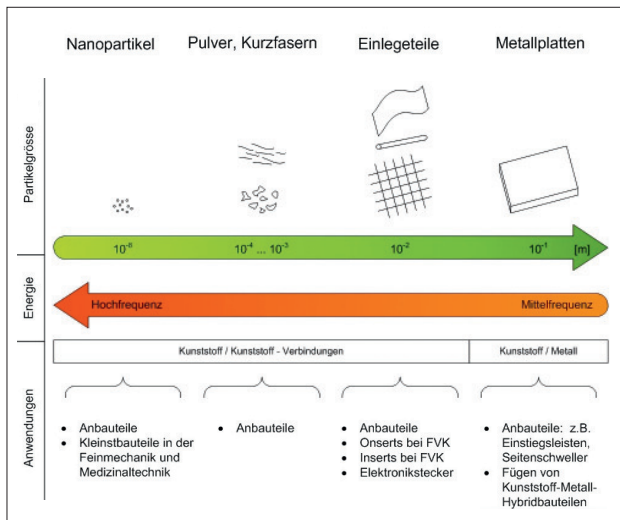


Abb. 3: Verwendete Füllstoffe und Einlegeteile im Überblick.

Oberflächenbeschichtungen untersucht, welche sich in unbehandelte Metalloberflächen, strukturierte Metalloberflächen (z.B. sandgestrahlt) und Oberflächenbeschichtungen (z.B. PTFE) unterteilen lassen. Eine PTFE-Schicht zeigte die besten Antihafteigenschaften. In verschiedenen Spritzgiessversuchen mit nanopartikelgefüllten Schmelzklebstoffen sowie mit metallischen Einlegeteilen wurden erfolgreich erste Probenkörper hergestellt (Abb. 4). Zunächst wurden die Viskositätsdaten der verwendeten Schmelzklebstoffe bestimmt, um Informationen über die Verarbeitung zu erhalten. Hierauf aufbauend wurden die notwendigen Prozessparameter ermittelt, indem insbesondere die Werkzeugtemperatur, die Schmelzetemperatur und der Spritzdruck variiert wurden.

Um die Onserts reproduzierbar

zu verkleben, wurde wiederum die bereits beschriebene Anpressvorrichtung eingesetzt.

Zunächst wurde das Aufschmelzen der Klebstoffschicht mittels Induktion analysiert. Es zeigte sich, dass die Nanopartikel allerdings einen hohen Energiebedarf benötigen, was den Einsatz einer Hochfrequenzanlage bedurfte. Bei den Einlegeteilen wurde lediglich Mittelfrequenz benötigt, was einerseits wirtschaftlich interessanter ist und andererseits die Flexibilität der Anwendung erhöht.

In Abbildung 5 ist der Temperaturanstieg in der Schmelzklebstoffschicht für verschiedene Einlegeteile bei gleichen Prozesseinstellungen dargestellt. Gemessen wurde jeweils die max. Temperatur nach Ablauf der Induktionszeit. Die folgende Tabelle zeigt die verwendeten Prozessparameter.

Frequenz	Energie	Induktionszeit
20 kHz	340%	10 s

Die Ergebnisse zeigen, dass bereits nach der kurzen Induktionszeit von 10 s bei allen drei Einlegeteilen Temperaturen von gut über 200°C erreicht werden. Diese Temperaturen reichen aus, um den umliegenden Schmelzklebstoff vollständig aufzuschmelzen. Die Energieeinbringung kann dabei sogar noch etwas reduziert werden.

Weitere Vorgehensweise

In Rahmen des weiteren Projektschritts werden in beiden Teilprojekten das Spektrum der möglichen Materialkombinationen analysiert und die Fertigungstechnik weiter vorangetrieben. Für interessierte Firmen bietet sich die Möglichkeit, ihre Anwendungen bewerten und die gewünschte Materialkombination austesten zu lassen.

Danksagung

Das Projekt wird von der GEBERT RÜF STIFTUNG ermöglicht, anschubfinanziert und begleitet.

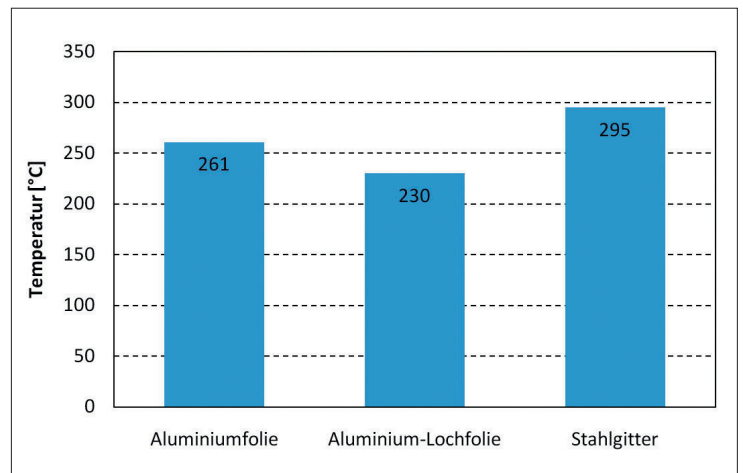


Abb. 5: Temperaturanstieg von unterschiedlichen Einlegeteilen.

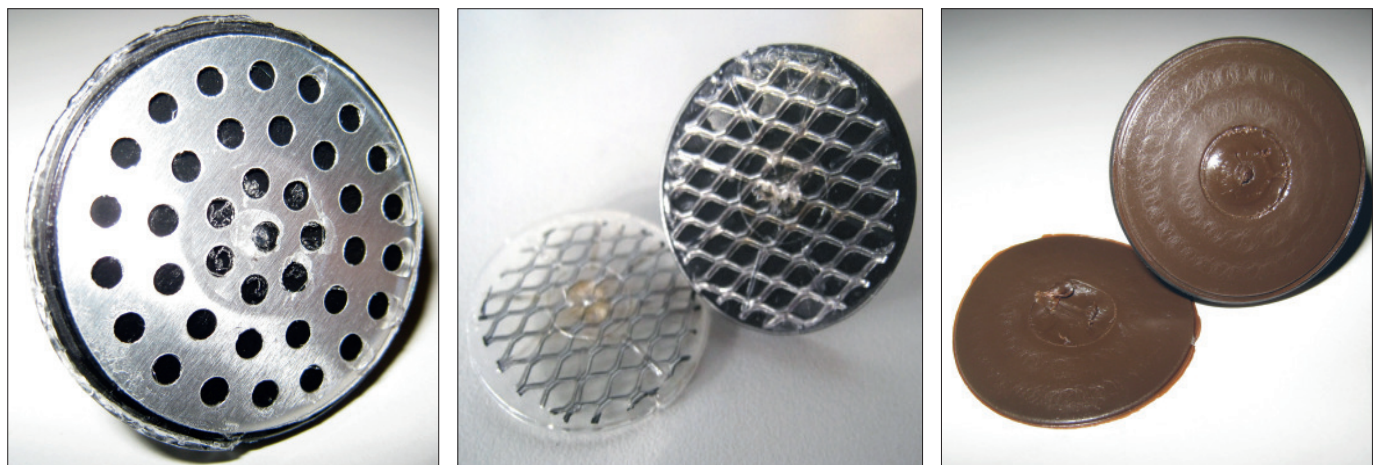


Abb. 4: Aluminium-Lochfolie, Stahlgitter, Nanopartikel (v.l.). Onsert mit Schmelzklebstoff und unterschiedlichen Füllstoffen/Einlegeteilen.