

ISSN: 1863-4699 Dichten → Ventile zeitgemäß abdichten S. 18

Kleben → Umfrageergebnisse: Kleben hat zwei „Gesichter“ S. 28

Polymer → Nachhaltige Werkstoff- und Dichtungslösungen – wir sind dabei S. 46

DICHT!

www.isgatec.com

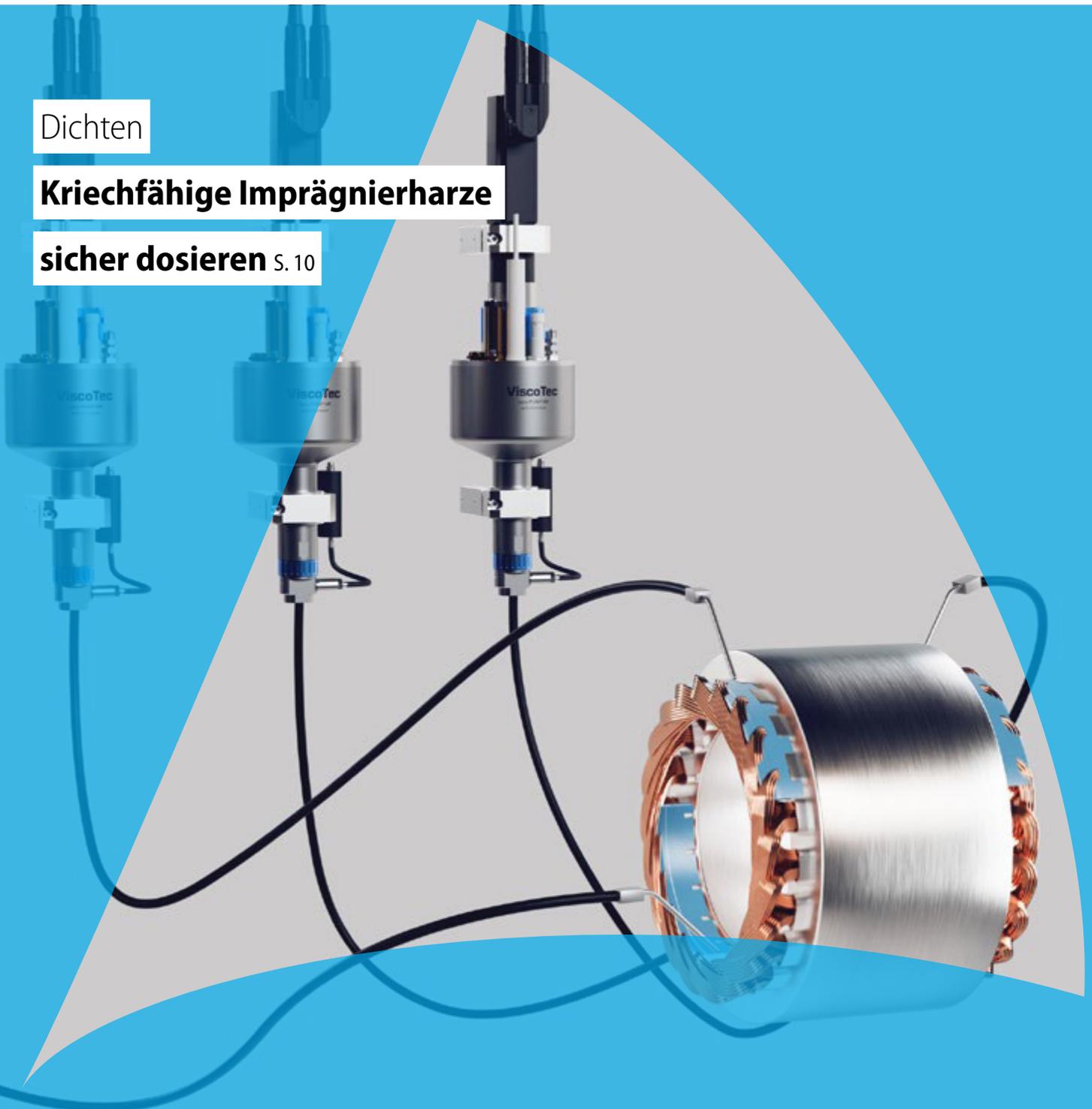
Dichten. Kleben. Polymer. verstehen

3.2024

Dichten

Kriechfähige Imprägnierharze

sicher dosieren S. 10



Neues Konzept für die Brennstoffzellenfertigung

Bipolarplatten effizient verkleben

AUTOMOTIVE ENERGIETECHNIK KLEBTECHNIK – Im Kontext der Energiewende spielt Wasserstoff eine zentrale Rolle. Er ermöglicht die Speicherung von Energie, die zuvor aus regenerativen Energiequellen gewonnen wurde und ist aufgrund seiner hohen Energiedichte und des verhältnismäßig guten Wirkungsgrads (Energieeffizienz) – verglichen mit e-Fuels – ein/e interessante/s Energiequelle bzw. Speichermedium – insbesondere im Bereich der Nutzfahrzeuge und stationärer Speichersysteme.

Für die Umwandlung von Wasserstoff in elektrische Energie kommen typischerweise Brennstoffzellen zum Einsatz, wobei bei der Umwandlung lediglich Wasser als „Abfall“ anfällt. Diese Technologie ist damit interessant für eine nachhaltige Energieversorgung und spielt auch eine wichtige Rolle bei der Elektrifizierung der Mobilität – insbesondere im Bereich der Nutzfahrzeuge. Ein zentraler Kostenfaktor bei Wasserstoff-Brennstoffzellen sind die Bipolarplatten, die in jeder Zelle eines Brennstoffzellenstacks vorkommen (i.d.R. zwischen 100 und bis zu 400 Bipolarplatten/Stack) [1]. Diese Platten werden meist aus Bipolarhalbplatten (oder auch Monoplaten genannt) durch Verkleben hergestellt. Um die Kosten von Bipolarplatten zu optimieren, ist es wichtig Entwicklungswandlungen zu reduzieren und die Taktzeiten bei der Herstellung zu minimieren. Angestrebt werden derzeit Taktzeiten < 1s.

Das Gesamtkonzept

Effizienz entsteht auch hier über ein Gesamt-

konzept von Drei Bond (Bild 1) – idealerweise von der Evaluierung des geeigneten Klebstoffs im Labor, über eine flexible, aber wiederholgenaue Applikation des Klebstoffs während der Prototypenphase bis zur Serienfertigung. Dabei hat es sich bewährt, dass Lösungen aus einer Hand realisiert werden und Klebstoffe und Dosieranlagen optimal aufeinander abgestimmt sind. Das trägt mit dazu bei, die Produktion von grafitischen Bipolarplatten für Wasserstoff-Brennstoffzellen effizienter und wirtschaftlicher zu gestalten.

Spezialklebstoff für Brennstoffzellen

Im Rahmen des hier vorgestellten Konzeptes wurde ein Klebstoff entwickelt, der auf die Anforderungen der Herstellung grafitischer Bipolarplatten abgestimmt ist. Mit Hinblick auf die Applikationstechnik, ist es dabei essenziell ein Klebstoffsystem zu wählen, das sowohl einen flexiblen Auftrag während der Prototypenphase erlaubt als auch für Applikationstechniken geeignet ist, die die in der Serienfertigung angestrebten geringen Taktzeiten ermöglichen. Damit können 2K-Systeme oder Klebstoffe, die durch Feuchtigkeit aushärten, als ungeeignet ausgeschlossen werden. Die Begründung dafür liegt darin, dass die geringen Taktzeiten (bei typischerweise relativ großen Klebkonturen) ausschließlich mit verschiedenen Drucktechniken zu realisieren sind. Dabei verbleiben Teile des Klebstoffs lange in der Anlage und dürfen in dieser Zeit ihre Eigenschaften (insbesondere die Viskosität) nicht signifikant verändern, da ein stabiles Druckbild stark von dem Fließverhalten eines Klebstoffs abhängt. Die Wahl fiel daher auf einen heißhär-

tenden 1K-Klebstoff. Auch bei diesem Klebstoffsystem ist die Betrachtung der benötigten schnellen Aushärtbarkeit bei gleichzeitig hoher Lagerstabilität ein wichtiger Aspekt, da beide Eigenschaften sich konträr verhalten. Dabei kommt erschwerend hinzu, dass mit steigender Temperatur die Viskosität einer Flüssigkeit i.d.R. deutlich abnimmt und da auf der Oberfläche grafitischer Bipolarplatten starke Kapillarkräfte wirken, können Flüssigkeiten schnell „eingesogen“ werden (Docht-Effekt). Ein massives Eindiffundieren des Klebstoffs ist meist jedoch unerwünscht, da es potenziell die Funktion der Bipolarplatten negativ beeinflussen kann. Auch kann die Viskosität der Formulierung nicht über die Maßen erhöht werden, da sonst der stabile Auftrag mittels verschiedener Applikationstechniken nicht mehr möglich ist. All diese Aspekte müssen entsprechend bei einem Klebstoff für diese Anwendung berücksichtigt und aufeinander abgestimmt werden – d.h. während es für die Aushärtegeschwindigkeit positiv ist, die Temperatur möglichst schnell und möglichst weit zu erhöhen, ist dies in Hinblick auf den Abfall der Viskosität und damit das Eindiffundieren in die Bipolarplatten problematisch. Wählt man ein System, das bereits bei möglichst niedrigen Temperaturen beginnt auszuhärten, unterstützt dies eine schnelle Reaktion und vermindert die Tendenz des Klebstoffs, in die Platten einzufließen, gleichzeitig reduziert es jedoch die Lagerstabilität und Stabilität in der Applikationsanlage. Erhöht man generell die Viskosität der Formulierung, um den Docht-Effekt abzuschwächen, ist das Produkt schnell so „zäh“, dass es zu Fehlerbildern beim Auftrag kommt.

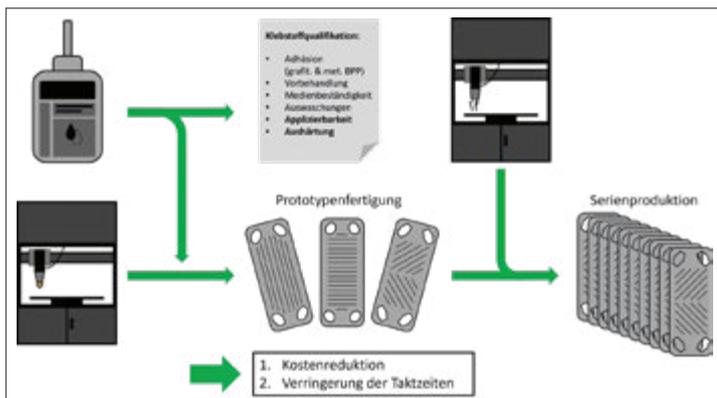


Bild 1:
Gesamtkonzept für hohe Prozesssicherheit und Wirtschaftlichkeit
(Bild: Drei Bond GmbH)

Bei der Formulierung des Klebstoffes wurden diese Aspekte durch die Kombination eines speziellen Systems, bestehend aus einem latenten Beschleuniger und einem latenten Härter, in Einklang gebracht. Während die Aushärtung erst bei relativ hohen Temperaturen beginnt und somit eine ausreichende Stabilität der Formulierung – sowohl während der Lagerung als auch in der Anlage – sichergestellt wird, ist die Vernetzungsreaktion und damit der Viskositätsanstieg anschließend sehr schnell und reduziert den

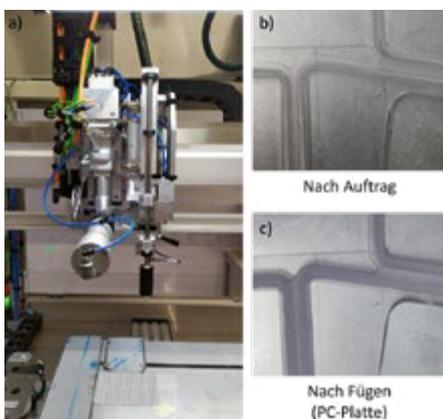
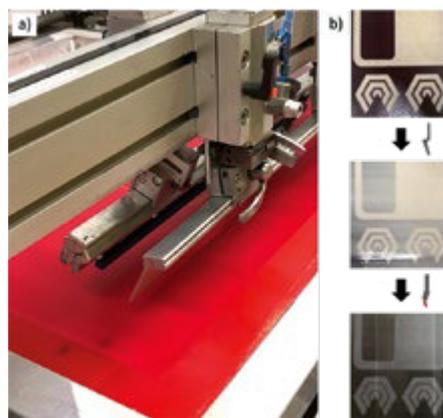


Bild 2: a) Technikumsanlage für die Raupenapplikation, b) Klebstoffapplikation mit naheliegenden Raupen, c) beim Verpressen mit einer PC-Platte wird das korrekte Verfließen des Klebstoffs überprüft. Die Bedingung, dass nach dem Fügen ein Spalt zwischen den Klebstoffraupen bestehen bleiben muss, wurde erfolgreich umgesetzt (Bild: Drei Bond GmbH)

Bild 3: a) Siebdruckanlage zum teilautomatisierten Auftrag auf Bipolarplatten, b) Schritte bei den manuellen Vorversuchen zur Erprobung der Eignung des Klebstoffes. Von oben nach unten: Druckmuster ohne Klebstoff – Druckmuster nach dem Fluten – Druckbild nach dem Abnehmen des Siebs. Das Druckbild zeigt einen gleichmäßigen Klebstoffauftrag ohne signifikantes Verfließen (Bild: Drei Bond GmbH)



Docht-Effekt signifikant. Dadurch ist es möglich die Formulierung bei einem massiven Temperaturanstieg und bis zu 220 °C innerhalb von weniger als 1 min. auszuhärten, ohne dass das Produkt zu stark in die Bipolar-Halbplatten einfließt. Darüber hinaus gibt es hohe Anforderungen hinsichtlich der Beständigkeit gegenüber dem Kühlmedium sowie Beschränkungen hinsichtlich der Bestandteile, die durch das Kühlmedium ausgewaschen werden. Die Eignung des neuen Klebstoffes wurde diesbezüglich durch Immersionstests über 5.000 h bestätigt.

Automatisierung in der Prototypenphase

Ein Schlüsselaspekt bei der gesamtheitlichen Betrachtung der Anwendung ist der automatisierte Auftrag des Klebstoffs zur Fertigung von Prototypen und Kleinserien. Für den Aufbau von Prototypen ist es wichtig, dass die Applikationstechnik eine hohe Flexibilität hinsichtlich des Auftragsbildes ermöglicht und zudem präzise und wiederholgenau den Klebstoff nach Vorgaben dosiert. Dadurch wird es ermöglicht, die Auswirkungen von Änderungen, wie z.B. der Geometrie oder des Flussfelds oder auch der aufgetragenen Klebstoffmenge, zu erproben und Fehler durch einen manuellen Auftrag auszuschließen. Diese Vorteile vereint die Raupenapplikation mittels Portalroboter und steht zudem für Kundenversuche im Technikum zur Verfügung.

Da keine speziellen Werkzeuge für den Klebstoffauftrag gefertigt werden müssen, können mit geringem Zeitaufwand verschiedene Konturen einprogrammiert und somit unterschiedliche Bipolarplatten-Designs erprobt werden. Das Auftragsvolumen kann dabei in einem großen Bereich variiert und die ideale Menge durch Wägeversuche, kombiniert mit Verpressversuchen mit Polycarbonat-Platten zum Überprüfen des korrekten Auftragsbildes, erprobt werden (Bild 2). Die Auftragszeiten pro Bipolarplatte liegen bei der Raupenapplikation im Bereich von 20 bis 60 s, sodass die Fertigung von vollständigen Stacks in einem überschaubaren Zeitfenster möglich ist.

Für diese Applikationstechnik ausschlaggebende Eigenschaften, wie z.B. das Fließverhalten, wurden bei der Formulierung des Kleb-

stoffes explizit berücksichtigt, weshalb das Produkt gut für die Raupenapplikation geeignet ist und sich mit dieser Technik präzise auftragen lässt. Da es sich um einen heißhärtenden Klebstoff handelt, gibt es zudem keine strengen Einschränkungen hinsichtlich der Fügezeiten der Bauteile, sodass optische Kontrollen nach dem Auftrag oder das exakte Positionieren und Verpressen der Bauteile ohne strikte zeitliche Limitationen möglich sind. Das ist im Prototypenbau ein großer Vorteil.

Nahtloser und effizienter Übertrag zur Serienproduktion

Nach der Entwicklung und Qualifizierung eines geeigneten Klebstoffs und den Erprobungen während der Prototypenphase, folgt der Schritt zur Serienproduktion. Die Anforderungen an die Applikationstechniken sind dabei teilweise abweichend von der Prototypenfertigung. Eine hohe Flexibilität hinsichtlich des Auftrags steht nun nicht mehr im Fokus. Stattdessen rücken extrem geringe Taktzeiten in den Vordergrund, damit die angestrebten sehr hohen Stückzahlen realisiert werden können. In puncto Geschwindigkeit bieten dies insbesondere Drucktechniken, wie z.B. der Siebdruck.

Auch hinsichtlich der Siebdrucktechnik ist eine Abstimmung zwischen Applikationstechnik und Klebstoff essenziell. Da beim Druck stets nur ein gewisser Teil des im Sieb befindlichen Klebstoffs auf das Bauteil übertragen wird, kann Klebstoff teilweise sehr lange auf dem Sieb verbleiben. Um ein stabiles Auftragsbild zu ermöglichen wird ein Klebstoff oftmals auf Temperaturen von z.B. 35 °C im Sieb temperiert. Unter diesen Bedingungen muss der Klebstoff also eine ausreichende Stabilität besitzen, sodass sich weder das Auftragsbild signifikant verändert noch häufige Siebwechsel- und -reinigungsintervalle erforderlich sind. Als heißhärtender Epoxidharz-Klebstoff, dessen Aushärtung erst bei relativ hohen Temperaturen beginnt, besitzt der neue Klebstoff hier Vorteile, die in entsprechenden Versuchen nachgewiesen wurden. Der Klebstoff bringt alle Vorausset-

zungen mit sich, wie die Ergebnisse der Vorversuche (Bild 3) erkennen lassen. (Die im gedruckten Bild sichtbaren Streifen ergeben sich aus den Überlappungen des Klebebands, auf das appliziert wurde.)

Fazit

Die Entwicklung und Implementierung des neuen Klebstoffs, verbunden mit dem Know-how hinsichtlich der automatisierten Auftrags-techniken sowohl zur Prototypenfertigung (und Kleinserienproduktion) als auch zur Serienproduktion bei geringsten Taktzeiten, führen zu einer signifikanten Effizienzsteigerung und Kostenreduktion in der Fertigung von Bipolarplatten für Brennstoffzellen. Konkret wurde bereits ein Konzept zur Fertigung von Bipolarplatten mit Taktzeiten < 1 s entwickelt.

Literatur

[1] <https://www.fuelcellenergy.com/blog/how-does-a-fuel-cell-work/#:~:text=Fuel%20cells%20are%20configured%20in,and%20400%20kW%20of%20power.>

Fakten für die Konstruktion

- Der Klebstoff trägt allen Anforderungen an Produktqualität und der späteren Fertigung Rechnung

Fakten für den Einkauf

- Raupenauftrag bedeutet relativ geringen Anlageninvest, sodass Zwischenschritte auf dem Weg von der Erprobung bis zur Serienfertigung mit hohen Stückzahlen einfach abgebildet werden können

Fakten für die Produktion

- Fertigung von Bipolarplatten mit Taktzeiten < 1 s mit hoher Qualität realisierbar

Weitere Informationen

Drei Bond GmbH
www.dreibond.de



Dr. Florian Menk,
Adhesives Product Manager



DICT!digital: Weitere Infos zum Gesamtkonzept



DICT!digital: Zum Lösungspartner