

› Werkstoff- und Prozesskombinationen eröffnen neue Anwendungen

Polyurethan – Vielseitigkeit ist Trumpf

Der Werkstoff Polyurethan wird seit jeher als Werkstoff nach Mass bezeichnet, da er durch gezielte chemische Formulierung und Verarbeitungstechnologie für die jeweilige Anwendung angepasst werden kann. Durch die Kombinationen mit anderen Produktionstechnologien wie Spritzgiessen und Resin Transfer Moulding (RTM) ergeben sich zusätzliche Einsatzgebiete..

› Frank Ehrig, Markus Henne¹

Die Werkstoffgruppe der Polyurethane besitzt wie wahrscheinlich keine andere ein solch grosses Spektrum an Eigenschaften, vom kompakten Bauteil bis hin zu einem sehr weichen Schaum. Hauptanwendungen sind im Bereich Matratzen/Möbel, Bau/Dämmstoffe, Automotive und Beschichtungen zu finden. Die Zahlen vom Fachverband Schaumkunststoffe und Polyurethane FSK e.V. zeigen in Europa einen Umsatz von 18,5 Mrd. Euro in 2011 [1]. Allerdings wird für die Polyurethanverarbeitung sowohl spezielles Werkstoffverständnis als auch Prozessknow-how benötigt, so dass dieser Werkstoff für viele Kunststoffverarbeiter auch in der Schweiz einen Exoten darstellt. Im Rahmen der Sonderschau auf der Swiss Plastics Expo (Halle 2, B2053) wird daher auf die Vielseitigkeit des Werkstoffs Polyurethan sowie die Kombination mit anderen Werkstoffen und Produktionstechnologien aufmerksam gemacht. Seit 2012 gibt es zudem in der Schweizer Hochschullandschaft eine erste Hochdruck-Polyurethananlage der Firma Isotherm AG, Uetendorf, an der Hochschule für Technik Rapperswil (HSR), welche durch die Kommission für Technologie und Innovation (KTI) finanziert wurde. Diese Anlage (PSM90) soll interessierten Unternehmen den Zugang zur Polyurethanverarbeitung ermöglichen. Erste laufende Projekte beschäftigen sich

¹ Prof. Dr.-Ing. Frank Ehrig ist Leiter des Instituts für Werkstofftechnik und Kunststoffverarbeitung (IWK) an der Hochschule für Technik Rapperswil (HSR); Prof. Dr. Markus Henne ist sein Stellvertreter und Fachbereichsleiter Composites/Leichtbau.



Bilder: IWK

Bild 1: Praxisnaher Prototyp für die Eingabeoberfläche Polyform 3D.

mit der Realisierung hochwertiger Oberflächen, andere mit dem Einsatz von Polyurethan bei strukturellen Anwendungen.

Hochwertige Oberflächen für Bedientafeln

Heutige Eingabe- und Anzeigegeräte bestehen in der Regel aus einer hochwertigen Blende mit darin enthaltenen Aussparungen für die Integration von Bedien- und Visualisierungselementen, wie z.B. Tasten oder LCD-Bildschirme. Als Folge dieser Bauweise entstehen schmutz anfällige Spalte sowie komplexe Materialübergänge, welche die Funktionalität gefährden und die Designfreiheit einschränken.

Ziel einer neuen, von der Firma Abatek International AG, Bassersdorf, konzipierten Eingabeoberfläche Polyform 3D ist es, eine geschlossene, dreidimensional

geformte Blende mit integrierten Bedien- und Anzeigeelementen und einer hochwertig anmutenden Polyurethan (PUR)-Oberfläche herzustellen. Dabei haben die Bedienelemente/Tasten ein taktiles Feedback, welches für die Bediensicherheit insbesondere im Automobil und in der Medizintechnik von zentraler Bedeutung ist. Im Rahmen eines von der Kommission für Technologie und Innovation (KTI) geförderten Projektes wurden in Zusammenarbeit mit den Entwicklungspartnern Isotherm AG, Uetendorf, und dem Institut für Werkstofftechnik und Kunststoffverarbeitung IWK, Rapperswil, Auslegungsrichtlinien für derartige Eingabeoberflächen und Prozesswissen für die gesamte mehrstufige Fertigungskette erarbeitet und an einem praxisnahen Demonstratorbauteil umgesetzt (Bild 1).

Die Fertigungskette der Eingabeoberfläche Polyform3D mit einer PUR-Oberfläche gliedert sich in die folgenden Prozessschritte (Bild 2):

- A) Herstellung einer bedruckten flexiblen TPU-Folie
 - B) Hinterspritzen der TPU-Folie mit Kunststoff
 - C) Überfluten des Spritzgussteils mit Polyurethan
- A) Die TPU-Folie ermöglicht eine geschlossene Oberfläche der Eingabeinheit ohne Spalte, die leicht verschmutzen würden. Auch ein Display kann jederzeit spaltenfrei integriert werden. Darüber hinaus lassen sich die Symbole, Muster oder Bilder aufdrucken. Insgesamt wird eine hochwertige und aufgeräumte Anmutung erzielt. Als Herausforderung für die TPU-Folie sind eine gute Haftung der Bedruckung sowie eine gute Haftung zum Kunststoff anzusehen. Weiterhin sollte die Folie möglichst elastisch sein, um dreidimensionale Verformungen zu ermöglichen.
- B) Das Hinterspritzen der TPU-Folie ermöglicht die Integration der Bedien-

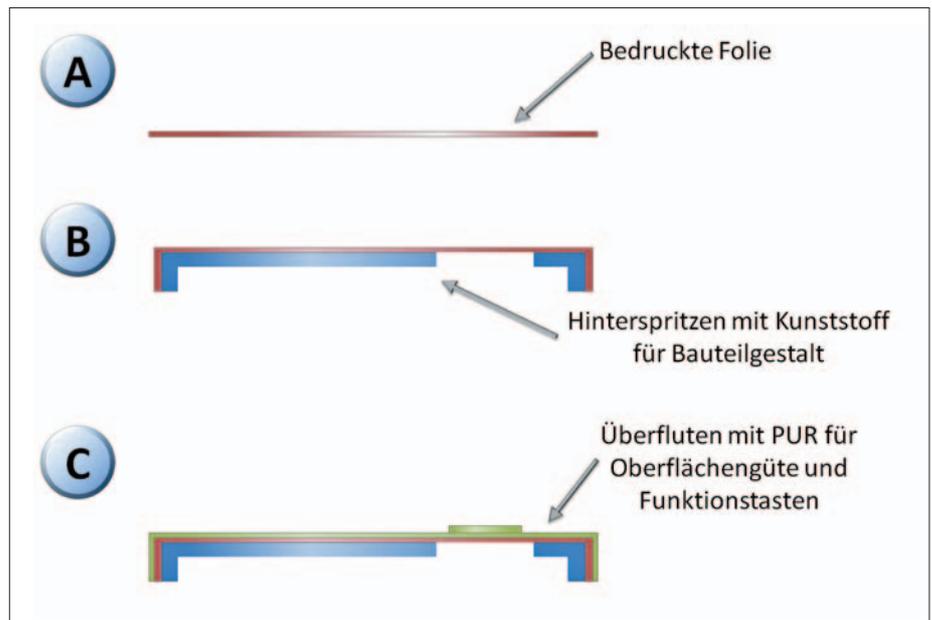


Bild 2: Fertigungskette zur Herstellung der Eingabeoberflächen (schematisch).

und Anzeigeelemente in das Spritzgussbauteil. In den Bereichen in denen Tasten und Displays integriert

werden sollen, wird eine Aussparungen hinter der TPU-Folie gelassen. In diesen Bereichen werden die Tasten



Schachenstrasse 82
 CH-8640 Rapperswil-Jona
 verkauf@cb-technik.ch • Tel. +41 55 224 30 20
 www.cb-technik.ch • Fax +41 55 224 30 21

Halle 4
Stand B4043

SwissPlastics Luzern
 21. - 23. Januar 2014

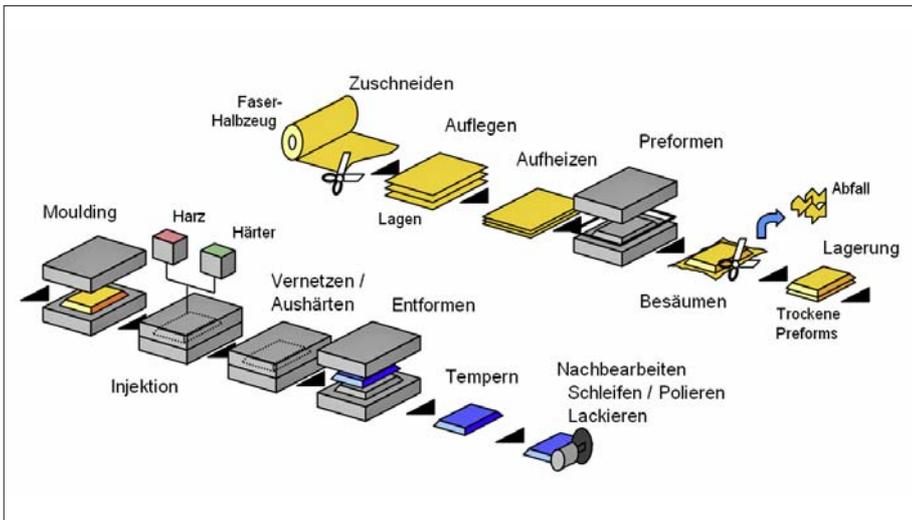


Bild 3: Prozessschritte Resin Transfer Moulding (RTM).

mit taktilem Feedback sowie mögliche Displays eingebaut. Das Verwenden von resistiven oder kapazitiven Touchdisplays ist ebenfalls möglich.

Als Herausforderung des Hinterspritzens sind das vollautomatische Handling der bedruckten Folien sowie die passgenaue Positionierung derselben im Werkzeug anzusehen. Bei gewölbten Oberflächen spielt die Gefahr der Faltenbildung eine Rolle, die durch die Geometrie oder bei komplexen Strukturen durch unterschiedliche Werkzeugtemperaturen hervorgerufen werden kann. Nicht zuletzt muss das hinterspritzte Formteil automatisiert entformt werden können.

C) Durch das Überfluten mit Polyurethan wird die Oberfläche des Bauteils definiert. Das Polyurethan muss daher entsprechend den Anforderungen emissionsfrei, geruchsneutral, medien-, abrieb-, UV-beständig, etc. sein. Dieser Arbeitsschritt ermöglicht die Gestaltung von Tasten und Zierelementen in fast beliebiger Form, mit einer definierten eingestellten Haptik. Durch die Werkzeugoberfläche können Oberflächenstrukturen (matt/glänzend) oder optische Effekte (Tiefenwirkung, Hologramme) realisiert werden.

Herausforderungen für das PUR-Überfluten sind die Vermeidung von Luft einschließen sowie eine prozesssichere Abdichtung des Werkzeugs. Auf der Werkstoffseite gilt es, das umfangreiche Anforderungsprofil und auch die ge-

wünschte Haptik im Einsatzklima zu erfüllen.

Mit Hilfe des praxisnahen Prototypen konnte die technische und wirtschaftliche Realisierung der Technologie nachgewiesen werden. Die Einsatzgebiete solcher Eingabeoberflächen sind sehr vielseitig, wie z.B. als

- Mittelkonsole von Autos mit integrierten Tasten und Displays
- Lenkrad, Türblende oder Autoschlüssel mit integrierten Tasten
- Bedienelemente für Medizinalgeräte oder
- Bedienelemente für Haushaltsgeräte wie Kaffeemaschinen, Geschirrspüler, Kochherd, usw.

Neben der Realisierung hochwertiger Oberflächen gewinnt Polyurethan immer grössere Bedeutung als Matrix für hochbeanspruchte Bauteile in Kombination mit Faserstrukturen.

Polyurethan für strukturelle Anwendungen

Der Resin Transfer Moulding (RTM) Prozess ist ein bedeutendes Herstellungsverfahren für hochbeanspruchte und qualitativ hochwertige, faserverstärkte Kunststoffstrukturen. Bei diesem Prozess handelt es sich um ein Harzinjektionsverfahren bei dem trockene Faserstrukturen in einem geschlossenen Werkzeug mit einem Harz/Härter-Gemisch getränkt und unter Druck und Temperatur ausgehärtet werden. Der Prozessablauf ist schematisch in Bild 3 ersichtlich.

Die textile Faserstruktur wird zugeschnitten, mit einem thermoplastischen Binder versehen und danach erwärmt. Diese weiche Matte wird anschliessend in einem Werkzeug umgeformt, gekühlt und der so entstandene Vorformling ausgestossen. Nach allfälligen Nacharbeiten wird der Preform in das aufgeheizte Injektionswerkzeug eingelegt. Anschliessend wird in die geschlossene Werkzeugkavität das Harz/Härter-Gemisch in die trockenen Fasern injiziert und die Aushärtung beginnt. Ist das Bauteil genügend fest, kann es entformt werden. Abschliessend findet eine Nachvernetzung statt bei der das Bauteil seine endgültige Festigkeit erreicht.

Mit der heutigen Technik beträgt die Zykluszeit für RTM-Bauteile typischerweise etwa 40 Minuten. Davon werden für die Formfüllung und die Aushärtung etwa 65 % der Zeit beansprucht. Diese hohe Zykluszeit und die komplexe Werkzeugauslegung sowie Prozessführung bedingen, dass die Technik bis heute industriell nur vereinzelt eingesetzt wird.

Durch gezielte Massnahmen zur Prozessbeschleunigung lässt sich die Zykluszeit auf unter 10 Minuten senken. Lösungsansätze zur Prozessbeschleunigung sind neben der Verwendung einer geeigneten Werkzeugtechnik und einer optimierten Prozessführung auch der Einsatz hochpermeabler Faserstrukturen und hochreaktiver Harzsysteme.

Typischerweise kommen im RTM-Prozess Epoxidharze zur Anwendung. Neu werden aber auch von verschiedenen Rohstoffherstellern injektionsfähige Polyurethanharzsysteme angeboten. Die Besonderheit der Polyurethanmatrix zeigt sich in der hohen Schlagzähigkeit. Die spezifischen Wechselwirkungen der Polyurethanmoleküle, welche zusätzlich zur chemischen Vernetzung wirken, tragen zu

Sonderschau Polyurethan, Halle 2, Stand B2053

Im Rahmen des Innovationsforums der Messe Swiss Plastics wird das Projekt am 21. Januar 2014 von Christoph Keist, Leiter Technik der Abatek International AG vorgestellt und Details erläutert.

dieser Eigenschaft bei. Die ausgezeichnete Zähigkeit wirkt sich unter anderem auch positiv auf das Ermüdungsverhalten unter Last aus: Die hohe Toleranz gegen Spannungsspitzen lässt kritische Risse später entstehen und führt so zu einer längeren Lebensdauer. Gerade bei Transportsystemen, welche im Betrieb dynamische Belastungen erfahren, sind Materialien mit guten Ermüdungseigenschaften wichtig, um das Leichtbaupotenzial möglichst vollständig ausschöpfen zu können. [2]

Die Vorteile der neuen Polyurethanharze zeigen sich auch in der Verarbeitung: Bei der Fertigung von Faserverbundbauteilen im Resin Transfer Moulding Verfahren sind kürzere Prozesszeiten gefragt. Die niedrige Viskosität erlaubt eine sehr schnelle Injektion der Harze, was den Einsatz von hochreaktiven Systemen erlaubt. Zudem zeigen die PUR-Systeme eine gute Benetzung und mechanische Anbindung an die gängigen Verstärkungsfasern (auch bei Epoxid-optimierten Faserschichten). Die Polyurethanchemie ermöglicht eine einstellbare Vernetzungsreaktion sowohl durch Temperaturführung im Werkzeug als auch durch die Zugabe von Beschleuniger. Die generell niedrigere Exothermie bei der Aushärtung ermöglicht dickwandige Bauteile ohne Überhitzungen.

Interne Arbeiten am IWK beschäftigen sich mit dem Vergleich von Bauteilen, hergestellt mit konventioneller Epoxidharz- und mit PUR-Systemen. Dabei werden Faserverbundplatten mit Epoxid- und Polyurethanharz gefertigt und mechanisch charakterisiert. Auch eine Überprüfung der Schlagzähigkeit durch einen Impact mit Hilfe eines Fallturms mit nachträglicher Ermittlung der Restdruckfestigkeit ist Bestandteil der Untersuchungen. Der Versuch ist in der Luftfahrtbranche unter der Bezeichnung «Compression After Impact CAI» bekannt.

Das IWK plant zudem ein internationales Forschungsvorhaben zum Thema «Schlagzähe Leichtbaustrukturen in RTM-Sandwichbauweise». Die Zielsetzung des Projektes ist die Fertigung und mechanische Charakterisierung von Sandwichstrukturen mit Polyurethanharz im RTM-Verfahren. Ein Benchmark zwischen Epoxid- und Polyurethanharz soll das Potenzial der neuen Polyurethan-Sandwich-Technologie in Kombination mit neuartigen Strukturkernen aufzeigen.

Die unterschiedlichen Anwendungsbeispiele zeigen die Vielfältigkeit und das Potenzial der Polyurethantechnologie. Die Bedeutung von Polyurethan in Verbundwerkstoffen und weiteren technischen Anwendungen wird in den nächsten Jahren deutlich zunehmen.

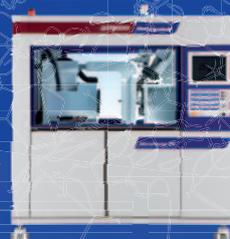
Literatur

- [1] Marktkennzahlen 2011 des Fachverbands Schaumkunststoffe und Polyurethane FSK e.V. in Kunststoff Information KI 2101 vom 23.3.2013.
- [2] Frank Deutschländer, Dr. Andreas Ferencz; Serientaugliche Fertigung von Hochleistungs-Faserverbundbauteilen mit Polyurethanmatrix – Zusammenarbeit revolutioniert den Fahrzeugbau; <http://www.henkel.de>

Wittmann

Battenfeld

**Spritzgiessmaschinen
der PowerSerie:
präzise, platz- und
energiesparend**



MicroPower : vollelektrisch.
hochpräzise. wirtschaftlich. (0,003 – 4 cm³)



EcoPower : vollelektrisch. energieeffizient.
sauber. (55 – 300 t)



MacroPower : 2 Plattenmaschine.
platzsparend. (400 – 1600 t)



21. bis 23. Jan. 2014
Luzern
Halle 2/Stand B-2041

BATTENFELD Schweiz AG

Javastrasse 13 | 8604 Volketswil
Tel.: +41 (0) 44 908 65 65 | Fax: +41 (0)44 908 65 50
info@battenfeld.ch | www.battenfeld.ch