

Endlosfaserverstärkte Bauteile sicher im Blick

Integrierte Produktionsüberwachung erhöht Prozesssicherheit beim FiberForm-Verfahren

Eine effiziente Methode zur Herstellung funktionsintegrierter Leichtbaukomponenten ist die Kombination des Spritzgießens mit dem Thermoformen endlosfaserverstärkter thermoplastischer Einleger. Um eine genaue Positionierung des Organoblechs und eine möglichst kurze Transferzeit ins Werkzeug zu erreichen, hat KraussMaffei das Layout der Produktionszelle angepasst. Eine in die Maschinensteuerung integrierte Software stellt zudem sämtliche qualitätsrelevante Prozessdaten zur lückenlosen Überwachung und Auswertung zur Verfügung.

Um für die Kombination aus Spritzgieß- und Thermoformprozess eine reproduzierbare Bauteilqualität sicherstellen zu können, muss das Organoblech gleichmäßig und materialschonend erwärmt werden. Dabei erfordert es die Qualitätssicherung, Prozessdaten des Aufheizvorgangs zu dokumentieren und zu überwachen. Die KraussMaffei Technologies GmbH, München, hat daher eine eigene Regelung für ihre Infrarot-Heizstation entwickelt, die vollständig in die Standard-Maschinensteuerung integriert ist. Dies ermöglicht eine Inline-Prozessüberwachung des gesamten Herstellprozesses. Damit kann der Maschinenbauer eine Fertigungszelle für die Serienfertigung endlosfaserverstärkter Leichtbauteile mit integrierter Qualitätsüberwachung anbieten.

Die erfolgreiche Implementierung von Leichtbaukomponenten in die Serie erfordert nicht nur eine intelligente Kombination aus Konstruktion und Simulation als Voraussetzung dafür, das Bauteilgewicht möglichst stark zu verringern, sondern auch umfassende Erfahrungen in der Produktions- und Prozesstechnik, um hohe Stückzahlen reproduzierbar und prozesssicher herstellen zu können. Zumal Leichtbauprojekte oftmals nur dann umgesetzt werden, wenn sich außer dem Gewicht auch die Herstellkosten erheblich reduzieren lassen – in der Regel durch Funktionsintegration.

Für die Herstellung thermoplastischer Kunststoffbauteile wird das Spritzgießen

als Fertigungsverfahren bevorzugt, weil hier Zykluszeiten von weniger als einer Minute und ein hoher Grad an Funktionsintegration wie z.B. Schraubdome oder Verstärkungsrippen etabliert sind. Thermoplastische Leichtbauteile mit Endlosfaserverstärkung können daher durch Kombination des Spritzgießens mit dem Thermoformen von Textilhalbzeugen oder gelegebasierten Halbzeugen wie unidirektionalen (UD) Tapes effizient hergestellt werden. Diese Verfahrenskombination wiederum lässt sich mit dem kompletten Spektrum der Spritzgießtechnologien wie Mehrkomponententechnik oder Schäumen verbinden.

Gewichtsreduzierung ist nur ein Anliegen von mehreren

Ein aktuelles Beispiel für ein Mehrkomponenten-Leichtbauteil mit Endlosfaserverstärkung ist die Mittelarmlehne (**Titelbild**), die auf der internationalen Kunststofffachmesse NPE 2018 in Orlando, USA, im Mai 2018 vorgeführt wurde [1]. Ziel dieses Projekts war es, gegenüber der ursprünglichen Armlehne nicht nur das Bauteilgewicht zu reduzieren, sondern auch die mechanischen Eigenschaften hinsichtlich der Durchbiegung zu verbessern, ohne die Haptik zu verändern. Die realisierte Armlehne besteht aus drei Komponenten: »



FiberForm-Verfahren mit Mehrkomponententechnik kombiniert: Die Mittelarmlehne verfügt dank der TPE-Komponente über eine besonders weiche und optisch ansprechende Oberfläche (© KraussMaffei)

- einem Polypropylen-Träger (PP),
- einem Organoblech-Einleger (PP/Glasfaser, 1 mm Dicke) sowie
- einer Deckschicht aus einem thermoplastischen Elastomer (TPE), um die gewünschte haptische und optische Anmutung zu erzielen.

Mit diesem Konzept gelang es, das Bauteilgewicht um 20% und die Durchbiegung um den Faktor 3 zu reduzieren sowie eine Zykluszeit von ca. 60 s zu erreichen.

Die zugehörige Fertigungszelle wurde mit Standardkomponenten wie einer Wendplatten-Spritzgießmaschine und zwei Industrierobotern errichtet. Vergleichbare Ergebnisse, was die Gewichtsreduzierung und Zykluszeit betrifft, wurden bereits in einem früheren Projekt erzielt [2]. Daher kann eine effiziente Produktion von Leichtbauteilen als Stand der Technik angesehen werden.

Transferzeit so kurz und reproduzierbar wie möglich

Für die robuste Herstellung von Leichtbauteilen kommt es jedoch nicht nur auf die Fertigungslösung an, sondern auch auf den eigentlichen Prozess der Bauteilentstehung. Die Überwachung relevanter Prozessdaten ermöglicht es, einen gleichbleibenden Produktionsprozess sicherzustellen. Insbesondere das Erwärmen der endlosfaserverstärkten Organobleche ist ein Prozessschritt, der über die Anbindung zwischen Organoblech und Spritzgießmaterial und damit über die Eigenschaften des Fertigteils entscheidet [3]. Zusammen mit den Anforderungen an eine lü-



Bild 1. Thermoplastischer Leichtbau für die Serienfertigung: FiberForm-Anlagen von KraussMaffei verfügen über eine integrierte Qualitätsüberwachung (© KraussMaffei)

ckenlose Dokumentation für sicherheitsrelevante Komponenten ergibt sich daraus die Notwendigkeit, den gesamten Produktionsprozess zu überwachen.

Daher entwickelte KraussMaffei eine integrierte Produktionslösung (**Bild 1**), bei der alle wesentlichen Prozessschritte wie z. B. das Aufheizen und die Transferzeit zentral über die Maschinensteuerung überwacht und analysiert werden können. Dabei ist, wie eben beschrieben, das Aufheizen der Einleger einer der wichtigsten Prozessschritte, weil zu niedrige Verarbeitungstemperaturen während des Umformvorgangs zu Faserbruch führen. Dies gilt es unbedingt zu vermeiden, zumal gebrochene Fasern im Bau-

teil die mechanischen Eigenschaften signifikant verschlechtern, das heißt, es entsteht Ausschuss.

Deshalb ist es wichtig, das gleichmäßig aufgeheizte Organoblech möglichst schnell von der Infrarot-Heizstation ins Spritzgießwerkzeug zu transferieren. Dazu wird die Heizstation über der festen Aufspannplatte platziert, wo zwei verschiedene Roboter agieren, um das aufgeheizte Organoblech einzulegen und das Fertigbauteil zu entnehmen. Dadurch ist eine kurze Transferzeit für das Organoblech gewährleistet, in der es nur um wenige Grad abkühlt. Die Heiztemperatur kann nun so gewählt werden, dass sie nur geringfügig über der Umformtemperatur



Bild 2. Die beispielhafte Konturmessung eines Organoblechs mittels Kamerasystem deckt mögliche Fehlstellen (im Bild rot) auf (© KraussMaffei)

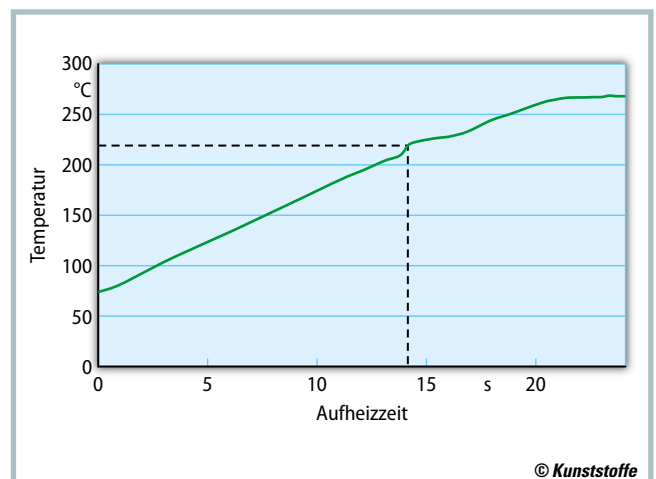


Bild 3. Aufheizkurve eines endlosfaserverstärkten PA-6-GF-Organoblechs. Die gestrichelte Linie markiert die Schmelztemperatur (Quelle: © Kunststoffe)

liegt. Somit kann ein thermischer Abbau beim Erwärmen verhindert werden.

Der Aufheizprozess wird mit einer in die Standard-Maschinensteuerung integrierten Infrarot-Heizsteuerung geregelt und überwacht, sodass der Verarbeiter die im Spritzgießen bekannte Istwert-Überwachung nutzen kann. In den Istwerten können Toleranzen für zahlreiche Prozessparameter wie z.B. den maximalen Schmelzedruck oder die Aufheizzeit definiert und damit Abweichungen, die diese Toleranzen überschreiten, automatisch erkannt werden. Es lassen sich jedoch nur Einzelwerte in den Istwerten überwachen, eine detaillierte Analyse von Prozesskurven ist nicht möglich.

Die Spritzgießmaschine wird zum Messinstrument

Zu diesem Zweck hat KraussMaffei den DataXplorer entwickelt, einen vorkonfigurierten Datenspeicher zur automatischen Erfassung von Sensor- und Steuerungsdaten der Spritzgießmaschine. Der DataXplorer zeichnet bis zu 500 Maschinensignale bei einer Abtastrate von 200 Hz auf und ermöglicht eine umfassende Analyse des gesamten Prozesses. Die Spritzgießmaschine wird somit zu einem präzisen Messinstrument.

Ein weiterer Aspekt für eine gleichbleibende Produktqualität ist die Positionierung des Organoblechs im Werkzeug. Um hierbei kleine Toleranzen zu erreichen, wird das Organoblech kontinuierlich von der Zentrierstation bis zur Übergabe an das Spritzgießwerkzeug von einem Greifer gehalten. Werkzeugkonzepte, die eine reproduzierbare Fixierung der Organobleche über ins Werkzeug integrierte Klemmelemente (z.B. Stifte) ermöglichen, sind bereits bekannt [4].

Die Qualität des Organoblech-Einlegers ist entscheidend

Die Bauteilqualität wird neben den Prozessparametern auch von der Qualität der endlosfaserverstärkten Organoblech-Einleger beeinflusst. Insbesondere sind die Anzahl der Verstärkungslagen, die Ausrichtung dieser Lagen und die Abmessungen des Einlegers wichtig für die mechanischen Eigenschaften des Bauteils. Die genannten Parameter können bei Bedarf kontrolliert werden. Eine Dickenkontrolle stellt z.B. sicher, dass die richtige

Lagenanzahl vorhanden ist und der Roboter tatsächlich nur ein Organoblech aufgenommen hat. Darüber hinaus können durch optische Kamerainspektion sowohl der Faserwinkel auf der Oberfläche des Einlegers als auch die Kontur des Einlegers überprüft werden.

Ein Beispiel zeigt die Abweichung eines Einlegers von der Sollkontur (**Bild 2**). Hierbei ist die korrekte Kontur mit Grün gekennzeichnet und mit Rot der erwartete Verlauf der Außenkante des Einlegers. Diese ist durch die Auswertesoftware rot eingefärbt worden, um die Abweichung sofort sichtbar zu machen. Somit lassen sich an den Organoblech-Einlegern Abweichungen in den Abmessungen, im Faserwinkel und in der Dicke automatisch detektieren. Dies ermöglicht es, Einleger auszuschleusen, die nicht den Qualitätsanforderungen genügen und außerhalb einer vorgegebenen Toleranz liegen.

Für eine lückenlose Dokumentation kann das Ergebnis der Kamerainspektion dann zusammen mit den Produktionsparametern gespeichert werden. Darüber hinaus lässt sich durch die Auswertung der Kontur des Einlegers dessen aktuelle Position ermitteln und an den Einlegeroboter übergeben – dieser kann die »

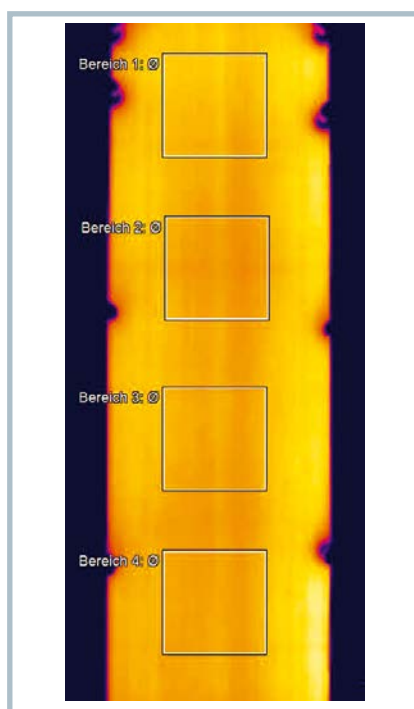


Bild 4. Mit einer Infrarotkamera lässt sich die homogene Temperaturverteilung auf der Organoblechoberfläche nachweisen

(© KraussMaffei)

Position nachjustieren und macht dadurch eine Zentrierstation überflüssig.

Anschließend erfolgt der Transfer in die Infrarot-Heizstation, in der die Temperatur des Einlegers während des Aufheizprozesses berührungslos mit einem Pyrometer gemessen wird. Die Leistung der Infrarotstrahler wird dabei in Abhängigkeit der gemessenen Oberflächentemperatur geregelt. Daraus ergibt sich eine charakteristische Aufheizkurve, wie in diesem Fall (**Bild 3**) für ein endlosfaserverstärktes Polyamid 6. Die Solltemperatur für dieses Organoblech liegt bei 265 °C und damit 5 K über der vom Halbzeughersteller empfohlenen oberen Umformtemperatur. Mit der gestrichelten Linie ist der Bereich markiert, in dem das Polyamid zu schmelzen beginnt. Der Aufschmelzvorgang wird hierbei als Temperaturerhöhung sichtbar: Beim Erreichen des Schmelzpunkts wird der Wärmestrom in den Kern des Einlegers geringer, weil sich die spezifische Wärmekapazität ändert. Zudem lösen sich die im Organoblech eingefrorenen Ei-

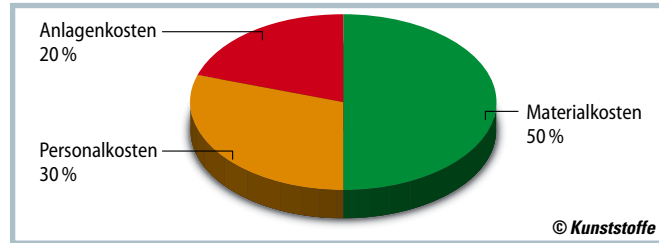


Bild 5. Typische Aufteilung der Stückkosten für FiberForm-Bauteile (© KraussMaffei)

genspannungen und verursachen eine Dickenzunahme [5].

Prozessüberwachung mit einer bauteilabhängigen Kennzahl

Der Temperaturwert, bei dem der sprunghafte Temperaturanstieg erfolgt, kann mithilfe der vom DataXplorer aufgezeichneten Prozessdaten automatisiert ausgewertet werden. Ein Vergleich des in dieser Weise ermittelten Temperaturwerts mit dem im Datenblatt des Halbzeugherstellers angegebenen Schmelzpunkt ermöglicht zudem eine schnelle Analyse des Organoblech-Zustands und der Temperaturmessung in der Infrarot-Heizstation. Der aus der abgebildeten Temperaturkurve (**Bild 3**) ermittelte Wert für die Schmelztemperatur beträgt 218 °C. Nachdem das Datenblatt des Herstellers 220 °C ausweist, kann sich der Verarbeiter sicher sein, dass das Organoblech wie gewünscht verarbeitet wurde.

Die aufgezeichneten Daten können somit nicht nur für die Prozessanalyse verwendet werden; sie ermöglichen dem Verarbeiter zugleich die Prozessüberwachung mit einer individuellen bauteilabhängigen Kennzahl, die auch aus mehreren qualitätsrelevanten Prozessdaten gebildet werden kann. Eine derartige Kennzahl könnte z.B. auch eine Analyse der Transferzeit beinhalten, die das Halbzeug von der Infrarot-Heizstation zum Spritzgießwerkzeug benötigt.

Zudem kann die von KraussMaffei definierte Kennzahl der Heizqualität (Hq), mit der die Temperaturverteilung auf der Halbzeugoberfläche ausgewertet wird, ebenfalls automatisiert ermittelt werden [6]. Die Aufheizqualität wird über bauteilspezifische Temperaturmessfelder durch Thermografie (**Bild 4**) ermittelt [7]. Somit steht dem Verarbeiter eine Reihe von Hilfsmitteln zur Verfügung, um eine reproduzierbare Bauteilfertigung umzusetzen. Daraus ergeben sich zwei Vorteile: Zum einen werden fehlerhafte Teile automatisch aus-

sortiert, und zum anderen lässt sich durch die Auswertung eine gleichbleibende Bauteilqualität gewährleisten.

Dies ermöglicht nicht nur kürzere Zykluszeiten, da beispielsweise Solltemperaturen für den Aufheizvorgang niedriger gewählt werden können, sondern auch eine Kosteneinsparung, weil durch die kontinuierliche Überwachung Ausschuss sofort erkannt wird – und nicht erst bei Überschreiten der Toleranzgrenze. Insbesondere vor dem Hintergrund, dass der Anteil der Materialkosten an den üblichen Stückkosten für Leichtbaukomponenten mindestens 50 % beträgt (**Bild 5**), ist eine geringe Ausschussquote wichtig für geringere Bauteilstückkosten. Für eine kundenspezifische Berechnung der Stückkosten hat KraussMaffei ein eigenes Kostentool entwickelt.

Fazit

Bei der Herstellung endlosfaserverstärkter Bauteile ist ein reproduzierbar ablaufender Aufheizvorgang unverzichtbar. Das Erreichen einer möglichst kurzen Transferzeit und eine exakte Positionierung des Einlegers im Spritzgießwerkzeug beeinflussen maßgeblich die Bauteilqualität. Der gesamte Herstellungsprozess lässt sich jedoch nur erfassen, wenn zusätzlich zu den im Spritzgießen bekannten Prozessparametern noch weitere Parameter aufgezeichnet werden. Hierfür nutzt KraussMaffei den DataXplorer, der eine detaillierte Analyse des Herstellungsprozesses ermöglicht.

So lässt sich z.B. eine Kennzahl für die Aufheizqualität des Organoblechs ermitteln. Dadurch kann die Homogenität der Temperaturverteilung auf dem Organoblech automatisiert ausgewertet und optimiert werden. Des Weiteren können die endlosfaserverstärkten Einleger optional einer Eingangskontrolle unterzogen werden. Dem Anwender stehen somit vielfältige Optionen zur Verfügung, um eine reproduzierbare Bauteilfertigung umzusetzen. ■

Die Autoren

Dipl.-Ing. Stefan Schierl ist Technologieentwickler bei der KraussMaffei Technologies GmbH, München; Stefan.Schierl@kraussmaffei.com

Dr. Mesut Cetin ist Gruppenleiter Produktmanagement bei der KraussMaffei Automation GmbH, Schwaig; Mesut.Cetin@kraussmaffei.com

Dipl.-Ing. (FH) Christian Herrmann ist Entwicklungsingenieur Leichtbau bei der KraussMaffei Automation GmbH, Schwaig;

Christian.Herrmann@kraussmaffei.com

Dipl.-Ing. Martin Würtele ist Leiter Technologieentwicklung bei der KraussMaffei Technologies GmbH, München; Martin.Wuertele@kraussmaffei.com

Service

Literatur & Digitalversion

- Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/7978609

English Version

- Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at www.kunststoffe-international.com