

Infiltrieren statt Umspritzen

Offenporige Aluminiumgussteile als Basis für neuartige Kunststoff-Metall-Hybridbauteile

Im Gegensatz zu konventionellen Metalleinlegern verfügen offenporige Aluminium-Inserts über bisher unbekannte multistrukturale Eigenschaften. Die sogenannten Fillserts werden mit Kunststoffen nicht umspritzt, sondern infiltriert. Dadurch lassen sich leichte, leistungsstarke, multifunktionale und mediendichte Hybridteile für mechanische, elektrische, mechatronische, thermische, optische und chemische Anwendungen herstellen und bisher nicht praktikable Konstruktionen umsetzen.



Die geometrisch präzisen und makroskopisch isotropen Fillserts aus offenporigem Aluminium lassen sich hervorragend in die Kunststoff-Matrix integrieren © Automoteam

Die Herstellung hybrider Bauteile in der Kombination von Kunststoffen mit Metallen ist in der Kunststoffverarbeitung seit langem etabliert. Im Wesentlichen bestehen hierfür zwei Verfahren: das Insert- und das Outsert-Spritzgießen. Beim Insert-Spritzgießen werden die Funktionseigenschaften metallischer Werkstoffe in Form von Einlegeteilen in die Kunststoff-Matrix integriert. Die Metalleinleger werden im Fertigungsprozess im Werkzeug platziert und kraft- und formschlüssig fast vollständig umspritzt. Beim Outsert-Spritzgießen werden die Funktionseigenschaften polymerer Werkstoffe durch die selektive Ummantelung eines Metalleinlegers integriert. Die Metalleinleger werden in diesem Fall nur in ausgewählten Bereichen umspritzt.

Beide Hybrid-Techniken haben jedoch allgemein bekannte Nachteile, insbeson-

dere für den funktionsintegrierten Leichtbau – nicht nur, wenn man an den Einsatz von schweren Metallen wie Stahl oder Messing denkt. Als problematisch erweisen können sich geringe Kontaktflächen mit eingeschränktem Kraft- und Formschluss sowie Verzug, Rissbildung und Undichtigkeit durch eine unterschiedliche Wärmeausdehnung der beteiligten Materialien. Zudem besteht ein erhöhtes Risiko für Spaltkorrosion, Kontaktkorrosion und elektrochemische Korrosion an den Grenzflächen zwischen verschiedenen Werkstoffen.

Ein weiterer Nachteil ist die eingeschränkte Qualität und Funktionalität, wenn höhere Kräfte und Drehmomente übertragen werden, insbesondere bei Vibration bzw. Klimawechsel. Um die Haftung zu verbessern, ist darüber hinaus zumindest teilweise der Einsatz von Chemikalien erforderlich.

Offenporige Funktionsbereiche erlauben neue konstruktive Lösungen

Um die Schwachstellen etablierter Verfahren zu überwinden, hat die Automoteam GmbH, Stuttgart, die sogenannte Fillsert-Technik entwickelt. Fillserts bieten viele neue Ansätze, um die Material-, Energie-, Ressourcen- und Kosteneffizienz von Produkten zu erhöhen. Sie beinhalten offenporige Strukturen und können sowohl mit einem als auch mit unterschiedlichen Werkstoffen infiltriert werden.

Fillserts werden als selektiv oder komplett offenporige Gussteile aus Aluminium im Kokillengießverfahren hergestellt. Dabei wird die Metallschmelze über einen oben liegenden Einguss in eine wiederverwendbare metallische Form (Kokille) gegossen. Die Gussteile weisen massive und/oder offenporige Funktionsbereiche auf, die miteinander stoffschlüssig verbunden sind. Die möglichen geometrischen Kombinationen von offenporigen und massiven Funktionsbereichen erlauben viele neue konstruktive Lösungen (Bild 1).

Die offenporigen Kokillengussteile unterscheiden sich in allen Aspekten von den konventionellen geschäumten oder gesinterten Metallen. Sie haben eine variable Porengröße, makroskopisch isotrope Eigenschaften, ein belastbares Gussgefüge, bessere (u. a.) mechanische, strömungsmechanische, thermische sowie akustische Eigenschaften und können in unterschiedlichen Formen und Größen auf den Hundertstelmillimeter genau gefertigt werden. Die Dichte des offenporigen Aluminiums beträgt ca. 1,3 g/cm³. Sowohl in die massiven als auch in die offenporigen Bereiche der Fillserts lassen sich alle aus der Metallbearbeitung be-

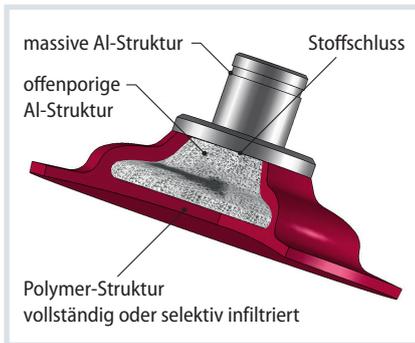


Bild 1. Fillserts kombinieren massive und offenporige Funktionsstrukturen. Die jeweiligen Bereiche lassen sich anwendungsspezifisch einstellen © Automoteam

kannten Funktionen, wie z.B. Gewinde, Bohrungen, Scharniere, Ösen, Einpressbolzen oder Nietmuttern, einbringen.

Variable Porengröße mit unterschiedlicher Zielsetzung

Die Porengröße in den offenporigen Funktionsbereichen kann anwendungsspezifisch von wenigen Mikrometern bis zu mehreren Millimetern eingestellt werden, wobei sogar gradierte Einstellungen möglich sind. Somit können die Metallstrukturen in unterschiedlichen Urformverfahren wie Spritzgießen, Thermoformen, Blasformen, Schäumen oder RTM (Resin Transfer Molding) mit Kunststoff infiltriert werden, um einen starken, gasdichten Werkstoffverbund ohne den Einsatz von Chemikalien herzustellen. Werden poröse Bereiche gezielt nicht infiltriert, so können sie weitere für offenporige Metalle spezifische Funktionen übernehmen, z.B. Filtration, Schalldämpfung, Wärmeübertragung, Crashenergie-Absorption oder Entlüftung.

Die komplett offenporigen Fillserts ohne massiven Funktionsbereich können vollständig in eine Kunststoff-Matrix integriert werden. So kann ein Kunststoffbauteil bewusst an ausgewählten Stellen mit der Funktionalität eines Verbundwerkstoffs ausgestattet werden (**Titelbild**).

Die massiven Fillserts mit selektiv offenporigen Funktionsbereichen lassen sich gezielt lokal mit Kunststoff infiltrieren. So kann ein Aluminiumbauteil an ausgewählten Stellen mit der Funktionalität eines Verbundwerkstoffs ausgestattet werden oder eine definierte Schnittstelle für ein Kunststoffbauteil zur Verfügung stellen. Die selektiv offenporigen Fillserts können mit einem oder mehreren massiven und/oder offenporigen Funktionsbereichen ausgestattet werden, um viele weitere Kombinationen von massiven, offenporigen, infiltrierten und nicht infiltrierten Funktionsbereichen zu ermöglichen (**Bild 2**).

Hybride Befestigungssysteme lassen sich konventionell fügen

Ein Beispiel dafür sind „Fastening Fillserts“, hybride Befestigungssysteme für den multifunktionalen Mehrmaterial-Einsatz. Sie basieren darauf, dass die offenporigen Gussteile mit konventionellen Fügeverfahren wie etwa Schrauben, Nieten, Bördeln, An- und Einpressen, Löten, Kleben oder Ultraschallschweißen kompatibel sind.

Damit eröffnen sich flexible Möglichkeiten für die Entwicklung anwendungsspezifischer Befestigungssysteme. Zusätzlich lassen sich solche Schnittstellen auch mit weiteren Funktionen wie Vibrationsdämpfung, Filtration oder Wärmeübertragung ausstatten.

So verwendet die KVT-Fastening GmbH, Illerrieden, offenporige Aluminiumstrukturen auch für ihre Blindnietmutter-Technik ecosyn (**Bild 3**), die u.a. für Kunststoffe und Leichtbaumaterialien entwickelt wurde, wenn tragfähige Gewinde in dünnwandigen Materialien benötigt werden. Aufgrund der gezielten Auslegung des Befestigungselements wird hier eine definierte Wulstbildung ohne Lochleibung im Trägermaterial erzielt. Dadurch ist sowohl der sichere Sitz des Gewindesystems als auch ein angemessener Toleranzausgleich gewährleistet. Selbst dünnwandige Bereiche und Hohlstrukturen lassen sich für tragfähige Befestigungspunkte nutzen.

Die Fillserts mit Gewinde im offenporigen Bereich sind belastbar und können mit verschiedenen offenporigen oder massiven Bauteilen verschraubt werden (**Bild 4**). Die gezielte Infiltration des porösen Gewindes mit Polymeren oder Klebstoffen sichert die Schraubenverbindung zusätzlich bei Vibrationen oder dynamischen, zyklischen Belastungen durch eine chemische oder klemmende Wirkung ab.

Oberfläche kombiniert widersprüchliche Werkstoffeigenschaften

Die Funktionalität und Leistungsfähigkeit von Fillserts lassen sich noch erweitern, indem die Oberflächen des Bauteils in den massiven und/oder offenporigen Bereichen mit dem Metaker-Verfahren behandelt werden. Dieses überträgt die strukturellen Eigenschaften von porösem Aluminium auf den Mikrobereich. Es handelt sich dabei um ein Verfahren für die elektro-plasmachemische Modifikation von Leichtmetalloberflächen im Tauchverfahren. Der Prozess wandelt die Randschichten eines Werkstücks unter Elektrolit-Plasma und unter Einfluss von Mil- »

Bild 2. Durch Infiltration der offenporigen Strukturen (hier marmoriert abgebildet) mit Kunststoffen eröffnen sich neue Gestaltungsmöglichkeiten für Hybridbauteile © Automoteam



Der Autor

Eugen Pfeifer ist CEO der Automoteam GmbH, Stuttgart;
eugen.pfeifer@automoteam.com

Service

Digitalversion

» Ein PDF des Artikels finden Sie unter
www.kunststoffe.de/2020-07

Fünf Fragen an ...

... Eugen Pfeifer, CEO der Automoteam GmbH

Wie lässt sich die Porengröße im Kokillengießverfahren einstellen?

Der Herstellungsprozess gehört zu den schmelzmetallurgischen Gießverfahren mit verlorenen Platzhaltern und besteht aus vier Arbeitsschritten: der Befüllung der Kokille bis zu einem definierten Volumen mit NaCl-Salzgranulat, dem weiteren Auffüllen der Form mit Aluminiumschmelze, der konventionellen, mechanischen Bearbeitung des Formteils und schließlich dem Ausspülen des Salzes aus den Poren. Ähnlich wie Splitte, Kiese oder Schotter wird das NaCl-Granulat mit zwei Grenzsieben zu einem anwendungsspezifischen Gemisch gesiebt. Das kleinste Gemisch enthält NaCl-Kristalle zwischen 0,14 und 0,3 mm. Einschränkungen nach oben gibt es keine.

Sind die Poren gleichmäßig über den Metallkörper verteilt und für welche Anwendungen sind für den Mikrometer- bzw. Millimeterbereich denkbar?

Ähnlich wie in einem Salzstreuer liegen die Salzkristalle in der Kokille dicht aufeinander und füllen ca. 50% des Volumens. Die Räu-

me dazwischen werden mit der Aluminiumschmelze infiltriert. Nach dem Auswaschen der wasserlöslichen Salzkristalle bleibt ein homogenes Bauteil mit offener Porenstruktur. Die aktuellen Serienanwendungen für kleinporige Bauteile sind z.B. Filter, Schalldämpfer, Sensorschutzkappen, Vakuumsche und Formteile für Thermoformwerkzeuge. Die großporigen Teile werden z.B. in lichtdurchlässigen Design-Paneele und Leuchten eingesetzt.

Mit welchen Kunststoffen haben Sie bzw. Ihre Kunden bereits Erfahrungen gesammelt?

Unsere Pilotkunden haben sehr erfolgreiche Versuche mit thermoplastischen Elastomeren durchgeführt. In einem aktuellen Fall geht es um einen gasdichten, stark belastbaren Werkstoffverbund ohne den Einsatz jeglicher Chemikalien für eine Anwendung in der Lebensmittelindustrie.

Infiltriert die Kunststoffschmelze nur die Poren an der Oberfläche, um sich darin sozusagen zu verkallen?

Nein, die Poren bilden ein räumliches Kapillarsystem. Dieses homogen offenporige Volumen wird komplett infiltriert, wenn Porengröße und Fertigungsverfahren aufeinander abgestimmt sind. Beim Thermoformen beschränkt sich die Infiltration auf die Verklammerung des Polymers in den äußeren



Eugen Pfeifer

© Automoteam

Poren, beim Spritzgießen lassen sich große Volumen und kleine Poren gut füllen. Dabei gilt es allerdings auch zu berücksichtigen, dass die mechanische Belastbarkeit verloren geht, wenn die Poren zu groß und Radien zu eng oder Wanddicken zu gering eingestellt sind. Deswegen ist eine frühzeitige Abstimmung mit den Produktentwicklern von Vorteil.

Wie lässt sich diese Technik in die Produktentwicklung integrieren?

Unsere Strategie sieht die durchgehende digitale Darstellbarkeit von Fillserts vor. Angefangen bei den digitalen Materialmodellen offenporiger Strukturen bis zur anwendungsspezifischen Simulation von Hybridteilen. Das entsprechende Know-how steht bereits zur Verfügung.

Interview: Dr. Clemens Doriát, Redaktion

tionen Mikro-Lichtbögen zu einem neuartigen Mikro-Verbundwerkstoff um.

Aluminiumkomponenten mit derartigen Oberflächen kombinieren die mechanischen, thermischen, elektrischen, chemischen und mikrostrukturellen Eigenschaften von Aluminium und Keramik auf bisher einmalige Art. Damit entstehen viele neue Möglichkeiten, die Wär-

metransportvorgänge in thermisch beanspruchten elektronischen, elektrischen, mechanischen und anderen Systemen zu optimieren.

So kann beispielsweise ein Metaker-modifiziertes 99,5% Aluminium-Fillsert eine Oberflächen-Mikrohärte von über 1000 HV, eine elektrische Durchschlagsfestigkeit von 22 kV/mm und zugleich ei-

ne Wärmeleitfähigkeit von 210 W/mK aufweisen. Die Prozesssteuerung erlaubt die Herstellung hunderter unterschiedlicher Eigenschaftsprofile. Solche Komponenten können Bauteile aus anderen Werkstoffen wie z.B. Stahl, Edelstahl, Messing, Bronze oder Keramik substituieren.

Der Weg zur Systemlösung

Um das vollständige Optimierungspotenzial durch den Einsatz von Fillserts auszuschöpfen, ist ein ganzheitliches Technologieverständnis in interdisziplinären Entwicklerteams erforderlich. Im Austausch mit Automoteam können die Gussteile in einer der Standardausführungen anwendungsspezifisch angepasst oder in einer Sonderausführung anwendungsspezifisch bis zur Serienreife entwickelt werden. Die entwickelten Lösungen können in drei- bis sechsstelligen Stückzahlen geliefert werden. ■



Bild 3. Fillserts als hybrides Befestigungssystem in Kombination mit ecosyn-Blindnietmuttern © Automoteam



Bild 4. Lasttragende Schraubverbindung zwischen einem offenporigem Fillsert und einem Vollmaterial-Stutzen © Automoteam