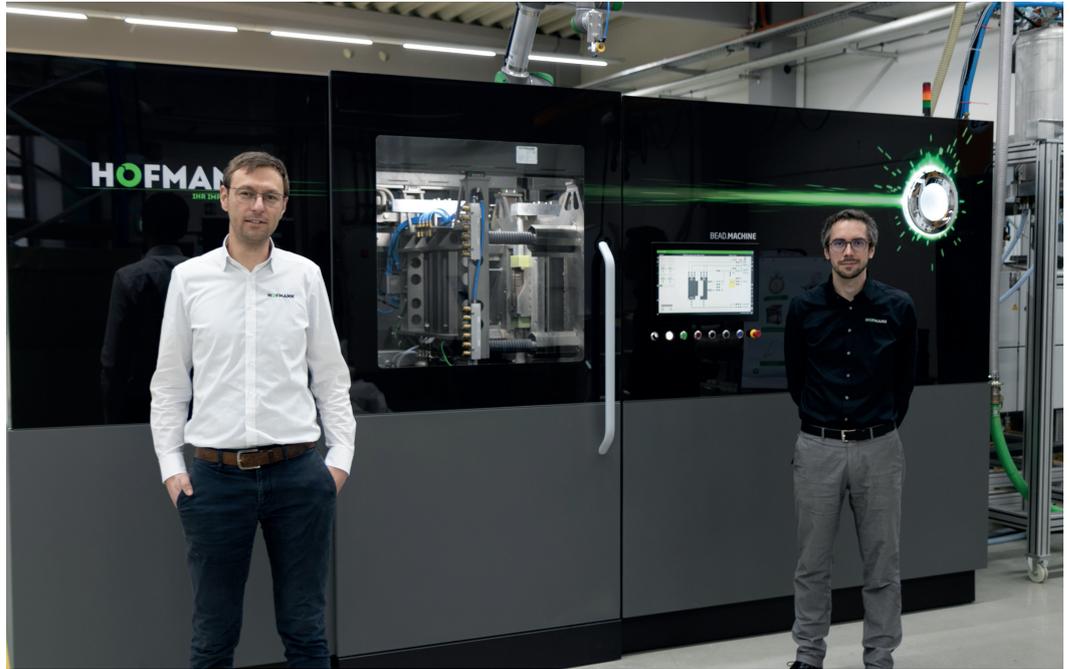


Geschäftsführer Stefan Hofmann (links) und Projektleiter Johannes Schütz vor dem Prototyp der neuen „Bead.Machine“, deren Entwicklung vor gut zwei Jahren startete © Hofmann



Die Impuls-Maschine

Über die Geburtsstunde eines Formteilautomaten für Partikelschäume

Ein Kreis schließt sich: Ein Werkzeugbauer mit langjähriger Spritzgießhistorie will die Partikelschaumverarbeitung auf die nächste Stufe heben. Mit einer neuen Maschine und hocheffizienten Werkzeugen soll die Technik so verschlankt werden, dass sie auch für Spritzgießverarbeiter interessant wird.

Eine Entwicklungskette, in der für ein definiertes Produkt mit allen seinen Anforderungen das passende Werkzeug konstruiert und dieses mit einer Maschine mit den richtigen Leistungsparametern kombiniert wird, ist in der Kunststoffverarbeitung nichts Ungewöhnliches. Dass für ein hocheffizientes Werkzeug aber erst eine neue Maschine entwickelt und gebaut werden muss, um sein volles Potenzial auszuschöpfen, dürfte eher selten vorkommen. Dies ist die Geschichte der neuartigen „Bead.Machine“, mit der die Werkzeugbau Siegfried Hofmann GmbH ein neues Kapitel aufschlagen möchte – in der Partikelschaumverarbeitung, wie die englische Bezeichnung für Schaumkügelchen (Bead) bereits vermuten lässt.

Bei einem pandemiebedingt nur virtuellen Besuch in den Räumen des in Lichtenfels (Oberfranken) ansässigen „Impulsgebers“ – mit diesem Slogan trägt das Unternehmen in gespielter Bescheidenheit seine in Jahrzehnten geübte Innovationskraft in die Welt – präsentieren die für diese Entwicklung maßgeblichen Köpfe den Prototyp der Maschine. Im Herbst dieses Jahres soll die „Version

2.0“ vorgestellt werden. Einstweilen läuft ein zweiter Prototyp im Feldtest beim Projektpartner WSVK.

Die Ursprünge im Spritzgießwerkzeug

Die Geschichte beginnt eigentlich vor fast 20 Jahren, als Hofmann sich erstmals damit beschäftigte, Formeinsätze für Spritzgießwerkzeuge mit einem pulverbettbasierten Laserschmelzverfahren additiv zu fertigen. Mag dies der räumlichen Nähe zu der kurz zuvor gestarteten Concept Laser GmbH und der familiären Verbundenheit zu ihren Gründern geschuldet gewesen sein, entwickelte sich daraus schon bald ein einträgliches Geschäft mit der konturnahen Kühlung für geometrisch komplexe Formteile, z.B. um Hotspots zu eliminieren. „Das Kühlkanaldesign der dafür benötigten 3D-gedruckten Stahleinsätze ließ sich auf konventionellem Weg mit Bohrungen nicht umsetzen“, erklärt Stefan Hofmann, Geschäftsführer in dritter Generation.

Das sogenannte LaserCusing-Verfahren von Concept Laser, eine Variante des selektiven Laserschmelzens (SLM), war später auch die Basis für die

Entwicklung 3D-gedruckter Partikelschaumwerkzeuge. Das Partikelschäumen ist ein energieintensives Verfahren, bei dem Schaumstoffperlen im Werkzeug mit Wasserdampf miteinander zum Formteil verschweißt werden. Jonas Beck, bei Hofmann verantwortlich für die Geschäftsfeldentwicklung, schildert die Anfänge: „Weil in der Partikelschaumverarbeitung 90 bis 95 % der eingesetzten Energie in der Peripherie oder im Werkzeug verloren gehen und nur 5 bis 10 % im Bauteil ankommen, war unsere Grundidee, direkt an der Kavitätenwand Material einzusparen, die Wärme so schneller zum Bauteil zu bringen und damit auch Zykluszeit und Energieverbrauch zu senken.“

Bis zu 8000 Minidüsen in einer Kavität

Die Kavitätenwanddicke herkömmlicher Aluminiumwerkzeuge, wie sie im Partikelschäumen verwendet werden, mit in entsprechende Bohrungen eingeschlagenen Dampfdüsen und mit einer großen Dampfkammer verbunden, beträgt 10 bis 20 mm. Bei den additiv gefertigten Werkzeugeinsätzen aus Stahl sind die Wände nur 1,5 mm dick. Darunter befindet sich eine Gitterstruktur, die mehrere Funktionen wahrnimmt, wie Johannes Schütz, seit Ende 2018 verantwortlich für die Entwicklung der Bead.Machine, erläutert: „Sie muss zum einen die sehr dünne Kavitätenwand gegenüber den Prozesskräften abstützen, zum anderen muss sie durchlässig sein und darf Dampf, Wasser und Luft nur einen geringen Strömungswiderstand in isotroper – also jeder – Richtung entgegensehen.“

Zudem sei die wie ein Wärmetauscher wirkende Gitterstruktur maßgeblich für eine gleichmäßige Dampffreisetzung in die Kavität und Temperierung deren Oberfläche. „Das liegt daran, dass wir die Düsen völlig frei in der Werkzeugwand positionieren und geometrisch gestalten können. So können wir beim 3D-Drucken dieser Strukturen nicht nur die Strömungsverluste weitgehend reduzieren, sondern auch die Werkzeugoberfläche als Designelement nutzen“, so Schütz. Die bis zu 8000 Minidüsen



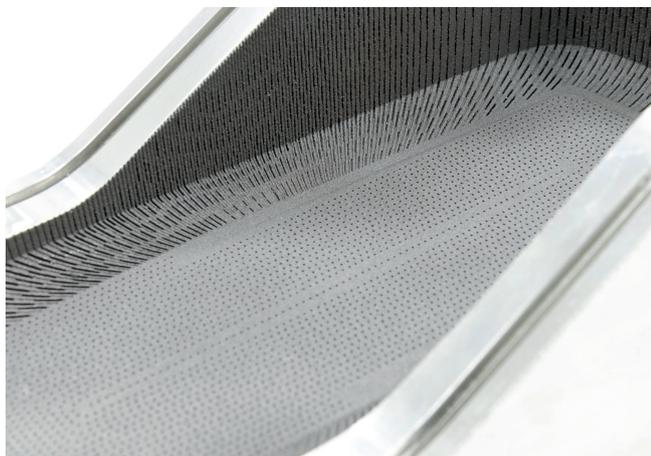
Zwei identische Formteile lassen sich zu einer Box zusammenstecken © Hofmann

in der Kavität einer etwa smartphonegroßen zweiseitigen Box lassen sich gut durch die Texturierung der Oberfläche kaschieren. Um einen ähnlichen Effekt mit konventionellen Aluminiumwerkzeugen zu erzielen, muss das mit einem Narbungsverfahren oder per Laserabtrag gemacht werden – beides sehr teure Prozesse.

Kleine Wirtschaftlichkeitswunder für zu große Maschinen

Von Anfang an beteiligt an der Entwicklung war neben einem Forschungsinstitut auch der Partikelschaumverarbeiter WSVK, der u. a. als Hersteller der Massagerolle Blackroll bekannt ist und jetzt die neue Maschine testet. Das erste Etappenziel, ein leichtes Werkzeug, bei dem nur eine kleine Masse aufgeheizt werden muss, war schnell erreicht und wurde in der Praxis mit verschiedenen Formteilen erprobt. Im nächsten Entwicklungsschritt gelang es, die großen externen Dampfkammern, die in jedem Zyklus aufgeheizt und (durch Besprühen mit Wasser) wieder abgekühlt werden müssen, in kompakter Bauweise in die gedruckte Gitterstruktur zu integrieren. Erstmals hat Hofmann diesen Kniff auf den Impulstagen 2018 anhand eines Werkzeugs für einen Griffknopf vorgestellt. Auf der in eigener Regie durchgeführten Tagung mit Hausmesse war es auch, dass eine Frage aufkam, und mit der Frage ein Problem.

Die Frage lautete: „Warum verkaufen wir nicht nur noch solche funktions- und kraftflussoptimierten Werkzeuge?“, sagt Stefan Hofmann im »



© Hofmann



In der Kavitätenoberfläche werden beim Laserschmelzen mehrere Tausend schlitzz- und punktförmige Düsen mitgedruckt (links). Hinter der Werkzeugwand befindet sich die Gitterstruktur (rechts), die zugleich den Raum für die Dampfkammer und Kühlwasserführung bildet © Hofmann



Rückblick. „Zumal sie an Effizienz in der Partikelschaumverarbeitung bis heute unübertroffen sind. Das drückt sich im Dampfverbrauch ebenso aus wie in der Zykluszeit.“ Doch die Realität stellte dem schönen Plan zunächst ein Bein: Die kleinen Wirtschaftlichkeitswunder – dazu später mehr – passten überhaupt nicht zu den herkömmlichen großen Maschinen. Wer auf der Kunststoffleitmesse K 2019 gesehen hat, welche Verrenkungen nötig sind, um ein Werkzeug der neuen Art daran zu adaptieren, bekam einen Eindruck davon.

Eine Werkzeughälfte, nur gut 2 kg schwer, mit Formteil. Vorne, zwischen zwei kleinen Befestigungsgewinden, ist der Einlass für die Prozessmedien (Dampf, Wasser, Luft), auf der Gegenseite der Auslass © Hofmann

Alle Mittel der Digitalisierung ausgeschöpft

Auch für Laien war offensichtlich: Klassische Anlagen sind für ganz andere Werkzeugtypen ausgelegt – „in puncto Medienführung, Regelung der Ventile und was die Größe der Aufspannplatten und der Dampfkammer angeht“, so Hofmann. Scherzhaft fügt der 39-Jährige hinzu: „Unsere Werkzeuge wiegen vermutlich weniger als die Ventile, die die Dampfströmung regeln.“ Das Messeexponat mit den überdimensionierten Medienleitungen konnte überhaupt nur mit maximaler Drosselung gefahren werden, weil das Werkzeug eben nur einen Bruchteil der üblichen Wasser- und Dampfmenge benötigte. So ist den Entwicklern bei Hofmann schnell klar geworden, dass „wir diese Herausforderung nur bewältigen können, wenn wir einen Formteilautomaten bauen, der zu unseren Werkzeugen passt“.

Hier kam Hofmann zugute, dass das Unternehmen sein Betätigungsfeld bereits vor Jahren auf Sondermaschinenbau und Automatisierung aus-

geweitet hat. Was mit der Auftragsfertigung für Kunden nach deren Konstruktionsvorgaben („Build-to-Print“) begann und bald zu eigenen Lösungsansätzen im Maschinenbau führte, hat letztlich „die Basis gelegt für die Entwicklung dieser Maschine“, so Stefan Hofmann. Dabei habe der Partner WSVK in intensiver Detailarbeit die Anforderungen an die Bead.Machine definiert. Dies berührte Punkte wie Plattenparallelität, Schließgenauigkeit und Formschutz ebenso wie eine verlässliche Reproduzierbarkeit – neben der schieren Größe weitere Schwachstellen in der aktuellen Anlagentechnik. Die geringe Feinfühligkeit der herkömmlichen Formteilautomaten war ursächlich dafür, dass einige von Hofmann ausgelieferte Werkzeuge in der Produktion beschädigt wurden.

Zum Beispiel an den präzise ausgeführten Tauchkanten. Diese Präzision ist Voraussetzung, um auch anspruchsvolle Teile werkzeugfallend in entsprechender (gratfreier) Qualität produzieren zu können. „Und diesen Anspruch haben wir natürlich“, fügt Hofmann hinzu. Einen besonderen Fokus legten die Entwickler auf die Maschinensteuerung. Projektleiter Schütz dazu: „Der Kunde hat damit die Möglichkeit, alle Teilschritte zu parallelisieren, die man parallelisieren kann.“ Um Zykluszeit zu sparen, finde z. B. das Rückblasen statt, während schon bedampft werde. „Wir haben die Steuerung zu 100% bei uns im Haus programmiert und dafür etwa 15000 Zeilen Programmcode geschrieben. Damit greifen wir tief in die Regelungstechnik ein“, so Schütz weiter. Beispielsweise lasse sich das Regelungsverhalten der Ventile werkzeugspezifisch anpassen, um auf die Unterschiede in der Dynamik zwischen größeren und kleineren Werkzeugen zu reagieren.

Hofmann arbeitet in der Entwicklung auch mit den Mitteln des digitalen Zwillings und der virtuellen Inbetriebnahme, damit das Projektrisiko kalkulierbar bleibt. Und die Entwicklung soll weitergehen, Richtung vollautomatisierte Fertigung: „Eine mannlose Partikelschaumverarbeitung ist bis dato nach unserer Kenntnis nicht möglich. Wir wollen unsere Maschine Schritt für Schritt smarter machen, sodass sie sich irgendwann selbst nachregelt“, beschreibt Stefan Hofmann seine Vision. Der Automat ist für einen Dampfdruck von bis zu 5 bar ausgelegt und damit für verschiedene Materialien mit hohen technischen Anforderungen geeignet.

Vorstoß in Spritzgießdimensionen

Bei Anwendungen sind der Fantasie keine Grenzen gesetzt – Johannes Schütz nennt als Beispiele Strukturteile und Blenden für den Automobilbau, Gehäuseteile für Hausgeräte oder auch Spiel- und Sportgeräte –, sofern entsprechendes Material verfügbar ist. „Auch Teile, bei denen man aktuell eher das Problem hat, dass Partikelschaum die Optik,

Service

Digitalversion

➤ Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/onlinearchiv

Haptik und Genauigkeit noch nicht erreicht, die man vom Spritzgießen gewohnt ist“, ergänzt Jonas Beck, und weiter: „Mit unserer Kombination aus Werkzeug und Maschine ist das möglich.“

Als aktueller Demonstrator dient ein etuiartiges Behältnis, das aus zwei identischen, 185 mm langen und 80 mm breiten Formteilen besteht, die sich seitenverkehrt zusammenstecken lassen. Das gesamte Werkzeug mit den Adapterstücken für die Dampfversorgung wiegt weniger als 6 kg; zum Vergleich: Das entsprechende Werkzeug in klassischer Ausführung bringt das 20-fache an Gewicht auf die Waage. Auch die Prozessparameter und Verbrauchswerte sprechen eine deutliche Sprache: Lässt sich das 3D-gedruckte Werkzeug mit 155°C heißem Dampf binnen 2 bis 2,5 s auf Temperatur bringen, dauert es bei der konventionell hergestellten Aluminiumform mit ihrer 10 mm dicken Kavitätenwand über 10 s. Zusammen mit der effektiveren Bedampfung aus den mehreren Tausend Mini-Düsen und der ebenfalls schnelleren Kühlung durch Fluten der Gitterstruktur mit kaltem Wasser ergibt sich laut WSVK daraus ein Zykluszeitvorteil von 45%.

Einfache Infrastruktur senkt die Eintrittsbarriere

Der Partikelschaumverarbeiter hat nach mehr als 30000 Zyklen auch eine erste Energiebilanz aufgestellt: Für ein Bauteil (16 g) benötigt der neue Formteilautomat weniger als 1 kg Dampf zum Verschweißen der Schaumperlen und rund 2 l Wasser zur Kühlung. Alle Effekte summieren sich insgesamt zu einer Energieeinsparung von mindestens 75% im Vergleich zu einer Standardanlage. Alle Indikatoren sprechen zudem für eine hohe Reproduzierbarkeit der Bauteilqualität, was die bislang erhobenen Daten auch bestätigen.

Das Formteil stellt bereits so hohe Anforderungen an Oberflächenqualität und Maßhaltigkeit, wie es für die Partikelschaumverarbeitung eher untypisch ist. Johannes Schütz dazu: „Wo man im Spritzguss Toleranzen im Hundertstelbereich gewohnt ist, redet man bei Partikelschaumteilen oft nicht mal von Zehnteln, sondern von Millimetern.“ Und hier kommen wir zum Punkt: „Indem wir so reproduzierbar genau fertigen können, wollen wir auch Spritzgießer für diese Technologie begeistern“, sagt Stefan Hofmann. „Unser klares Ziel ist es, mit unserem System neue Märkte zu erschließen – sowohl auf Anwendungs- als auch auf Anwenderseite.“ Eine Silbe macht den Unterschied: Während Partikelschaum allein aufgrund seiner Eigenschaften – das Material ist leicht, isolierend, hat eine gute Haptik (es fühlt sich warm an) – noch großes Potenzial für neue Einsatzgebiete hat, blieb der Kreis der Anwender bisher beschränkt.

Und das hat seinen Grund: „Es ist dieser Rattenschwanz an Peripherieeinrichtungen, die sich in



Die Dampfdüsen werden beim 3D-Druck zum Teil als Designelement ausgeführt, zum Teil in der Textur kaschiert. An der Seite des etuiartigen Musterteils sind sie als Linienstrukturen, auf der flachen Oberfläche als feine Punkte erkennbar

© Hanser/C. Doriat

eine bestehende Fertigung nicht ohne weiteres integrieren lassen, sei es, weil der Platz dafür fehlt, oder das Know-how“, so Hofmann. Man denke nur an die großen Dampferzeuger, die nötig sind, um klassische Anlagen betreiben zu können. Oft steht das Kesselhaus dafür außerhalb der Fertigung, mit entsprechend langen und groß dimensionierten Leitungen. „Wir kommen wegen des geringen Medienverbrauchs mit einer sehr kleinen Peripherie aus“, freut sich der Geschäftsführer. Und tatsächlich: Im Technikum steht nur ein kleiner E-Dampferzeuger direkt neben der Maschine, ähnlich wie ein größeres Temperiergerät neben der Spritzgießmaschine steht. Hofmann: „Ein einfacher Wasseranschluss und eine Steckdose genügen – das ist Plug and Produce.“

Allein dank der einfacheren Infrastruktur dürfte die Produktion weniger störungsanfällig sein. Dazu kommt der doppelte Größenvorteil: „Unser Formteilautomat benötigt, verglichen mit einer Anlage eines anderen Herstellers mit der gleichen Aufspannfläche des Werkzeugs, nur etwa halb so viel Aufstellfläche. Und die 3D-gedruckten Werkzeuge sind so klein, dass sie nur wenig Lagerkapazität beanspruchen“, erläutert Projektleiter Schütz. Damit sei die Eintrittsbarriere im Vergleich zur klassischen Partikelschaumverarbeitung wesentlich geringer. Der Beweis wird dann ab Herbst angetreten. ■

Dr. Clemens Doriat, Redaktion

Die Benutzeroberfläche der von Hofmann selbst programmierten Steuerung ist laut Projektpartner WSVK sehr einfach und intuitiv zu bedienen

© Hofmann

