

Skalierbare, einstufige Fertigung von Hybridbauteilen

Das neue MultiForm-Verfahren kombiniert das Tiefziehen von Metallblechen mit dem Fließpressen langfaserverstärkter Thermoplaste. Die zeit- und kosteneffiziente Hybridtechnologie, die in einem Forschungsprojekt unter Beteiligung von Weber Fibertech entwickelt wurde, eröffnet Thermoplasten den Weg in die automobilen Massenproduktion.

Zwei Verfahrensschritte in einem

Das Ziel im Leichtbau ist im Prinzip immer dasselbe: Das Gewicht von Bauteilen soll reduziert werden, ohne dass diese an Festigkeit einbüßen. Unter Umständen gelingt es sogar, die Festigkeit von Bauteilen zu erhöhen und zugleich das Gewicht zu reduzieren. Und im besten Fall geht die Entwicklung eines neuen Werkstoffs mit der Schaffung eines entsprechenden Fertigungsverfahrens einher, das durch verringerte Fertigungszeiten und reduzierte Kosten hilft, dass sich der neue Werkstoff schnell durchsetzt.

Die E-LFT-Hybrid-Technik zielt in diese Richtung. Denn sie vereint zwei Verfahrensschritte in einem: die Formgebung eines langfaserverstärkten thermoplastischen Kunststoffes und die Umformung des unterstützenden Metallblechs. Dabei verbindet ein auf dem Metall aufgebrachter Haftvermittler Kunststoff und Blech stoffschlüssig.

Grundlage des Verfahrens ist die Langfaserthermoplast (LFT)-Technik, die dem Design und der Konstruktion weitgehende Freiheit bei der Gestaltung einräumt. In diese Grundstruktur werden zur strukturellen Verstärkung Endlosfasern (EF) eingebettet, die dem Bauteil zusätzliche Festigkeit verleihen. Die E-LFT-Hybrid-Technik ist das Ergebnis des deutschen Forschungsprojekts MultiForm.

Drei Schritte zum MultiForm-Verfahren

Um die Entwicklungsschritte zu verdeutlichen, die der MultiForm-Technik vorausgegangen sind, und damit die spezifische Leistung des neuen Verfahrens herauszustellen, ist zunächst ein kurzer Rückblick sinnvoll.

Am Anfang standen thermoplastische Bauteile, die auf Polypropylen oder Polyamid basieren und die in einem Fließpressverfahren gefertigt werden. Das Kunststoffgranulat wird aufgeschmolzen. Anschließend werden im Extruder die Glasfasern hinzugefügt. Weil

es sich damit um langfaserverstärkte Thermoplaste handelt, wird auch vom LFT-Verfahren gesprochen. Schließlich wird der schmelzförmige Kunststoffkuchen, also das Extrudat, in einer Vertikalpresse durch Druck zum Fließen gebracht.

Durch dieses Verfahren werden im Bauteil Faserlängen von 10 bis 15 mm erreicht. Das erhöht dessen Festigkeit deutlich gegenüber einem im Spritzguss gefertigten Bauteil. Dadurch kann das Bauteil bei gleichen oder besseren Festigkeitswerten dünner und leichter ausfallen.

Um das Thermoplastbauteil zu verstärken, integrierte Weber Fibertech Endlosfasern aus Glas oder Karbon vornehmlich als unidirektionale Profile. So werden deutlich höhere Steifigkeiten erreicht. Dabei werden die Langfasern aus Kostengründen nicht flächendeckend in den Thermoplast integriert, sondern nur dort platziert, wo absehbar höhere Lasten auftreten. Ein Anwendungsfall für das sogenannte E-LFT-Verfahren, auf den das Unternehmen ein Patent besitzt, sind Sitzstrukturteile wie Sitzschalen und Rückenlehnen, die im Bereich der Gurtbefestigung höchsten Kräften standhalten, [Bild 1](#).

In bestimmten Fällen müssen Bauteile aber noch höhere Lasten aushalten. Dafür eignen sich aufgrund ihrer Werkstoffeigenschaften am besten Aluminium oder Stahl. Das war die Grundidee eines weiteren Forschungsvorhabens namens HyBriLight, das

Forschungsprojekt MultiForm
Die E-LFT-Hybrid-Technik ist das Ergebnis des deutschen Forschungsprojekts MultiForm, das von der Universität Siegen und einem Unternehmenskonsortium um den Spezialchemiehersteller Evonik und den Thermoplastspezialisten Weber Fibertech inhaltlich getragen wurde. Weitere Partner wie Volkswagen, Voestalpine Automotive Components, Simpattec und Sprick Technologies begleiteten das Projekt fachlich. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unterstützte das von August 2014 bis Februar 2018 laufende Vorhaben finanziell (BMBF: 02PN2081).

Autor



NORBERT STRÖTZNER
ist Entwicklungschef
bei der Weber
Fibertech GmbH
in Markdorf.



BILD 1 Ein Teil einer Pkw-Rückenlehne in E-LFT-Technik. Die schwarzen Endlosfaserprofile sind sowohl vertikal als auch horizontal entsprechend der Lastfälle positioniert (© Weber Fibertech)

vom Fraunhofer Institut für Lasertechnik (ILT), Weber Fibertech und anderen im Projektzeitraum von November 2014 bis Juni 2018 zur Anwendungsreife gebracht wurde. Die Ingenieure versahen das Metallblech mit einer durch einen Laser erzeugten Oberflächenstruktur. Darin verkrallt sich die Thermoplastschmelze beim Pressvorgang regelrecht und schafft so beim Aushärten eine gute Verbindung zwischen den beiden Partnerwerkstoffen (Zugfestigkeit circa 12 MPa, Schubfestigkeit circa 48 MPa).

Das war die Ausgangslage, vor deren Hintergrund die Projektbeteiligten das Multi-Form-Verfahren entwickelt haben. Damit ist es erstmals gelungen, Extrudat und Metallblech in einem Fertigungsschritt, das heißt, in einem einzigen Presshub in Form zu bringen. E-LFT-Hybrid heißt das vollautomatisierte Verfahren, das von Weber Fibertech angewendet wird.

Derzeit arbeitet das Unternehmen im Auftrag eines Kunden daran, im E-LFT-Hybrid-Verfahren Thermoplaste mit Endlosfasern einzusetzen. Das Ziel ist unter anderem, die Belastbarkeit von Pkw-Sitzelementen weiter zu steigern. Bis zur Serienfertigung werden voraussichtlich jedoch noch drei Jahre vergehen.

Projektdesign und Demonstrator

Im Vordergrund des Projekts stand die Entwicklung des Fertigungsprozesses mit den dazugehörigen Parametern, die auf die unterschiedlichen Werkstoffkomponenten Stahl und LFT sowie die Entwicklung von entsprechenden Werkzeugdichtkonzepten abgestimmt werden mussten. Dadurch konnte auf einer 3600-t-Pressen eine Zykluszeit von unter 60 s erreicht werden. Je nach Größe können auch mehrere Teile in einem

Pressenhub gefertigt werden. Die Dichtkonzepte wurden sowohl für ein offenes U-Profil (ein längerer Trägerbauteil) als auch für eine Wannengeometrie wie das Längslenker-Demonstratorbauteil realisiert.

Zum Abschluss des Projekts wurde anhand eines Demonstratorbauteils das Potenzial des Verfahrens aufgezeigt. Dafür wählten die Ingenieure den Querlenker einer Pkw-Hinterachse eines deutschen Automobilherstellers aus – ein hoch beanspruchtes Sicherheitsteil mit gutem Potenzial zur Gewichtsreduzierung. Das Stahlbauteil sollte adäquat durch den hybriden Werkstoff ersetzt werden, wobei die Verarbeitung durch den neuen Prozess so wirtschaftlich wie möglich erfolgen sollte.

Auslegung, Berechnung und Prüfung des Bauteils erfolgten durch Mitarbeiter der Universität Siegen unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Xiangfan Fang. Für den Hyb-

ridverbund wurde hochfestes Stahlblech (DP800) mit Polycaprolactam, auch Polyamid (PA) 6 genannt, kombiniert.

Zur Verstärkung wurden dem Thermoplast Langglasfasern mit einer Länge von 25 mm hinzugefügt, die Weber Fibertech auf einer vollautomatisierten E-LFT-Produktionslinie herstellte. Das Compound wiederum mit seinen anteilig 60 Gewichtsprozent Kunststoff und 40 Gewichtsprozent Glasfaser produzierte das Unternehmen in der Direktcompoundierung im Zyklus der Anlage.

Direktcompoundierung bedeutet: Das Unternehmen kauft keinen fertig compoundierten Werkstoff wie etwa Stäbchengranulat PA GF 40 zu, sondern compoundiert das PA GF 40 selbst – aus reinem Polyamid, Additiven für Farbe, Fließfähigkeit etc. und aus der zugeführten Glasfaser. Alle 60 s stellt die Compoundierung das gerade gemischte Extrudat zur Verfügung. **Bild 2.**

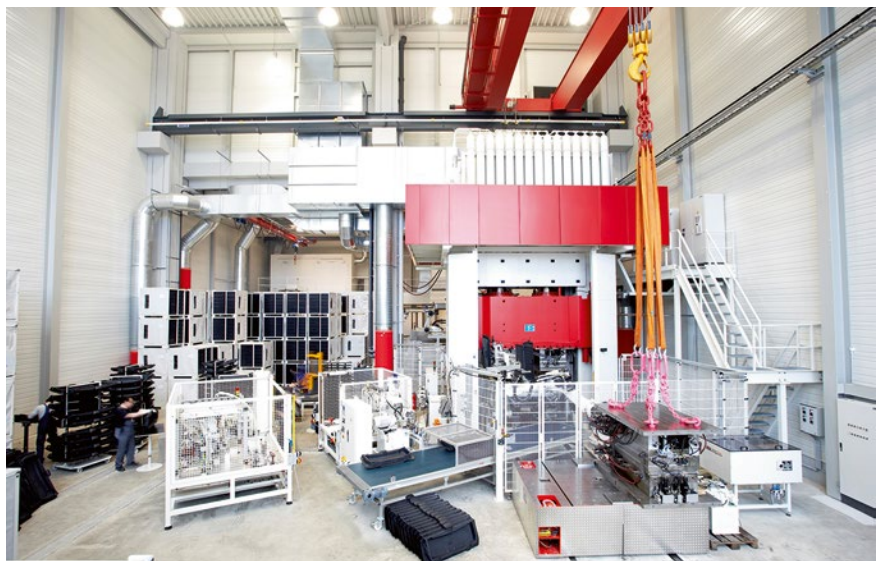


BILD 2 Eine vollautomatische Produktionsanlage in Markdorf. Herzstück der Anlage sind eine 3600-t-Vertikalpresse und eine von Weber Fibertech selbst entwickelte Anlage zur Aufbereitung und Applikation der Endlosfaser (© Weber Fibertech)



BILD 3 Der Querlenker, wie er aus der Presse kommt, also unbeschnitten (© Weber Fibertech)

Am Schluss steht ein Bauteil, dessen Gewicht mehr als 20 % reduziert werden konnte, obwohl der Querlenker ein typischer Fall für die Verwendung von Metallen darstellt – aufgrund der hohen Belastbarkeit und Sicherheit gegen Versagen. Für andere Anwendungen (Heckklappen, Dachelemente, Türstrukturen) sind dementsprechend höhere Gewichtseinsparungen von bis zu 50 % zu erwarten und teilweise auch schon realisiert worden.

Der Querlenker ist damit ein gutes Beispiel für die steigende Zahl von automobilen Leichtbauanwendungen im Multimaterialdesign. Dieses erfordert neben dem Einsatz von geeigneten Werkstoffkombinationen im Bauteil zusätzlich die Entwicklung wirtschaftlicher Herstellungsverfahren.

Prozesskräfte: Das Verhalten der Metalle

Das MultiForm-Verfahren kombiniert das Tiefziehen von Metallblechen mit dem Fließpressen langfaserverstärkter Thermoplaste unter Einsatz eines Haftvermittlers. Damit können Hybridbauteile zeit- und kosteneffizient hergestellt werden. Der im plastifizierten Zustand hochviskose Thermoplast verhält sich dabei analog zu einem Wirkmedium in hydromechanischen Umformprozessen und ermöglicht die Ausformung des Metallblechs, Bild 3.

Im MultiForm-Projekt sollten daher prozessbedingte Temperatur- und Reibeinflüsse auf das Umformverhalten von Stahl

und Aluminium analysiert werden. Damit wollte man einerseits die Werkstoffauswahl erleichtern und andererseits eine sichere Bauteilauslegung mittels Simulation nach der Finite-Elemente-Methode (FEM-Simulation) ermöglichen.

Demnach galt es zunächst, von Stahl- und Aluminiumwerkstoffen spezifische Grenzformänderungskurven für das Fertigungsverfahren Hybridpressen zu ermitteln. Anschließend wurde die dazugehörige FEM-Umformsimulation für die Metalle angepasst.

Aufgrund der bisherigen Erfahrungen während der Prozessentwicklung kann bei Stahl von einer reduzierten Umformbarkeit

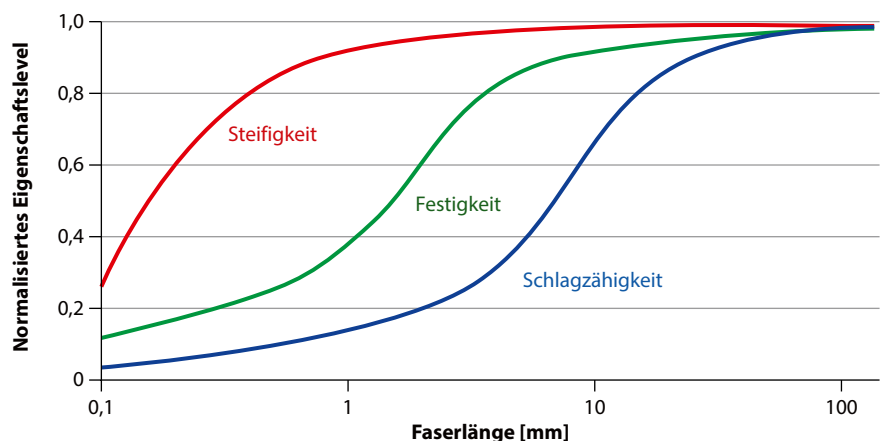
ausgegangen werden. Bei höherfesten Aluminiumlegierungen hingegen wird aufgrund eines positiven Temperatureinflusses des langfaserverstärkten Thermoplasts im plastifizierten Zustand eine verbesserte Umformbarkeit erwartet. Dies wird aber momentan noch detailliert untersucht.

Aluminium ist oft eine gute Wahl hinsichtlich optimaler Gewichtsreduzierung, vergleichbarem thermischem Verhalten und ausreichender Kraftaufnahme.

Für hochbeanspruchte crashrelevante Bauteile, für die ein duktileres Verhalten zur Energieabsorption notwendig ist, stellt die hybride Kombination von E-LFT mit Stahl die gute Lösung für optimale Gewichtsreduzierung und geforderte Festigkeit dar, wobei ähnliches thermisches Verhalten durch die Erhöhung des Glasfaseranteils erreicht wird.

Fließpressen im MultiForm-Verfahren

Das MultiForm-Verfahren nutzt neben dem Tiefziehen von Metallblechen das Fließpressen von LFT als Urformverfahren. Der Hauptvorteil des Fließpressens liegt in der Realisierung sehr großer Faserlängen von bis zu 25 mm, während die Längen im Spritzguss aufgrund der Injektoren auf maximal 2,0 mm begrenzt sind.



Quelle: Influence of fibre length and concentration on the properties of glass fibre-reinforced polypropylene: 1. Tensile and flexural modulus, J.L. Thomason und M.A. Vluc, 1996

BILD 4 Auswirkung der Faserlänge auf die mechanischen Eigenschaften des Kunststoffteils. Mit der im E-LFT-Verfahren erreichten Faserlänge im Bauteil können hochfeste thermoplastische Bauteile produziert werden (© Weber Fibertech)

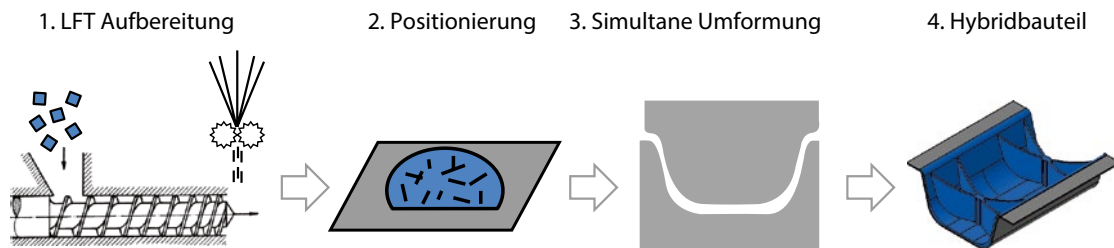


BILD 5 Schematische Darstellung der E-LFT-Hybrid-Technik. Auf der nicht vorgeformten Metallplatte wird das langfaserverstärkte Extrudat vollautomatisch positioniert und in einem Presshub gleichzeitig zum Hybridbauteil geformt (© Kloska/Universität Siegen)

Die Faserlänge und auch der mit dem Fließpressen verbundene hohe Faservolumengehalt haben großen Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften des Bauteils. Während die Steifigkeit eines faserverstärkten Kunststoffs ab einer Faserlänge von 1 mm nur noch moderat gesteigert werden kann, steigen die Werte für Festigkeit und Schlagzähigkeit signifikant an, **Bild 4**.

Des Weiteren kann bei langen Fasern und einem hohen Faseranteil durch eine nur geringe Neigung zu Schwindung und durch Verzug die Haltezeit im Werkzeug gegenüber dem Spritzgießverfahren reduziert werden. Durch den Einsatz eines Haftvermittlers als Vorbeschichtung auf dem Metallblech entsteht beim Hybridpressen direkt ein stoffschlüssiger Verbund zwischen Metallblech und LFT, wodurch ein nachträgliches Fügen entfällt. Der gesamte Fertigungsprozess ist in **Bild 5** dargestellt.

Nach der Aufbereitung wird der LFT direkt im Zyklus der vollautomatischen Anlage verarbeitet. Die Beschichtung des Metallblechs mit einem Haftvermittler erfolgt bereits vorab. Zur Aktivierung des Haftvermittlers muss das Metallblech vorge-

wärmt werden, bevor der LFT auf diesem platziert wird – je nach Werkzeuganordnung (Hut- oder Normallage) kann auch eine Platzierung des LFTs direkt auf dem Stempel erforderlich sein. Im dritten Schritt erfolgt die simultane Umformung von Metallblech

konventionell angetriebener Fahrzeuge weiter zu senken und andererseits die Reichweite von Elektrofahrzeugen zu erweitern.

Dabei kommen insbesondere Werkstoffe im Multimaterialdesign ins Spiel, die es erlauben, die Vorzüge verschiedener Werk-

Das MultiForm-Verfahren nutzt neben dem Tiefziehen von Metallblechen das Fließpressen von LFT als Urformverfahren.

und LFT. Dabei muss je nach Geometrie eine umlaufende Abdichtung durch einen Niederhalter oder durch zusätzliche Dichtelemente gewährleistet werden, **Bild 6**.

Einsatzmöglichkeiten

Das MultiForm-Verfahren empfiehlt sich immer dann, wenn durch leichtere Werkstoffe einerseits den Kraftstoffverbrauch

stoffe in einem Bauteil zu kombinieren. So können die hohen Festigkeiten von Metallen mit Kunststoffen kombiniert werden, die vergleichsweise einfach in komplexe Formen gebracht werden können und helfen, das Bauteilgewicht zu reduzieren. Ebenso bieten sich diese Werkstoffe für die crashrelevanten Bereiche in Karosserie und Fahrwerk von Kraftfahrzeugen an.

Aber selbst eine komplette Karosserie lässt sich im E-LFT-Hybrid-Verfahren herstellen. Die Karosserie entsteht im Kundenauftrag für ein Elektrofahrzeug, wobei aus dem Baukasten des Unternehmens je nach Lastfall E-LFT und E-LFT-Hybride auf Basis der MultiForm-Technik zum Einsatz kommen.

Das MultiForm-Verfahren eröffnet damit Thermoplasten den Weg in die automobilen Massenproduktion. Denn Duroplaste sind zwar fester, aber nicht zuletzt aufgrund der um den Faktor 3 erhöhten Zykluszeiten teuer. Demgegenüber lässt sich die geringere Festigkeit von Thermoplasten durch die Kombination von LFT, E-LFT und Metall ausgleichen. ◀



BILD 6 Der Querlenker, Fertigteil nach nachgelagertem Beschnitt (© Weber Fibertech)