

Exjection®: Spritzguss und Extrusion als Einheit erfolgreich

G. Steiner und Th. Krivec*

80 % weniger Energieverbrauch, 40 % reduziertes Investitionsvolumen und 20 % geringere Herstellkosten sind die Merkmale innovativer Technologien und Produkte, die vom IB Steiner und der Hybrid Composite Products GmbH in Spielberg entwickelt werden. Die Exjection®-Technologie trägt diese Merkmale und ermöglicht so signifikante Wettbewerbsvorteile am Markt. Nach der internationalen Präsentation des Verfahrens auf der K 2007 in Düsseldorf und auf der Fakuma 2008 in Friedrichshafen haben die ersten Serienanlagen die Produktion aufgenommen.

In einem Zeitraum von vier Jahren wurde die neue Exjection®-Technologie zur Herstellung von Leisten und Profilen mit funktionellen Geometrien entwickelt, erprobt und in den Markt eingeführt. Das IB Steiner (www.ibsteiner.com) hat zusammen mit der Hybrid Composite Products GmbH (www.hcp0.com), beide mit Sitz in Spielberg in Niederösterreich, das innovative Verfahren, welches die Extrusion mit dem Spritzgießen verbindet, erdacht und gemeinsam mit sehr kompetenten Partnern zur Serienreife gebracht [1-3]. Beide Unternehmen sind nach EN 9100 zertifiziert und damit auf sehr hohem Kompetenz- und Qualitätsniveau für die Entwicklung und Fertigung von anspruchsvollen Kunststoffkomponenten, insbesondere auch für den Einsatz in Flugzeugen, zugelassen. Die Wettbewerbsfähigkeit wird durch die Teilnahme an nationalen und internationalen Forschungsprogrammen und durch die Durchführung eigener F&E-Projekte erzielt und systematisch ausgebaut. Hervorgehoben sei an dieser Stelle auch die Entwicklung neuer Hybrid-Technologien, wie die MCDS-Technologie (Multi Component Damping System) und das Umspritzen von kompaktem Holz mit thermoplastischem Kunststoff [4, 5]. Die vorliegenden Ergebnisse aus den F&E-Projekten ermöglichen gerade unter schwierigen Wirtschaftsbedingungen neue Produkte und Markterfolge für zahlreiche Anwendungsgebiete. Bereits erteilte Patente auf die entwickelten Verfahren und Produkte sichern den technologischen Vorsprung des IB Steiner ab. In der Hybrid Composite Products GmbH werden die Produktionsbedingungen untersucht und Vorserien gefertigt. Das Know-how beider Unternehmen ist für Kunden in gemeinsamen Projekten verfügbar.

Profile und Leisten für die Flugzeugindustrie

Im Zuge von Interior-Baugruppenentwicklungen für Passagierflugzeuge, etwa für den Airbus A380, zusammen mit der HTP

Aircraft GmbH (www.hti-ag.at), Fohnsdorf, Steiermark, gibt es immer wieder Bedarf an Profilen und Leisten aus Hochleistungskunststoffen. Diese sind weder mittels Extrusion, noch durch Spritzgießen vorteilhaft zu fertigen. Die sehr anspruchsvolle Prozessführung bei der Extrusion und der geringe Laufmeterbedarf ergeben zusammen mit dem hohen Materialpreis der Hochtemperaturthermoplaste (zum Beispiel PPSU, PEI, PEEK) wirtschaftlich sehr ungünstige Rahmenbedingungen. Wird eine Leiste aus einem Profil durch Ablängen, Verklebung mit Endkappen und nachträglicher Strukturlackierung gefertigt, so steigen die Herstellkosten weiter signifikant an. Funktionelle Geometrien, wie Schnapphaken, Schraubdome und Querrippen, sowie strukturierte Oberflächen können in der Extrusion nicht mit angeformt werden. Dies ist im Spritzgießverfahren gut möglich, jedoch ist die Fließfähigkeit der Hochtemperaturthermoplaste bei geringen Wanddicken sehr eingeschränkt. Leisten mit Wanddicken von zirka 1,5 mm erfordern daher Mehrfächerbindungen, wenn diese eine Länge von deutlich über 200 mm aufweisen. Diese Mehrfächerbindungen führen zu Bindenähten, sofern man für den Spritzprozess nicht eine Kaskadensteuerung mit Nadelschlussdüsen heranziehen kann. Bei Hochtemperaturthermoplasten ist dies nur in Ausnahmefällen möglich. Ist zusätzlich noch eine mechanische Schwächung des Bauteiles infolge von Bindenähten unzulässig, wie beispielsweise bei Kabelbindern, so steht man bei der Auswahl des Herstellverfahrens vor einer scheinbar unlösbaren Aufgabe.

Extrusion + Spritzgießen = Exjection®

Mit der gewohnten Entwicklungssystematik haben sich die Ingenieure des IB Steiner im Sommer 2004 an die Lösung dieser Aufgabe gemacht. Klares Ziel: Nutzung der Vorteile der Extrusion und des Spritzgießens durch eine technologische Kombi-

nation beider Verfahren ohne Wirksamkeit der jeweiligen Nachteile. Extrusions-spritzgießen war angesagt. Nach wenigen Monaten haben die positiven Ergebnisse der systematischen Lösungsfindung und der grundsätzlichen Verfahrensentwicklung zur Anmeldung des Patentes für das neue Verfahren geführt, das mittlerweile erteilt ist [6]. Die innovative Technologie bekam den Namen Exjection®, kombiniert aus Extrusion und Injection. Neben nationalen und internationalen Markenrechten gibt es zurzeit mehrere Schutzrechte und Anmeldungen für das Verfahren, für die Formen und für die mit dem neuen Verfahren hergestellten Bauteile. Auch die Integration von Modulen einer Exjection®-Form in die Spritzgießmaschine, wie etwa des Antriebs oder des Schlittens, ist Gegenstand bereits erteilter Patente. Durch den Erwerb von Lizenzen kann das bestehende Know-how genutzt werden.

Nach sehr positiver Beurteilung der grundsätzlichen technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit, als Ergebnis einer Feasibility Study, wird Mitte 2005 ein Forschungsvorhaben gestartet. Träger sind das IB Steiner und die im September 2005 gegründete Hybrid Composite Products GmbH, die als Produktionsstätte für Exjection®-Bauteile aufgebaut wird. Mitfinanziert wird das mehrjährige Projekt im Rahmen der Start up-Initiative von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG) in Wien und von der Steirischen Wirtschaftsförderungsgesellschaft mbH (SFG) in Graz.

In das Projekt als Partner für den Bau der Forschungsform mit eingebunden waren von Beginn an der Werkzeugstahlspezialist Böhler Edelstahl GmbH & Co KG (www.boehler-edelstahl.com) und der Beschichtungsspezialist Oerlikon Balzers Coating Austria GmbH (www.oerlikon.com/balzers/at), beide Kapfenberg, Steiermark, der

* Dipl.-Ing. Gottfried Steiner und Dipl.-Ing. Thomas Krivec, beide IB Steiner, 8724 Spielberg, Österreich



Abbildung 1: 1 m lange Exjection®-Leisten aus ABS mit Y-Querschnitt und Endkappen.

Abbildung 2: Exjection®-Forschungsform auf der Engel e-motion 200/55. Foto: Engel

Normalien- und Heißkanalhersteller *Hasco Hasenclever GmbH + Co KG* (www.hasco.com), Lüdenscheid, Deutschland, sowie die *Kistler Instrumente AG* (www.kistler.com), Winterthur, Schweiz, als Spezialist für Druckmessung. Gebaut wurde die Forschungsform bei der *CAD-Plast GmbH* (www.cad-plast.de), Aichach, Deutschland. Mittlerweile hat sich auch die *Dema Engineering GmbH* (www.dema-eng.com) in Wolfsberg die Kompetenz für die Konstruktion und den Bau von Exjection®-Formen aufgebaut. Das Know-how für den Bau von Serienformen konnte somit bereits während der Grundlagenentwicklung und im Zuge der Durchführung der Prozessanalysen erarbeitet werden.

Exjection® ist serienreif

Als wesentlicher Meilenstein im Projekt wird die Exjection®-Forschungsform im Jänner 2006 im Technikum der Firma *Engel Austria GmbH* (www.engelglobal.com) in Schwertberg, Oberösterreich, in Betrieb genommen. Zuvor wurden erste Prozessanalysen mit einer Versuchsform an der *HTBL Kapfenberg* (www.htl-kapfenberg.ac.at) vorgenommen. Die ersten Exjection®-Bauteile werden gefertigt, der Prozess wird in seiner Funktion bestätigt. Im Mai 2007 wird der Nachweis der Serientauglichkeit erbracht: die in *Abbildung 1* dargestellten Exjection®-Bauteile mit einer Wanddicke von im Mittel 1,5 mm und einer Länge von 930 mm werden mit der weiterentwickelten Forschungsform in hoher Qualität gefertigt. Systematische Verfahrensanalysen auf einer Spritzgießmaschine *Engel e-motion* (siehe *Abbildung 2*) mit vertikal eingebauter Exjection®-Form ergeben die erwartete gute Einflussnahme auf den Prozess. Unterschiedliche Thermoplasttypen werden mit dem neuen Verfahren verarbeitet. Immer das gleiche, überaus positive Ergebnis: Die Bauteilqualität entspricht den hohen Anforderungen des Marktes.

Als Weltpremiere und Highlight der Spritzgießtechnik auf der *K 2007* in Düsseldorf wurde die innovative Exjection®-Technologie von Engel auf der vollelektrischen, holmlosen Horizontalmaschine

Engel e-motion 200/55 mit nur 550 kN Schließkraft präsentiert. Als „erste wirklich neue Technologie im Bereich Spritzgießen seit Jahren“, so die Meinung der Experten, ruft die Exjection®-Technologie ein enormes Echo in Fachkreisen hervor [7-10]. Die *Moldflow Corporation* (www.moldflow.com), Framingham/USA, steigt in das laufende Exjection®-Projekt ein. Der Exjection®-Prozess wird im Programmpaket *Moldflow Plastics Insight (MPI)* abgebildet und ermöglicht so die virtuelle Beurteilung und Optimierung von Bauteilen und Formen, die für die Fertigung nach dem neuen Verfahren ausgelegt werden. Als Beispiel für eine rheologische Simulation zeigt die *Abbildung 3* den Druckverlauf in der Formkavität für das Bauteil Steuerleiste aus ABS. Klar zu erkennen ist der vom Anschnitt aus abfallende Druck in Fließrichtung (Füllung bis zur Fließfront) und in Richtung der Schlittenbewegung (Nachdruck bis zur Erstarrung). Außerhalb dieser beiden Grenzen ist das Formnest offen [1].

Bei den *Arburg Technologie-Tagen 2008* feierte Exjection® auf dem neuen *Allrounder 375 V* Premiere [11, 12]. Die Ergebnisse der Zusammenarbeit zwischen dem Spritzgießmaschinenhersteller *Arburg GmbH + Co KG* (www.arburg.com), Loßburg/Deutschland, und dem Exjection®-Team wurden auch auf der *Fakuma 2008* in Friedrichshafen einem breiten Fachpubli-

kum vorgestellt. Auf der Vertikalmaschine mit 500 kN Schließkraft wird die Fertigung des technisch anspruchsvollen Bauteils Steuerleiste aus ABS mit einer Gesamtlänge von 660 mm gezeigt. *Abbildung 4* zeigt den *Allrounder 375 V* mit Freiraumsystem, der mit der in die *Selogica*-Steuerung integrierten Exjection®-Software ausgerüstet wurde. Durch das horizontal eingebaute Werkzeug erfolgt auch die Transferbewegung des Formnestes horizontal während des Einspritzvorgangs, wobei der Schlittenantrieb in den *Allrounder* integriert ist [13]. Dies wirkt sich zusätzlich positiv auf die Gesamtwirtschaftlichkeit der Exjection®-Anlage aus.

Mit den Exjection®-Anlagen von Engel und Arburg können mit kleinen Schließkräften sehr lange Bauteile hergestellt werden. Eine Gegenüberstellung mit den sonst zum Spritzgießen langer Teile erforderlichen Maschinen mit deutlich höheren Schließkräften zeigt, dass der Energieverbrauch mit Exjection® um zirka 80 % (!) reduziert werden kann. Beim Investitionsvolumen beträgt das Einsparpotential mit Exjection® im Schnitt etwa 40 % im Vergleich zum konventionellen Spritzguss. Daraus ergeben sich 20 % geringere Herstellkosten mit dem neuen Verfahren, entsprechend der Formel 80 / 40 / 20 für innovative Technologie mit überlegenen Produktvorteilen.

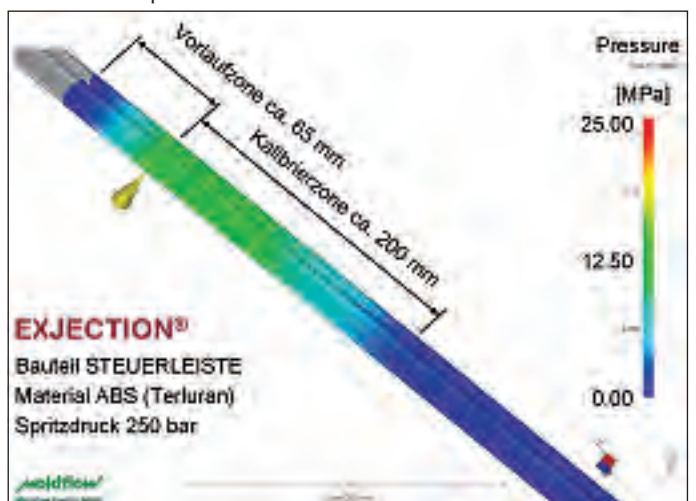


Abbildung 3: Druckverlauf in der Formkavität für das Bauteil Steuerleiste aus ABS, berechnet mit *Moldflow Plastics Insight™ (MPI)*.

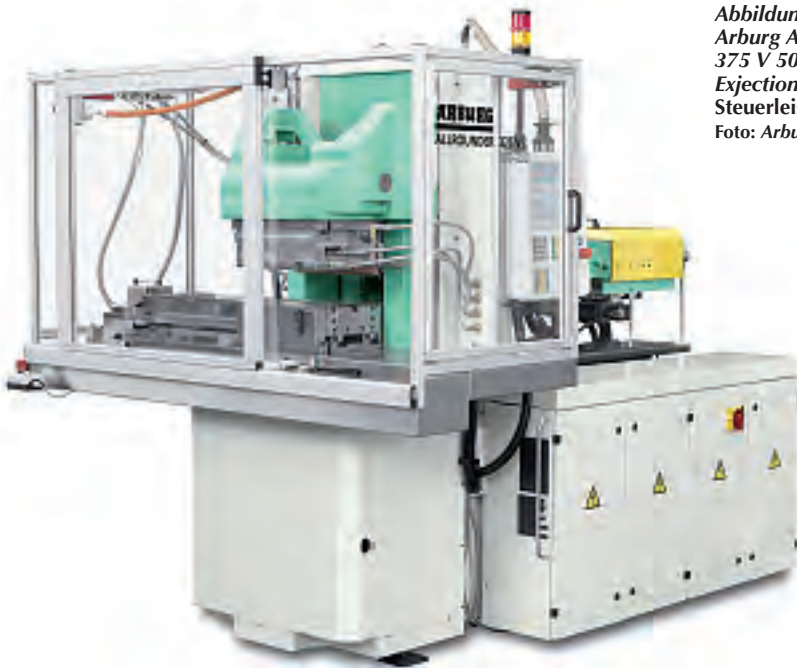


Abbildung 4:
Arburg Allrounder
375 V 500-290 mit
Exjection®-Form
Steuerleiste.
Foto: Arburg

Funktionell bessere Produkte zum geringeren Preis

Nach der Schaffung der Grundvoraussetzungen für den Serieneinsatz des neuen Fertigungsverfahrens steht diesem ein breites Anwendungsspektrum offen. Die klar nachvollziehbaren Verfahrensvorteile von Exjection® ergeben Bauteil- und Produkteigenschaften, die für den Kunden Alleinstellungsmerkmale sowohl in technisch-funktioneller als auch in wirtschaftlicher Hinsicht mit sich bringen. Als Exjection®-Bauteile eignen sich Leisten mit profilartigen Grundgeometrien und einer durchgehenden, linearen Anbindung am besten. In den laufenden Projekten stehen Produktinnovationen mehr im Vordergrund als konventionelles Redesign. Interessenten für die innovative Technologie finden sich in all jenen Wirtschaftsbereichen, die schon bisher längliche Kunststoffteile gefertigt und eingesetzt haben. Hervorzuheben sind vor allem die Bau- und Möbelindustrie, die Automobil- und die Luftfahrtindustrie sowie der Maschinenbau. Konkrete Produktbeispiele aus der Serienumsetzung sind Bau- und Möbelprofile, LED-Lichtleisten, Lampenabdeckungen, Kabelkanäle, Kabelbinder, Zahnstangen und Zierleisten für die Automobilindustrie.

Zur Beurteilung der Kostenvorteile des neuen Verfahrens wurde eine Kalkulation

der Stückkosten für eine Leiste aus ABS entsprechend *Abbildung 1* vorgenommen [1]. Beim Vergleich der Fertigungsverfahren

- konventioneller Spritzguss,
- Spritzguss mit Kaskadentechnologie,
- Exjection®,
- Extrusion ohne Nachbearbeitung (nur Profil) und
- Extrusion mit Nachbearbeitung

wurden die Stückkosten ermittelt. Die Ergebnisse dieser Kalkulation sind in *Tabelle 1* aufgelistet. Obwohl die Formkosten bei der Exjection®-Technologie am höchsten sind, führen die deutlich geringeren Anlagenkosten zu den geringsten Herstellkosten von 1,24 Euro/Stück im Vergleich der Spritzgießverfahren. Sind bei der Leistenherstellung aus extrudierten Profilen Nachbearbeitungsschritte, wie Verkleben von Endkappen, Schleifen oder Lackieren erforderlich, so sind mit Exjection® Herstellkosteneinsparungen von bis zu 70% möglich.

Neben den enormen wirtschaftlichen Vorteilen sind auch die Eigenschaften der mit der neuen Technologie hergestellten Bauteile ausgezeichnet. In enger Zusammenarbeit mit den Rohstoffherstellern wurde mit den Exjection®-Formen eine Vielzahl von Materialien bemustert.

Die Herstellung von Exjection®-Bauteilen aus Standardthermoplasten (unter anderen ABS, SAN, PP, PVC) war genauso erfolgreich wie jene aus den technischen Thermoplasten (unter anderen POM, PBT, PC, PMMA, PA6, PA66) und thermoplastischen Elastomeren (unter anderen TPU, Ionomer, TPE). In Versuchen mit den Hochleistungsthermoplasten PEI (*Ultem*), PPSU (*Radel R*) und PEEK (*Victrex Peek*) wurden Leisten mit einer Bauteilqualität hergestellt, wie sie bei konventioneller Herstellung mittels Spritzguss oder Extrusion nicht möglich ist. Es zeigte sich, dass höher molekulare, zäh fließende Kunststofftypen, die sich durch ein sehr gutes mechanisches Eigenschaftsprofil auszeichnen, für Exjection® besonders geeignet sind.

Zur Beurteilung der Werkstoff- und Bauteileigenschaften bei der Verarbeitung von Kunststoffen im Exjection®-Verfahren konnte mit dem Rohstoffhersteller *Ticona GmbH* (www.ticona.com), Kelsterbach, Deutschland, eine Zusammenarbeit vereinbart werden. Der renommierte Hersteller von technischen Thermoplasten wird dabei sein Werkstoff-Know-how in die derzeit laufenden Aktivitäten zur Serienumsetzung einbringen. Ein Schwerpunkt der Kooperation wird dabei auf den Werkstoffbereich *Hostaform* (POM) gelegt, wo das Exjection®-Verfahren bisher nicht gekannte Möglichkeiten eröffnet. So können erstmals Gleitleisten oder Zahnstangen in Längen von einem Meter und mehr aus den mechanisch höherwertigen, dem Spritzgießer nicht einfach zugängigen, hochviskosen *Hostaform C2521* mit guter Detailabformung und geringem Verzug gefertigt werden.

Der Exjection®-Prozess

Der Exjection®-Prozess beginnt nach dem Schließen des Werkzeuges auf der Spritzgießmaschine konventionell mit dem Einspritzen in die Kavität. Der Schlitten der Exjection®-Form steht in der Ausgangsposition. Im Schlitten ist die gesamte Bauteilgeometrie eingeformt, wobei die Formnest über die gesamte Länge des Anschnitts offen ist. Ein Schwert auf der feststehenden Düsenseite der Form dichtet das Formnest partiell ab und wirkt als Extrusionswerkzeug mit Kalibriereinheit. Diese für die Exjection®-Formen verfahrensrelevanten Formkomponenten wurden gemeinsam mit *Hasco* entwickelt und gebaut [1].

Wie in der Prinzipskizze in *Abbildung 5* dargestellt, fließt die Schmelze mit mehreren 100 bar über eine Heißkanaldüse vom Anschnitt weg in die offene Kavität und füllt den Endbereich. Noch bevor die Schmelze die zirka 100 mm lange, variotherm beheizte Vorlaufzone verlässt, beginnt sich der Schlitten entgegen der Spritzrichtung zu bewegen. Der Einspritzvorgang läuft primär druck geregelt ab, wobei Fließfrontgeschwindigkeit und Schlittenbewegung harmonisiert werden. Damit eilt der Anschnitt der Fließfront hinterher.

Bei konstantem Druck und niedrigen Scherraten werden auch sehr lange Ka-

Verfahren	Zykluszeit	Investment für Formen in EUR	Herstellkosten in EUR/Stk.
Konventioneller Spritzguss	35 s	67 000,-	1,40
Spritzguss mit Kaskadentechnologie	44 s	87 000,-	1,66
Exjection®	44 s	100 000,-	1,24
Extrusion (nur Profil)	180 lfm/Std.	15 000,-	0,55
Extrusion mit Nachbearbeitung	180 lfm/Std.	25 000,-	4,35

Tabelle 1: Kalkulation der Stückkosten für eine 1 m lange Leiste aus ABS mit Zykluszeiten und Investitionsbedarf für verschiedene Herstellverfahren (Erläuterungen siehe Text).

vitäten gleichmäßig gefüllt, wobei Bindenähte vermieden und eine gleichmäßige Pigment- und Füllstoffverteilung im Bauteil erzielt werden. Schlittengeschwindigkeit und Einspritzprofil werden über die Bauteillänge durch Vorgabewerte und Geschwindigkeitsprofile gesteuert. Regelgröße sind dabei der Profilquerschnitt und die Bauteildicke, die in Abhängigkeit vom Spritzmaterial und den Prozesstemperaturen die Abkühlgeschwindigkeit und damit die Schlittengeschwindigkeit bestimmen. Bei einem durch Funktionselemente oder variabler Wanddicke veränderten Querschnitt werden die Schlittengeschwindigkeit und/oder die Einspritzgeschwindigkeit angepasst und ermöglichen so eine homogene Füllung der Kavität. Die thermoplastische Schmelze kühlt von der Fließfront weg an der Formnestoberfläche ab und unterliegt, wie in *Abbildung 5* gezeigt, einem Nachdruckverlauf, bis die Schmelze über die gesamte Wanddicke erstarrt ist. Je nach Viskosität der Schmelze, Füllgeschwindigkeit und Bauteilwanddicke können Fülldrücke, und damit auch Nachdrücke, im Bereich von etwa 50 bar bis 200 bar gewählt werden. Nach der Erstarrung verlässt die extrudierte Oberfläche die Kalibrierzone des Düseneinsatzes und tritt ins Freie [1].

Wenn der Anschnitt das Ende der Kavität erreicht, wird der Schlitten zum Stillstand gebracht und der Einspritzvorgang durch den Nachdruck abgeschlossen. Abkühlen, Aufdosieren, Formöffnen und Zurückfahren des Schlittens in die Ausgangsposition ergeben die Gesamtzykluszeit für den *Exjection*®-Prozess, der jenem eines Spritzgussprozesses mit Kaskadensteuerung bei Füllung von einem Bauteilende aus entspricht (siehe *Tabelle 1*).

Gut möglich: Sonderprozesse des Spritzgießens

Betrachtet man die grundsätzlichen Einsatzmöglichkeiten für die *Exjection*®-Technologie, so sind mit dieser sehr viele Sonderprozesse des Spritzgießens, wie In mold-Technologie, Hybridspritzguss und Mehrkomponententechnik realisierbar. Ob die Mehrkomponenten-Bauteile schlussendlich in Umlegetechnik, Kernrückzugs-

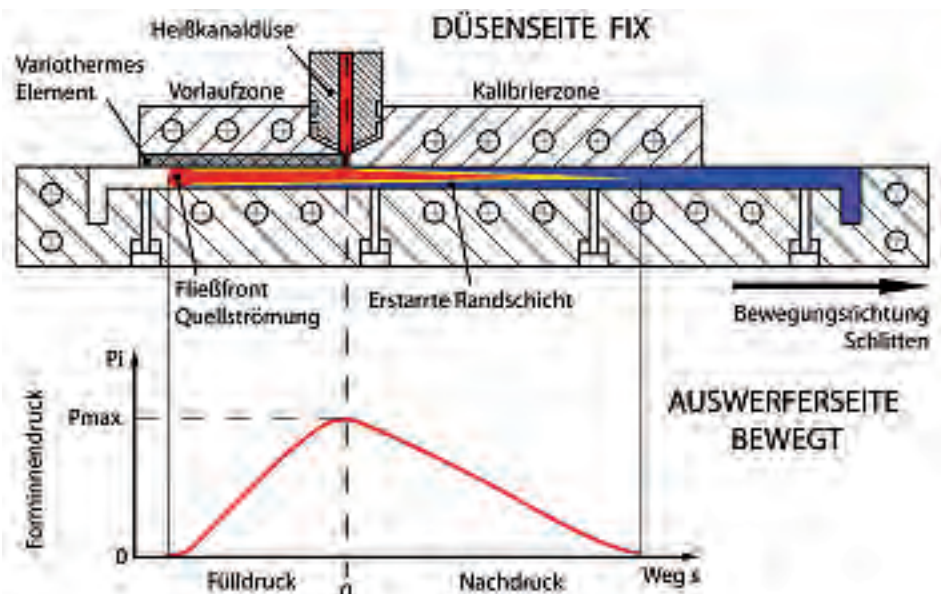


Abbildung 5: Füllverhalten beim *Exjection*®-Prozess mit freier Fließfront und Wirksamkeit des Nachdrucks (Prinzipskizze).

technik oder anderen Technologien gefertigt werden, ist in Abhängigkeit von technischen und wirtschaftlichen Parametern für die jeweilige Bauteilgeometrie festzulegen. Weiters können durch die Dekoration mit Folien, Stoffen und Holzfurnieren sowie durch das An- und Umspritzen von Einlegeteilen aus Glas, Metall, Holz und Hochleistungsverbundwerkstoffen Montagekosten eingespart und sehr spezielle Bauteileigenschaften erzielt werden. Hohle Rohrabschnitte und profilierte Bauteile mit einer steifen Kernschicht aus einem anderen Werkstoff sind ebenfalls herstellbar.

Das Hinterspritzen von Folien und das Umspritzen eines Holz-Einlegeteils wurden im Zuge der Verfahrensentwicklung bereits erfolgreich durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass der geringe Forminnendruckbedarf der *Exjection*®-Technologie in Kombination mit der gleichmäßigen Füllung von einem Bauteilende aus für den Hinterspritzprozess enorme Vorteile bringt. Die Versuche mit gefüllten Materialien (kurz- und langglasfaserverstärkte Typen, Mineralfüllung, Effektpigmentierung) zeigen allesamt eine sehr gleichmäßige Verteilung

der Füllstoffe und Pigmente über die Länge des bindenahtfreien Bauteils.

Gemeinsamkeit macht stark: Hybridtechnik

Im Bereich der Mehrkomponententechnologie bietet insbesondere die Hybridtechnologie, also die Verbindung von Metall, Keramik oder massivem Holz mit Kunststoff ein enormes Potential (*Abbildungen 6* und *7*). Wo der Kunststoff zu wenig an Steifigkeit zu bieten hat, kann ein Metallträger die notwendigen Kräfte aufnehmen. Keramik liefert Verschleißfestigkeit, während der Kunststoff für die Funktionalisierung des Bauteils sorgt und gleichzeitig die gewohnte Designfreiheit bietet. Dies alles ist im konventionellen Spritzguss heute Stand der Technik. Eine technische und wirtschaftliche Herausforderung sind noch immer Hybridbauteile mit großer Länge, da die Fließwege sehr lang und die erforderlichen Spritzgießmaschinen groß und teuer sind. Auch das Extrusionsverfahren bietet in solchen Fällen keine Alternative. Nur in einigen Nischen der Profilextrusion, wo metallische Trägerprofile ummantelt werden, ist die Hybridtechnologie Stand der Technik.

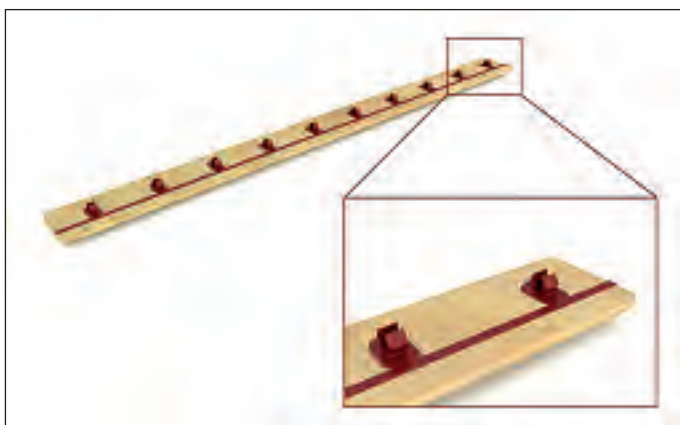


Abbildung 6: Holz+Kunststoff-Hybridleiste mit funktionellen Schnapp-elementen.

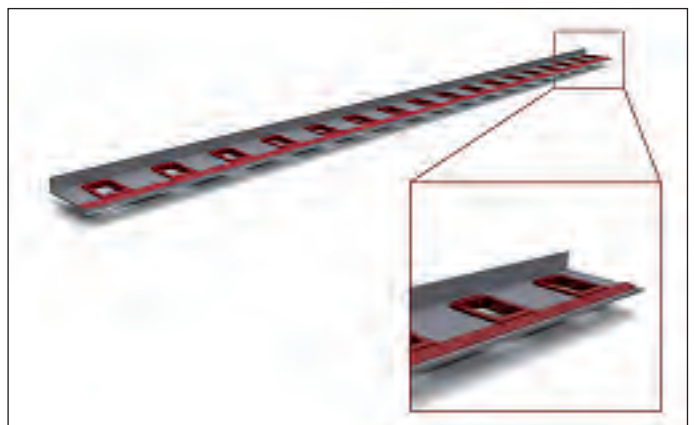


Abbildung 7: *Exjection*®-Bauteil als Metall+Kunststoff-Hybrid ausgeführt.

Die *Exjection*[®]-Technologie liefert die Lösung: Kurze Fließwege, geringe Krücke und kleine Maschinen sind die Kennzeichen des neuen Verfahrens. Im Gegensatz zur Extrusion bietet *Exjection*[®] große Freiheiten beim Bauteildesign. Sämtliche Hybridtechnologien, die aus dem Spritzguss bekannt sind, sind auch bei langen Bauteilen mit *Exjection*[®] realisierbar.

Dabei werden wieder die grundsätzlichen *Exjection*[®]-Vorteile schlagend:

- Das niedrige Druckniveau in der Kavität führt während der Füllphase zu einer geringeren Belastung und damit zu geringen Verformungen der Einlegeteile. Längere Einlegeteile mit geringeren Wanddicken werden bei gleichzeitig einfacher Abstützung der Einlegeteile in der Form möglich.
- Das Bauteil wird homogen über die Bauteillänge gefüllt. Jedes Stück erlebt die gleiche Füllgeschichte. Das gilt natürlich auch für das Einlegeteil, welches einfach und kostengünstig gestaltet werden kann.
- Durch die niedrigen Fließgeschwindigkeiten der Schmelze wird die Oberfläche des Einlegers geschont. Da der Angusspunkt über die Füllphase nicht örtlich stationär ist, treten Auswaschungen an Dekorfolien, Verbrennungen an Holz furnieren oder mechanische Verformungen an dünnen Metallträgern nicht auf. Im *Exjection*[®]-Prozess überstreicht der Angusspunkt das ganze Bauteil und damit werden empfindliche Einlegematerialien nur für einen kurzen Moment der einströmenden Schmelze ausgesetzt.

Für die Fertigung von Holz+Kunststoff-Hybriden drängt sich *Exjection*[®] geradezu auf, da viele Bauteile aus Holz leistenartig sind. Die dargelegten Vorteile führen zu einem funktionalisierten Bauteil mit vorteilhaften Holzeigenschaften, wie *Abbildung 6* beispielhaft zeigt. Einfache Montage durch Schnapphaken, Schutz gegen Verwitterung am Stirnholz und Toleranzausgleich bei Feuchteaufnahme sind für Hersteller und Konsumenten gleichermaßen interessant. Aber die Vorteile wirken sich nicht nur auf die Performance der Bauteile aus: Der geringe Schließkraftbedarf von *Exjection*[®] ermöglicht den Einsatz kleiner Maschinen mit 50 oder 100 Tonnen Schließkraft für Bauteile mit Längen von 2 Metern und mehr. Die Kosten für Holz+Kunststoff-Produkte der neuen Generation können damit gering gehalten werden und die Wirtschaftlichkeit in der Produktion steigt.

Die Vorteile von *Exjection*[®] sind analog zum Holz auch für Metall+Kunststoff-Hybride gegeben. Das Funktionalisieren von langen Metallbauteilen durch Umspritzen bietet in verschiedensten Anwendungsbereichen, so zum Beispiel in der Elektroindustrie, ein hohes Potential. Vorgestanzte Blechleisten die direkt mit elektrisch isolierenden Elementen versehen werden, Unterlegeleisten mit mechanischen Dämpfungselementen aus einem

TPE oder Metallprofile mit Befestigungselementen zur Unterstützung von Montagevorgängen sind nur einige Beispiele für vorteilhafte Anwendungen. Eines davon zeigt *Abbildung 7*.

In Mold Decoration: Sehr lang und schön mit *Exjection*[®]

Neben rein funktionellen Einlegeteilen haben im Spritzgussbereich in den letzten 15 Jahren immer mehr Anwendungen mit dekorativen Einlegeteilen Einzug gehalten. Ob In Mold Decoration, In Mold Labelling oder Stoffhinterspritzen: auch das ist mit *Exjection*[®] möglich und bereits Realität. Analog zum konventionellen Spritzguss werden bei *Exjection*[®] die Dekore oder Dekorträger in die Form eingelegt und hinterspritzt. Dabei kommen wieder die Vorteile des *Exjection*[®]-Prozesses zum Tragen. Durch die charakteristische Füllung der Kavität wird das Dekor geringst möglich beansprucht. Zwei Hauptfaktoren sind hervorzuheben: Zum einen wird der Kontakt zwischen Dekor und Folie an der freien Fließfront bei sehr geringen Fließgeschwindigkeiten etabliert, zum anderen wird die Folie in Folge des nicht stationären Angusspunktes in Bezug auf Auswaschungen oder Verbrennungen weitgehend geschont. Der Einsatz von empfindlichen Dekoren wird so überhaupt erst möglich.

Fazit und Ausblick

Innovative Unternehmen, die sich den USP und die Produktvorteile der *Exjection*[®]-Technologie bereits frühzeitig durch Zeichnung von *Exjection*[®]-Lizenzen gesichert haben, haben die Umsetzung erster Serienbauteile, die mittels der *Exjection*[®]-Technologie hergestellt werden, nahezu abgeschlossen. Die dazu erforderlichen Formen sind auf Basis unterschiedlicher Konzepte konstruiert und gebaut. Das für die Fertigung erforderliche Prozess-Know-how liegt für diese Serienbauteile als Ergebnis umfangreicher Versuchsreihen vor. Die Methoden und Richtlinien für die Auslegung der Bauteile, die mit *Exjection*[®] hergestellt werden, basieren auf bereits mehrjährigen Erfahrungswerten und nutzen zeitgemäße CAX-Tools. Die *Exjection*[®]-Technologie ist eine ausgezeichnete Möglichkeit, sich im schwierigen Marktumfeld zu differenzieren und zu behaupten.

Danksagung

Das Projekt „*Exjection*[®]-Herstellung profilierter Kunststoffteile im Spritzgussverfahren“ wurde innerhalb der Brancheniinitiative *BRA.IN Kunststoffwirtschaft der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG)* in Wien (www.ffg.at), durchgeführt. Ohne die für Feasibility Studies und Start up-Förderung von der *FFG* zusammen mit der *Steirischen Wirtschaftsförderungsgesellschaft mbH (SFG)* in Graz (www.sfg.at), erteilte finanzielle Unterstützung, wäre eine Realisierung des Forschungsvorhabens nicht möglich gewesen.

IB Steiner

Poststraße 12, A-8724 Spielberg

Telefon: +43 3512 72776-0

Fax: +43 3512 727766

exjection@ibsteiner.com

www.exjection.com

Kurzbiographie der Autoren

Dipl.-Ing. *Gottfried Steiner*, Jahrgang 1958, Absolvent der Montanuniversität Leoben, gründete 1995 das Ingenieurbüro *IB Steiner* in Spielberg. Die Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkte liegen unter anderem in den Bereichen Produktentstehung, Aircraft Interiors, Holz + Kunststoff und innovative Technologien (g.steiner@ibsteiner.com).

Dipl.-Ing. *Thomas Krivec*, Jahrgang 1971, Absolvent der Montanuniversität Leoben, ist seit 2001 als Projektingenieur für Baugruppen- und Technologieentwicklungen, speziell für Aircraft Interiors und *Exjection*[®] beim *IB Steiner* beschäftigt (t.krivec@ibsteiner.com).

Literatur

- [1] *Steiner, G.; Eichler, H.*: Spritzgießen um Längen voraus. *Kunststoffe international* 98 (2008) 4, S. 24-28.
- [2] *Steiner, G.; Krivec, T.*: *Exjection*[®]: Serienumsetzung läuft. *Kunststoff-Berater* 3/2008, S. 30-35.
- [3] *Knights, M.*: Close-Up On Technology: Injection Molding. New Low-Pressure Process Molds Long Profiles On Small Presses. *Plastics Technology*, July 2008, S 45-47
- [4] *Steiner, G.; Gerndorf, R.*: Kunststoff-Metall-Hybride der neuen Generation. *Kunststoffe* 94 (2004) 7; S 83-87.
- [5] *Rinnerhofer, T.; Steiner G.*: T.Win Tee – Ein Holz-Kunststoff-Produkt für den Golfport. *Der Absolvent* 19. Folge (2003), S 16-18.
- [6] *Patent AT 500 932 B1*, angemeldet am 21. Okt. 2004, erteilt am 15. Dez. 2006.
- [7] *Sambale, H.*: Spritzgießen profilähnlicher Kunststoffteile. *Kunststoffe Technik-Trends* auf www.kunststoffe.de, 08/2007.
- [8] *Exjection*[®] kombiniert Extrusion und Spritzguss – Weltneuheit: Lange, profilierte Kunststoffteile aus der Spritzgießmaschine. *Kunststoff-Berater* 10/2007, S. 57-59.
- [9] *Exjection: Kunststoffe* 97 (2007) 8, S. 65; *Kunststoffe* 97 (2007) 9, S. 48; *Kunststoffe* 97 (2007) 12, S. 56 und 64.
- [10] Das war die K2007: Besucherrekord bei *Engel*. Pressemeldung auf www.engelglobal.com, 11/2007.
- [11] Rekord geknackt: Über 4.100 Besucher auf den Technologie-Tagen bei *Arburg*. Pressemitteilung auf www.arburg.com, 04/2008.
- [12] Maschinenreihe *Allrounder V* wächst: Neuer *Allrounder 375V* mit *Exjection*. Pressemitteilung auf www.arburg.com, 05/2008.
- [13] *Steiner, G.*: Spuitgieten en extruderen tegelijk: *Exjection*, voordeel over de volle lengte. *Kunststof en Rubber*, Nr. 6 - Juni 2008, S. 26-29. ■