



Leseprobe

Erwin Bürkle, Hans Wobbe

Kombinationstechnologien auf Basis des Spritzgießverfahrens

ISBN (Buch): 978-3-446-44300-6

ISBN (E-Book): 978-3-446-44608-3

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-44300-6>

sowie im Buchhandel.

Vorwort

Nahezu vier Jahrzehnte begleiten wir als Maschinenbauer die Entwicklung der Kunststoffverarbeitung. Unser Schwerpunkt lag und liegt auf der Entwicklung von Maschinen und Prozessen für die Spritzgießtechnik.

Geprägt wurde diese Zeit neben der reinen Maschinenteknik vordergründig von der Entwicklung zahlreicher Sonderverfahren des Spritzgießens. Die Ansätze dazu entstanden an Hochschul- und Forschungsinstituten, bei den Maschinenbauunternehmen und zum Teil bei den Rohstoffherstellern, immer getrieben durch die steigenden Anforderungen an neue Produkte aus den verschiedensten Branchen - voran der Automobilindustrie.

Im Laufe der Zeit erschöpften sich die Ideen für weitere Verfahrensabwandlungen, und so wurde der Blick geschärft, über Verfahrensgrenzen hinaus nach neuen Lösungsmöglichkeiten zu suchen. Dabei entstanden bis heute Kombinationen auf der Basis der Spritzgießtechnik mit Compoundiermaschinen, Polyurethananlagen, Umformverfahren, Metalldruckgießtechnik, Blasformen und Partikelschaumtechnologie.

Im vorliegenden Buch werden (moderne) und innovative Kombinationstechnologien, deren Prozessgrundlagen und Besonderheiten, ihre spezielle Maschinen- und Werkzeugtechnik sowie die Peripherie und Anlagentechnik ausführlich beschrieben. Zudem wird ihr jeweiliges Einsatzgebiet anhand aktueller Anwendungsbeispiele aus der Praxis veranschaulicht. Die Beispiele sollen dem Leser zum einen eine gewisse Sicherheit zur Machbarkeit solcher "komplexer" Prozesse geben, zum anderen aber zu Ideen anregen für zukünftige Anwendungsmöglichkeiten und Potenziale eröffnen für die Herstellbarkeit neuer Produkte.

Am vorliegenden Buch haben renommierte Fachleute aus Wissenschaft und Industrie mitgewirkt. Unser besonderer Dank gilt den Autoren der einzelnen Kapitel und Abschnitte, für ihre Bereitschaft zur Mitarbeit und die Ausdauer bis zur Entstehung des Werkes sowie Herrn Florian Petzinka für die gekonnte künstlerische Gestaltung des Coverbildes. Wir bedanken uns auch bei den Firmen und Instituten, die uns vielfältiges Bild- und Filmmaterial zur Verfügung gestellt haben. Weiterhin sind die Herausgeber den Mitarbeitern des Carl Hanser Verlages, insbeson-

dere unserer Lektorin Frau Ulrike Wittmann, zu großem Dank verpflichtet, für ihre Hilfsbereitschaft und großzügige Unterstützung bei der Koordination der Arbeiten im Verlag. Ein ganz besonderer Dank geht an Frau Angelika Wobbe, die nicht nur die Fäden zusammenhalten musste, sondern auch für ihr Engagement bei der sorgfältigen Durchsicht und Korrektur der einzelnen Buchkapitel.

Benediktbeuern/Hitzacker im Herbst 2015

Erwin Bürkle

Hans Wobbe

Inhalt

Vorwort	VII
Geleitwort	IX
Inhalt	XI
Einleitung	1
<i>Erwin Bürkle und Hans Wobbe</i>	
1 Impulse und Motivation für die Kombinationstechnologien	5
<i>Erwin Bürkle</i>	
Literatur	11
2 Definition und Merkmale der Kombinationstechnologie	13
<i>Hans Wobbe</i>	
2.1 Risiken der Verkettung	13
2.2 Know-how als Möglichkeit oder Last	14
2.3 Qualität und Qualitätskontrolle	15
2.4 Raum-/Platzbedarf	16
2.5 Logistikkosten	17
2.6 Energiebilanzen	17
2.7 Anlagenbedienung	18
2.8 Gesamtkostenbetrachtung	18

3	Maschinenbauliche Grundlagen für Prozesskombinationen	21
	<i>Hans Wobbe</i>	
3.1	Maschinentechnik	23
3.1.1	Materialaufbereitung von Thermoplasten	23
3.1.2	Materialaufbereitung von Metallen	27
3.1.3	Variantenkonstruktion von Aggregatskombinationen der Spritzgießmaschine	28
3.1.4	Das Kolbenspritzaggregat	29
3.1.5	Modifikation der Schließeinheit für Kombinationstechnologien	32
	Literatur	35
3.2	Werkzeugtechnik und Peripherie	35
	<i>Erwin Bürkle und Manuela Schmidbauer</i>	
3.2.1	Werkzeugtechnik	36
3.2.1.1	Die Designgrade der Mehrkomponententechnologien . .	38
3.2.1.2	Vom Drehen und Wenden	39
3.2.1.3	Spritzgießen und Überfluten mit reaktiven Werkstoffsystemen	42
3.2.1.4	Kunststoffspritzgießen und Metalldruckgießen in einem Werkzeug	50
3.2.1.5	Werkzeugtechnik für Umformen und Urformen	51
3.2.1.6	Werkzeugtechnik für Partikelschäumen und Spritzgießen	55
3.2.2	Peripherie	58
	Literatur	65
3.3	Steuerungsgrundlagen	65
	<i>Thomas Kosthorst</i>	
	Literatur	74
4	Kombinationstechnologie: Spritzgießen und Compoundieren . .	75
	<i>Hans Wobbe</i>	
4.1	Grundlagen zum Prozess	76
4.1.1	Dosieraggregate	77
4.1.2	Zweischneckenextruder	78
4.2	Maschinen- und Funktionsbeschreibung eines Spritzgießcompounders	80
4.3	Vorteile des Verfahrens	84
4.4	Anwendungsbeispiele	85
4.4.1	Waschmaschinengewicht	85
4.4.2	Automobil-Frontend-Montageträger	86

4.4.3	Kunststoffpaletten	87
4.5	Abgrenzung der Wettbewerbsverfahren zum Prinzip des Spritzgießcompounders	88
4.5.1	Direct Compounding Injection Molding (DCIM)	88
4.5.2	Direktspritzgießen	90
4.5.3	Abgrenzung der Verfahren zueinander	91
4.6	Zukunft des Spritzgießcompoundierens	93
	Literatur	93
5	Kombinationstechnologie: Spritzgießen und PU-Überfluten	95
	<i>Martin Würtele</i>	
5.1	Grundlagen zum Prozess	97
5.1.1	Produktionstechnik	97
5.1.2	Materialauswahl	98
5.1.3	Designnutzen	104
5.1.4	Wirtschaftlichkeit	109
5.2	Maschinenlayout	112
5.2.1	Mischkopftechnologie	113
5.2.2	Dosiertechnik	118
5.2.3	Werkzeugtechnik	123
5.2.4	Automation und Nachbearbeitung	128
5.3	Anwendungsbeispiele	131
5.3.1	Haptische Schicht	131
5.3.2	Optische Schicht	142
	Literatur	154
5.4	Sonderbeispiel „Varysoft“ – Softtouch nach Maß	156
	<i>Roger Kaufmann</i>	
5.4.1	Varysoft 1.0	157
5.4.2	Varysoft 2.0	158
6	Kombinationstechnologie: Spritz-Streckblasen	163
	<i>Peter Heidemeyer</i>	
6.1	Das GITBlow-Verfahren	164
6.1.1	Verfahrensablauf	164
6.1.1.1	Herstellung des Vorformlings	165
6.1.1.2	Aufblasen zur Endkontur	166
6.1.2	Verfahrenstechnische Aussagen	170
6.1.3	Potenzielle Anwendungen	170
6.2	Das inject2blow-Verfahren	171

6.2.1	Verfahrensablauf	171
6.2.2	Maschinenteknik für inject2blow	173
6.2.2.1	Flexibilität durch Wechseleinsätze	174
6.2.3	Verfahrenstechnik	174
6.2.4	Anwendungen in der Praxis	175
6.3	Injection(Stretch-) Blow Molding I(S)BM	176
6.3.1	Verfahrensabläufe im I(S)BM	176
6.3.1.1	Injection Blow Molding (IBM)	177
6.3.1.2	Injection Stretch Blow Molding (ISBM)	177
6.3.2	Maschinenteknik	179
6.3.2.1	Injection Blow Molding (IBM)	179
6.3.2.2	Injection Stretch Blow Molding (ISBM)	179
6.3.3	Verfahrenstechnik	180
6.3.4	Anwendungen in der Praxis	181
	Literatur	182
7	Kombinationstechnologie: PUR-Dichtungsauftrag	185
	<i>Michael Fischer</i>	
7.1	Integriert in die Spritzgießmaschine	185
7.1.1	Einleitung	185
7.1.2	Übersicht über die PUR-Verarbeitungsverfahren für Dichtraupen	187
7.1.2.1	Grundlegendes zur PUR-Verarbeitung/Dichtraupe	187
7.1.2.2	2K-Niederdruckverfahren	188
7.1.2.3	1K-Verfahren	194
7.2	Integriert in die Spritzgießzelle	203
7.2.1	2K-Niederdruckverfahren integriert in die Spritzgießzelle	203
7.2.1.1	Adaption der Reaktionskinetik	203
7.2.1.2	Anlagenkonzept	204
7.2.2	1K-Verfahren integriert in die Spritzgießzelle	209
7.2.2.1	Reaktionskinetik	209
7.2.2.2	Anlagentechnik	209
	Literatur	213
8	Kombinationstechnologie: Spritzgießen und Metalldruckguss	215
	<i>Johannes Wunderle</i>	
8.1	Materialien	217
8.1.1	Materialkombinationen und Verbundfestigkeit	220
8.2	Leiterbahndimensionierung und Möglichkeit der Kontaktierung	220
8.2.1	Einfluss der Temperierung auf die erzielbare Leiterbahnlänge	221

8.2.2	Kontaktierbarkeit von metallischen Einlegeteilen	225
8.2.3	Stromtragfähigkeit: Simulation der Wärmeentwicklung	226
8.3	Anlagen- und Prozesstechnik für das IMKS	228
8.3.1	Druckgießaggregat zur Verarbeitung der niedrig schmelzenden Metalllegierung	229
8.3.2	Beschichtung der Bauelemente	230
8.3.3	Schutz der flüssigen Metalllegierung	230
8.3.4	Beschickung des Schmelztiegels	231
8.3.5	Werkzeugtechnik und Anwendungen	231
	Literatur	235
9	Kombinationstechnologie: Spritzgießen (Urformen) und Umformen	237
	<i>Erwin Bürkle</i>	
9.1	Grundlagen zum Prozess	239
9.2	Maschinen-Layout	245
9.3	Anwendungsbeispiele	249
	Literatur	252
10	Kombinationstechnologie: Spritzgießen und Innenhochdruckumformen (IHU)	253
	<i>Hans Wobbe</i>	
10.1	Grundlagen zum Prozess	254
10.2	Maschinen-Layout	256
10.3	Ausblick	258
	Literatur	259
11	Kombinationstechnologie: Spritzgießen und Partikelschaum	261
	<i>Erwin Bürkle und Hans Wobbe</i>	
11.1	Einleitung	261
11.2	Prozessgrundlagen	264
11.2.1	Verbund Thermoplastschicht zum Partikelschaum	264
11.2.2	Das Verfahren des Partikelschäumens	266
11.2.3	Alternative Energien im Vergleich zum Heißdampf beim konventionellen Partikelschäumen	269
11.2.4	Kontrolle und Simulation der Füllphase der Schäumkavität	271
11.3	Potenziale des Kombinationsverfahrens Spritzgießen/ Partikelschaum	272
	Literatur	273

12 Kombinationstechnologie: Spritzgießen und Resin-Transfer-Molding (Shell-Fiber-Verfahren)	275
<i>Philipp Ochotta</i>	
12.1 Einleitung	275
12.2 Die Idee des Shell-Fiber-Verfahren	276
12.3 Bauteilfertigung mit faserverstärkten reaktiven Formmassen	277
12.4 Grundlagen für die Kombinationstechnologie Spritzgießen/RTM ...	279
12.5 Darstellung des Verfahrens Spritzgießen/RTM	281
Literatur	282
13 Ausblick	283
<i>Erwin Bürkle und Hans Wobbe</i>	
Autorenverzeichnis	285
Index	291

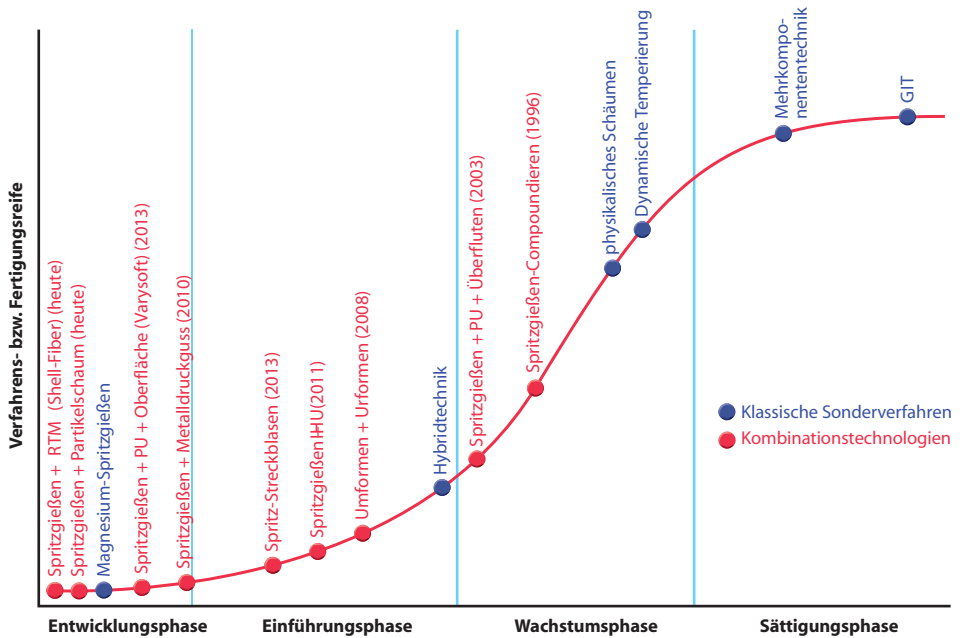


Bild 0.1 Lebenszyklus von Verfahren der Spritzgießtechnik, Qualitative Ordnung über der Zeitachse

Einer der führenden Treiber von Innovationen und somit zwangsläufig auch von Veränderungen in den Fertigungstechnologien ist heute die Automobilindustrie. So spielt z. B. bei den Interieur-Designern die Gestaltung der Oberflächen der jeweiligen Baugruppen eine ganz besondere Rolle. Es kommen die unterschiedlichsten Materialien und Werkstoffverbunde sowie Fertigungstechnologien zur Anwendung. Die Oberflächenschichten werden dabei über Kaschiertechniken, Polyurethan-Technologien oder durch Spritzgießverfahren auf die Trägersysteme aufgebracht. Aufgrund der steigenden Anforderungen ist man gezwungen, die bekannten Pfade zu verlassen und neue Wege zu gehen.

Ein solches weiterführendes Verfahren – abgeleitet aus der Zweikomponententechnik des Spritzgießens – wurde in einem Firmenkonsortium entwickelt und erstmals auf der K'2007 im Betrieb vorgestellt. Bei diesem Verfahren sind das Spritzgießen und das physikalische Schäumen in einer Fertigungszelle zusammengefasst – bekannt geworden unter dem Namen „Dolphin-Verfahren“. In einem Wendepaltenwerkzeug wird in der Station 1 ein Träger spritzgegossen und im geschlossenen Werkzeug in der Station 2 wird dieser Träger mit einem gasbeladenen thermoplastischen Elastomer (TPE) überspritzt. Nach einer kurzen Abkühlphase, in der sich an der kalten Werkzeugkavitätenwand eine geschlossene und genarbte Randschicht bildet, wird das Werkzeug in dieser Station kontrolliert um ca. 3 mm geöffnet, sodass das gasbeladene TPE expandieren und eine Schaumschicht bilden

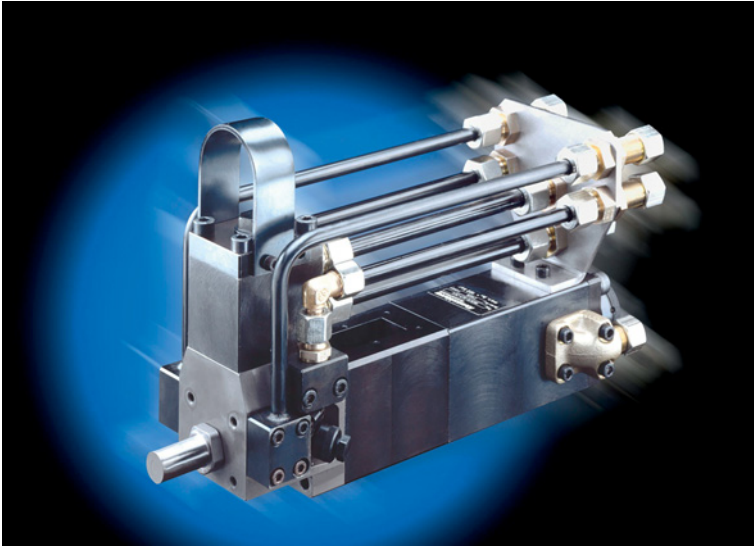


Bild 3.34 Selbstreinigender Mischkopf für das Lacksystem, fest am Werkzeug installiert [Bildquelle: KraussMaffei Technologies GmbH]

Die Bewegungen der Werkzeugkavitätenhälften können in ähnlicher Weise betrieben werden, wie schon vorher beschrieben (Bild 3.35).

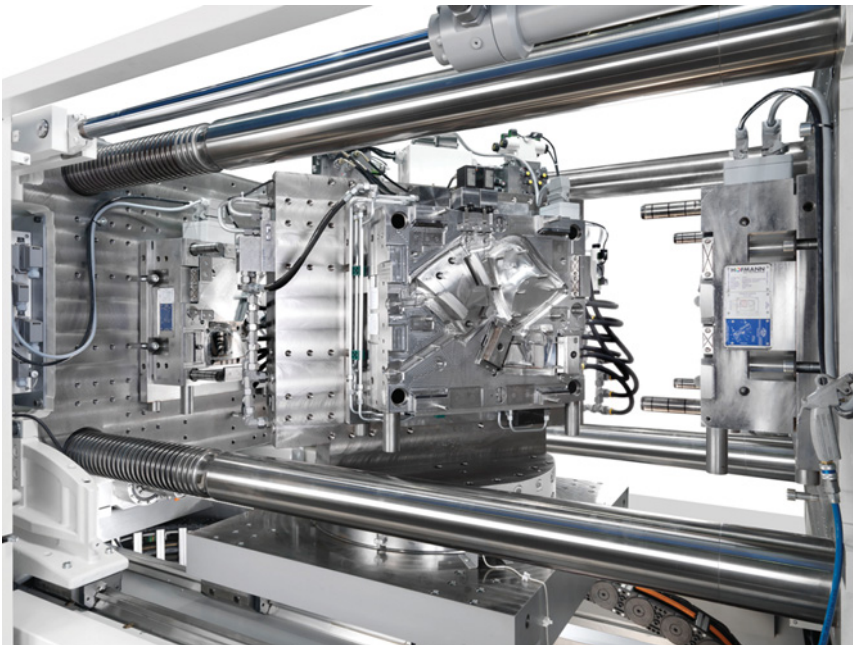


Bild 3.35 Offenes Werkzeug auf Wendeeinheit [Bildquelle: KraussMaffei Technologies GmbH]

über die Zeit gesehen gewichts- und volumenkonstante Zuführung der Einzelbestandteile notwendig ist. Die Qualität des Compounds wird also nicht allein vom Compounder beeinflusst, sondern ebenso von den dem Compounder vorgeschalteten Dosieranlagen.

4.1.1 Dosieraggregate

Als Dosieraggregate kommen hier überwiegend nach dem gravimetrischen oder volumetrischen Prinzip arbeitende Systeme zum Einsatz. Als Beispiel für volumetrische Aggregate seien hier Pumpen, Zellradschleusen oder Schneckenförderer genannt, gravimetrische Systeme sind Waagen. Dabei messen die gravimetrischen Dosieraggregate auf direktem oder indirektem Weg das Gewicht des dosierten Volumens. Neben den bekannten Waagesystemen gibt es auch Gewichtsmessungen über die Auslenkung von Prallplatten oder durch die Ermittlung der Corioliskraft auf drehenden Platten bzw. Tellern.

Da als Rezepturkomponenten die unterschiedlichsten Füll- und Verstärkungstoffe infrage kommen, die sowohl in flüssiger als auch in fester Form vorliegen – in fester Form dann auch noch als Pulver, Granulat oder Faser – ist die Auswahl des richtigen Dosiersystems ein entscheidender Punkt. Hier sollte man sich eingehend von den Lieferanten der Dosiersysteme beraten lassen. Für jede spezielle Anwendung sind am Markt die erforderlichen Lösungen vorhanden. Einen ersten Überblick zeigt die nachfolgende Tabelle.

Tabelle 4.1 Dosiersysteme und ihre Eignung für unterschiedliche Aufgaben

Bezeichnung	Dosierverfahren	Dosiermedium	Genauigkeit	Zeitcharakteristik	Dosierung gegen Druck
Dosierbandwaage Dosierschneckenwaage	gravimetrische Wägung	fest	sehr gut	kontinuierlich	nein
Pumpen	volumetrische Verdrängung	flüssig	sehr gut	hochfrequente Folge	ja, gegen hohen Druck möglich
Dosierschnecke	volumetrische Verdrängung	fest	mäßig	nahezu kontinuierlich	ja, gegen niedrigen Druck möglich

Als weitere eigene Gruppe von Zuführsystemen von Material in die Plastifizierung sind die Stopfer und Seitendosierungen anzusehen. Das Bild 4.2 zeigt ein typisches Gerät aus der Aufbereitungstechnik. Hiermit lassen sich z.B. große Volumenmengen an Talkumpulver in das aufgeschmolzene Matrixpolymer eindosieren. Soll ein sehr hoher Anteil an Volumenprozenten von Pulver eingemischt

tung zu rechnen, und allzu lange Fließwege sind zu vermeiden. In manchen Anwendungsfällen kann es sein, dass die Kratzfestigkeit des PMMA nicht ausreicht und das Bauteil zusätzlich lackiert werden muss [32]. Alle drei Verfahren haben ihre Vor- und Nachteile. Um die eigenschaftsspezifischen Vorteile des mehrstufigen Reaktivsystems mit der Effizienz des einstufigen Thermoplast-Mehrkomponentenspritzgießens zu verbinden, entwickelten die Partner den Clearmelt- (Engel) bzw. den ClearRIM-Prozess (Hennecke).

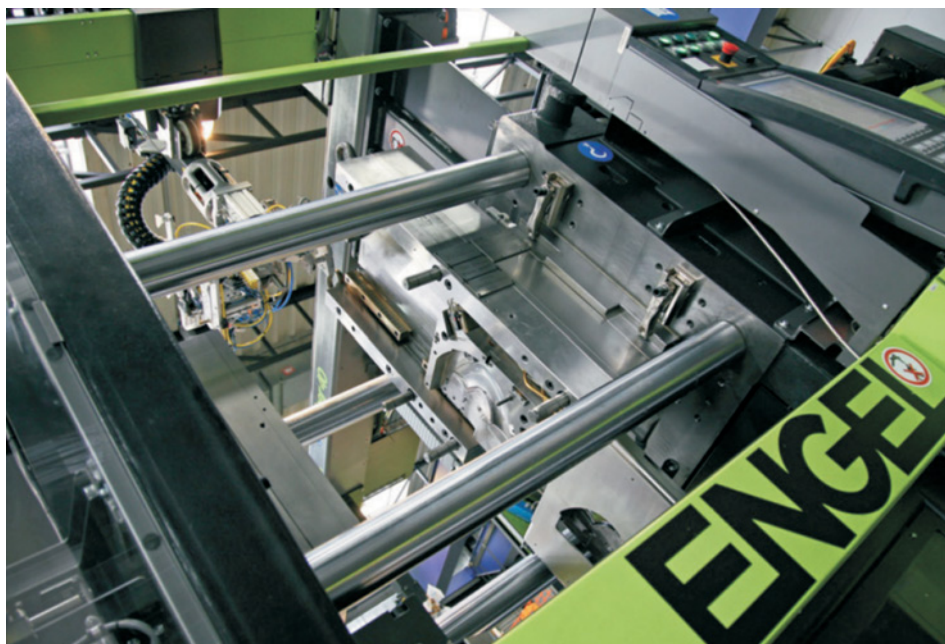


Bild 5.51 Schiebetischwerkzeug, befestigt auf der festen Schließenseite [Bildquelle: Engel Austria GmbH]

Auf der K'2010 wurde die Kombinationstechnologie auf dem Stand der Engel Austria GmbH vorgestellt. Die integrierte Fertigungszelle für Dekorteile umfasste eine Spritzgießmaschine des Typs Engel e-motion 280 T sowie eine PUR-Anlage des Typs STREAMLINE der Firma Hennecke GmbH. Für die Darstellung auf der Messe hatten sich die Partner für das einfache Schiebetischkonzept mit einem Werkzeug des Partners Schöfer entschieden, an dem der Mischkopf von unten an die PU-Kavität angebunden war (siehe Bild 5.51). Nach dem Schließen des Werkzeugs, in das zuvor ein dreidimensional konfektioniertes Echtholz furnierteil eingelegt wurde, wurde der Thermoplast eingespritzt. Gegen Ende der Kühlzeit wurde die PUR-Kavität mit einem Trennmittel eingesprüht und der Schiebetisch nach oben geschoben. In den Hohlraum zwischen Vorspritzling und PUR-Matrize wurde nun das Polyurethan eingespritzt. Das vollautomatisierte Einlegen sowie die Entnahme

Durch entsprechend gestaltete Fließwege wird der Randbereich des Bauteils umspritzt, sodass die Verstärkungsfasern vollständig vom Matrixmaterial umschlossen sind. Ferner lassen sich auch diejenigen Bereiche des Strukturbauteils durch den aufgeprägten Spritzdruck vollständig ausformen, die beim Umformen des Zugschnitts nicht vollkommen umgeformt werden konnten.

Der Fertigungsschritt bietet alle für das Spritzgießen typischen Vorteile. Beispielsweise können Einlegeteile umspritzt oder Integrations- und Funktionselemente wie Schnapphaken, Retainer, Rippen und Dome angeformt werden. Hochbelastbare integrierte Befestigungsbohrungen lassen sich mit beheizten beweglichen Nadeln im Werkzeug erzeugen. Dafür durchstößt eine kegelförmige Nadel die Gewebeerstärkung, sodass sich das Gewebe ohne Zerstörung der Fasern aufweitet. Dies ergibt im Befestigungsbereich einen zusätzlichen Verstärkungseffekt (Bild 9.10).

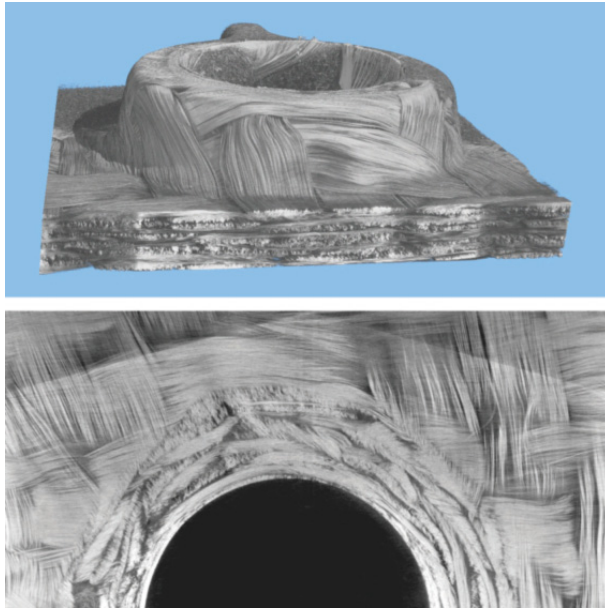


Bild 9.10 Ungestörter Faserverlauf bei einer mit beweglichen, heißen Nadeln angeformten Befestigungsbohrung [Bildquelle: GK Formenbau AG und Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK) TU Dresden]

Zur Detektion charakteristischer, qualitätsrelevanter Prozessgrößen ist das Werkzeug an den prozessneutralen Zonen mit Druck- und Temperatursensoren ausgestattet. Sie dienen dazu, den Ablauf der Prozessschritte:

- Umformen und Nachfließen des gewebeerstärkten Kunststoffhalbzeugs,
- Einspritzen der Kunststoffschmelze und
- vollständiges Ausformen des Strukturbauteils

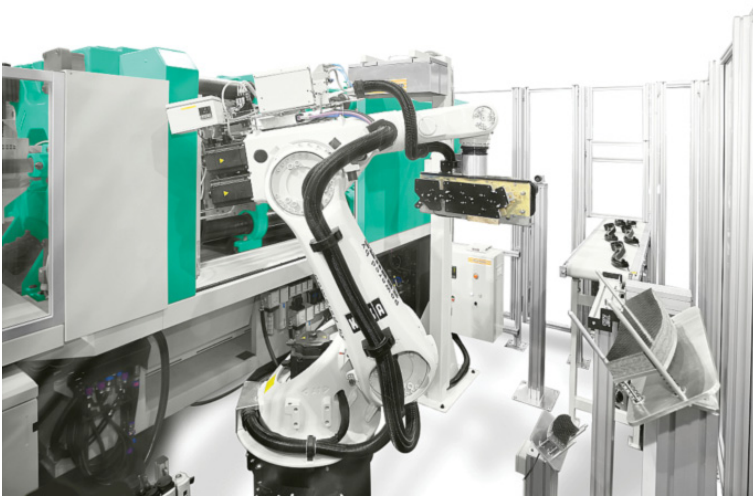


Bild 9.14 Blick in den Arbeitsbereich des Sechssachsroboters [Bildquelle: Arburg GmbH + Co. KG]

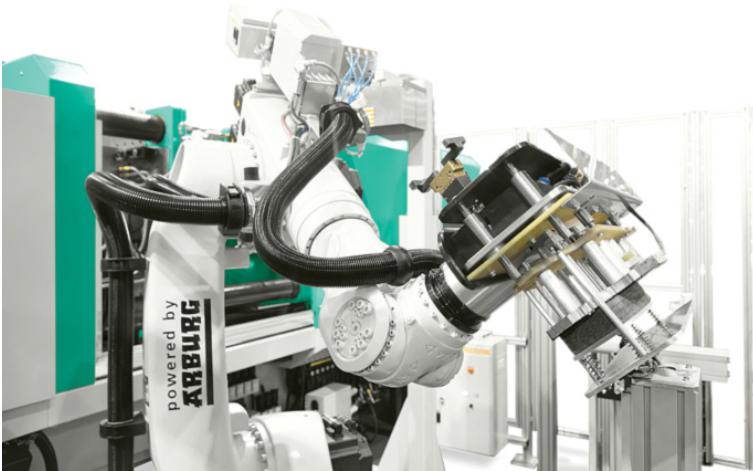


Bild 9.15 Greiferplatte mit Vorwärmeinheit nimmt Zuschnitte auf [Bildquelle: Arburg GmbH + Co. KG]

Aufgrund der geringen Organoblechdicke können die Zuschnitte direkt im Greifersystem prozesssicher und materialschonend aufgeheizt und sofort in das Werkzeug übergeben werden (Bild 9.16).

10

Kombinationstechnologie: Spritzgießen und Innen- hochdruckumformen (IHU)

Hans Wobbe

Das Innenhochdruckumformen (IHU) in Verbindung mit dem Spritzgießen wurde als Kombinationstechnologie erst vor einigen Jahren in der Automobilbranche etabliert und befindet sich noch in der Einführungsphase (Bild 0.1 in der Einleitung). Gefertigt werden in der Anwendung Frontend-Träger für Pkw. Diese Metall-Kunststoff-Hybridbauteile weisen Vorteile auf, die sich mit anderen Herstellverfahren schwer darstellen lassen. Einerseits bekommt der Metalleinleger aufgrund der Kaltverformung während des IHU-Prozesses bessere Oberflächen- und Festigkeitseigenschaften, andererseits lässt sich das gesamte Kunststoffhybridbauteil belastungsgerecht gestalten. Frontend-Montageträger, wie es das Bild 10.1 zeigt, sind vielen Anforderungen unterworfen.



Bild 10.1 Frontend-Montageträger Mercedes A-Klasse [Bildquelle: Daimler AG]

Nicht nur die Belastungen des für viele 100 000 km ausgelegten Fahrbetriebs sind ohne Schaden aufzunehmen, auch im Crashfall wird der Träger zur Teilenergieaufnahme genutzt.

Neben diesem Praxisbeispiel aus der Großserie lässt sich die Beschäftigung mit dieser Technologie in letzter Zeit auch bei kleineren Serien, z.B. im Nutzfahrzeugbau, erkennen [1]. In diesem Falle geht es darum, die Tür als Teil der Fahrerzelle belastungsgerecht und crashtsicher zu gestalten, unter Beachtung der gleichzeitigen Gewichtseinsparung im Vergleich zur der im Einsatz befindlichen Konstruktion.

11

Kombinationstechnologie: Spritzgießen und Partikelschaum

Erwin Bürkle und Hans Wobbe

■ 11.1 Einleitung

Die herausragenden Eigenschaften von Partikelschaumstoffen sind neben der besonders niedrigen Dichte (Bild 11.1) die dynamische und statische Stoßbelastbarkeit sowie die akustisch dämmende und wärmeisolierende Wirkung.

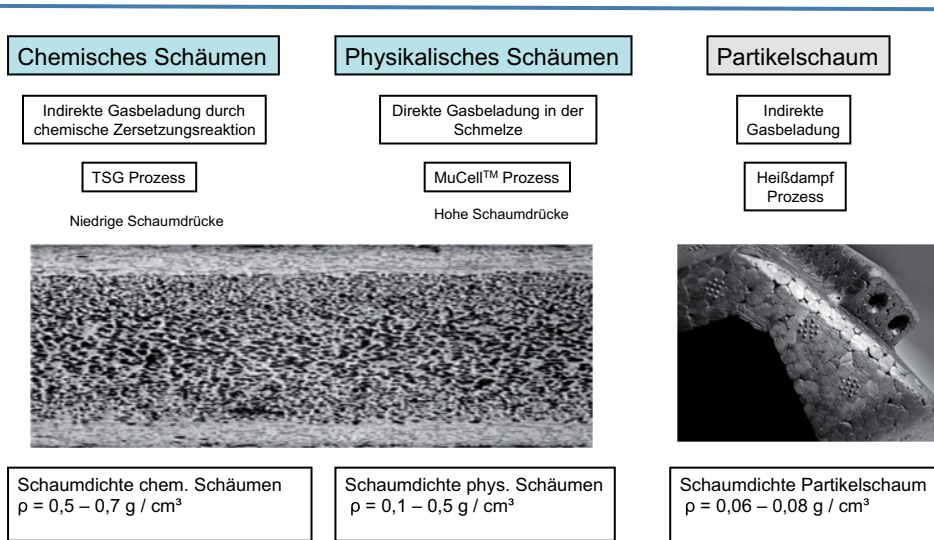


Bild 11.1 Es gibt mehrere Wege, um Teile leichter zu machen

Aktuelle Bedürfnisse am Markt nach geeigneten Werkstoffsystemen für den stofflichen Leichtbau führten zu dem Ansatz, ein Multiaterialdesign aus Partikelschaumstoffen, Thermoplasten und Elastomeren zu entwickeln. Daraus entstand dann auch zwangsläufig die Motivation, die doch sehr verschiedenen Prozesse – Partikelschäumen und Spritzgießen, aber auch Thermoformen – in geeigneter Weise zu kombinieren.