

Verarbeitungstechnik. Im Gegensatz zur Fertigung von Formteilen oder Halbzeugen durch physikalisches Umformen liegt bei der Herstellung von Polyurethanen der wesentliche Schritt der chemischen Umsetzung in der Hand des Verarbeiters. Für die Produktion der unterschiedlichsten Anwendungen stehen Verarbeitungsanlagen zur Verfügung, die diese anspruchsvollen Prozesse zuverlässig beherrschen. Ausgehend von der Nieder- und Hochdruckmaschinenteknik werden Teilaggregate kurz erläutert. Die vielfältig ausgeprägten Anlagentechniken werden nach diskontinuierlichen und kontinuierlichen Verfahren unterschieden.

Polyurethan-Schäumenanlagen

Der Hersteller von Kunststoffartikeln aus Polyurethanen bezieht vom Rohstofflieferanten in der Regel flüssige Produkte – Polyole und Polyisocyanate oder auch formulierte Systeme – und setzt diese in einer chemischen Reaktion zum Polyurethan um. Die Verarbeitung geschieht mit Anlagen, auf denen neben Polyol und Polyisocyanat auch Zusatzstoffe rezepturgetreu dosiert und vermischt und die so gebildeten Reaktionsgemische ausgetragen werden. Die Technologie und erste Maschinen wurden seinerzeit von Bayer in Leverkusen entwickelt. In der Zwischenzeit haben vie-

le Firmen Maschinen für alle wichtigen und vielfältigen Anwendungen der PUR-Chemie konstruiert.

Die Verarbeitung schäumfähiger Reaktionsgemische ist als Reaktions-schaumgießen (RSG-Verfahren) definiert. Neben diesem Oberbegriff für das Herstellverfahren ist aber auch der aus dem Englischen stammende Begriff „Reaction Injection Moulding“ (RIM-Verfahren) gebräuchlich [1-4]. Nach diesem Verfahren lassen sich Integralschaumstoffteile (der zellige Kern geht in eine weitestgehend zellfreie Randzone über) und mikrozelluläre Teile, die mikroporös

und damit nahezu massiv sind, in extrem kurzen Zykluszeiten herstellen. Die Bezeichnung RRIM-Verfahren (Reinforced Reaction Injection Moulding) kennzeichnet den Einsatz körniger, schuppiger oder kurzfasriger Zusatzstoffe (Füllstoffe) zur Beeinflussung der Polyurethan-Eigenschaften [5].

Prozesstechnik

Die beiden Hauptkomponenten Polyol und Polyisocyanat werden aus Lagerbehältern in Arbeitsbehälter an der Maschine überführt. Häufig werden reine

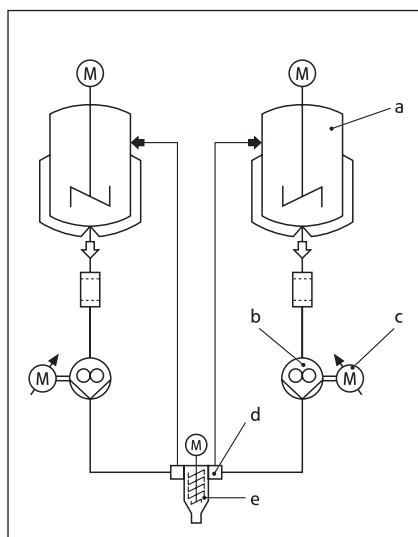


Bild 1. Fließschema einer Niederdruckmaschine
(a: Arbeitsbehälter, b: Dosierpumpe, c: Motor mit Frequenzumrichter, d: Umschaltelemente, e: Rührwerksmischkammer, M: Antriebsmotor)

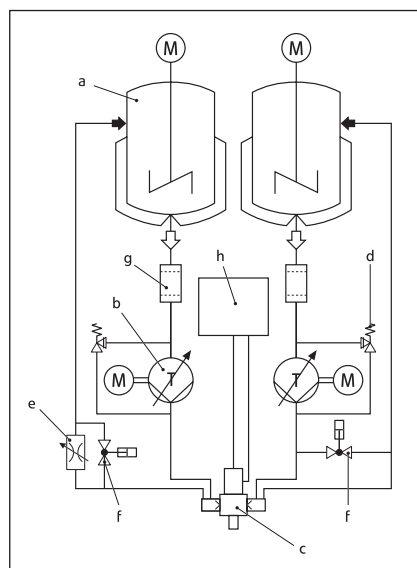


Bild 2. Fließschema einer Hochdruckmaschine mit Kreislaufsystem
(a: Arbeitsbehälter, b: Dosieraggregat, c: Mischkopf, d: Sicherheitsventil, e: Kreislaufdrossel, f: Niederdruck-Kreislaufventil, g: Filter, h: Mischkopf-Hydraulik, M: Antriebsmotor)

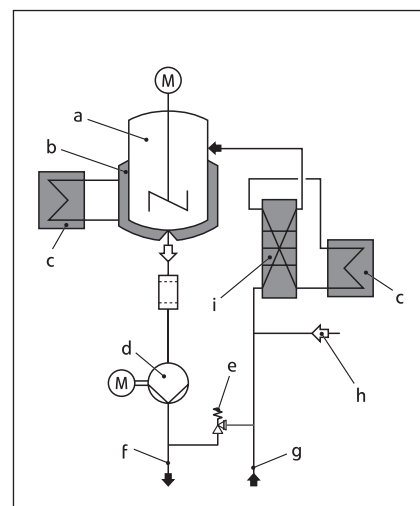


Bild 3. Fließschema einer Temperaturführung im Arbeitsbehälter
(a: Arbeitsbehälter, b: Doppelwand, c: Heiz/Kühlgerät, d: Vorpumpe, e: Überströmventil, f: Produktleitung zum Dosieraggregat, g: Produkt-rücklaufleitung, h: Produktnachfüllleitung vom Tanklager, i: Plattenwärmetauscher, M: Antriebsmotor)

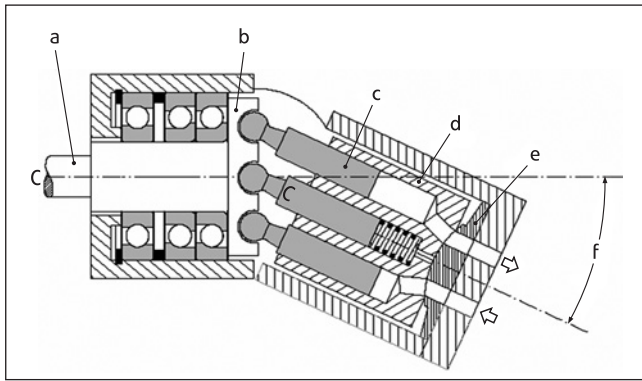


Bild 4. Schematische Darstellung des Pumpenriebwerks einer Axialkolbenpumpe (a: Antriebswelle, b: Mitnehmerscheibe, c: Kolben, d: Kolbentrommel, e: Steuerplatte, f: Verstellwinkel)

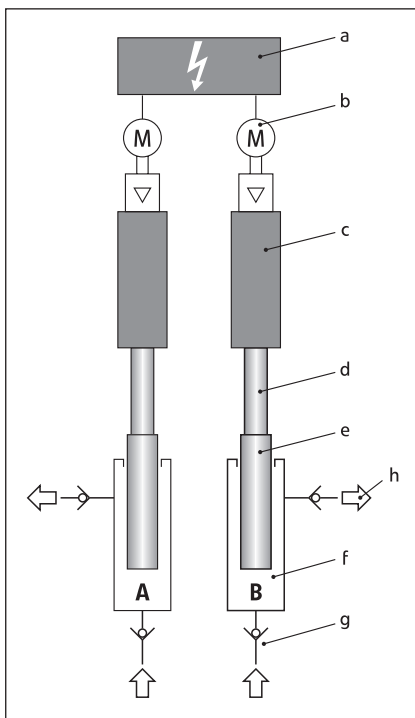


Bild 5. Schematische Darstellung eines Dosieraggregats mit einzeln angetriebenen Tauchkolbenpumpen und Impulsfrequenzsteuerung (a: elektronische Steuerung, b: Schrittmotor, c: hydraulischer Linearverstärker mit integriertem Hydraulikzylinder und -kolben, d: Hydraulikkolbenstange, e: Dosierkolben, f: Dosierzylinder, g: Absperrventil, Saugleitung, h: Absperrventil, Druckleitung)

Zweikomponenten-Systeme verarbeitet, d. h. alle für die Reaktion wichtige Zusatzstoffe, wie Aktivatoren, Stabilisatoren, Flammenschutzmittel, Farbpasten u. A. m., sind bereits in den Hauptkomponenten enthalten. Es ist aber auch möglich, über Vormischstationen die Zusatzkomponenten direkt in die Dosierleitungen der Pumpenaggregate zu geben. Dosieraggregate fördern die Komponenten in einem bestimmten Mischungsverhältnis aus den Arbeitsbehältern zum Mischkopf. Dieses Gemisch wird entweder ohne festen Anbau des Mischkopfs frei ausgetragen oder über ein Angussystem in den

geschlossenen Werkzeughohlraum eingebracht. Nach Ablauf der Reaktions- bzw. Aushärtezeit wird das Formteil entformt oder das Halbzeug weiterverarbeitet.

Niederdruckmaschinen (Bild 1) führen die Komponenten kurzzeitig im Kreislauf. Schaltventile sorgen für den synchronen Komponenteneintritt in die Rührwerksmischkammer. Nach Einfüllende muss die Kammer vom verbliebenen Reaktionsgemisch gereinigt werden. Dies kann durch Ausblasen mit Druckluft und/oder durch die Verwendung flüssiger Reinigungsmittel erfolgen. Wenig reaktive Schaumsysteme werden auch drucklos in offenen Werkzeugen verarbeitet. Dafür besitzen die einfachen, robusten und dennoch mit genügender Genauigkeit arbeitenden Niederdruckmaschinen immer noch praktische Bedeutung. In letzter Zeit sind Kleindosiergeräte auf Niederdruckbasis auf den Markt gebracht worden, die in diskontinuierlicher Fertigungsweise Formteilgewichte bis herunter zu 0,5 g erzeugen.

Auch bei den **Hochdruckmaschinen** ist das Kreislaufsystem seit langem Stand der Technik (Bild 2). Vor jedem Misch- und Füllvorgang zirkulieren die Komponentenströme bereits im gewünschten Mengenverhältnis sowie unter dem für die Injektion erforderlichen Druck. Zwangsgesteuerte Umschaltetelemente steuern in Hochdruckmischköpfen von Kreislauf- auf Injektionsstellung und wieder auf Kreislaufstellung. Das in der Mischkammer verbleibende Reaktionsgemisch wird nach Füllende durch Reinigungskolben ausgestoßen oder mit Druckluft ausgeblasen. In modernen Hochdruckmaschinen sind zum Homogenisieren, Temperieren und Entlüften des gesamten Leitungssystems Niederdruckkreisläufe möglich. Mit ihrer Hil-

fe wird in Pausenzeiten die Temperatur des gesamten Dosier- und Rezirkulationssystems unter energetisch günstigen Bedingungen stabilisiert und auch das Absetzen von Füllstoffen verhindert.

Im **Arbeitsbehälter** werden die Ausgangsrohstoffe in einen verarbeitungsfähigen Zustand gebracht und gehalten (Bild 3). Hierunter ist in erster Linie eine exakte Temperierung zu verstehen. Jede Temperaturänderung, insbesondere bei den Polyolen, zieht eine Viskositätschwankung nach sich, was zu einer Störung im späteren Verarbeitungsprozess führen kann. Daher sind die Arbeitsbehälter meist doppelwandig ausgestattet. Da der Wärmeübergang zwischen Behälterwand und Rohstoffkomponente bei geringer Konvektion im Arbeitsbehälter nur mäßig ist, sorgen Homogenisierungsrührwerke

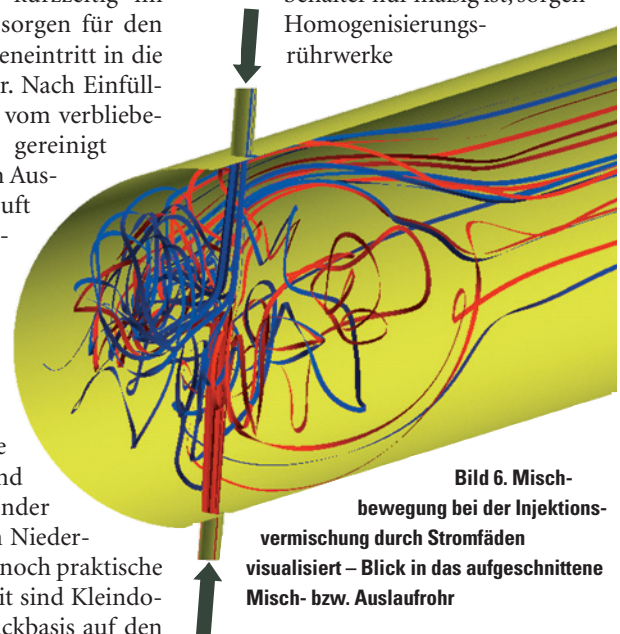


Bild 6. Mischbewegung bei der Injektionsvermischung durch Stromfäden visualisiert – Blick in das aufgeschnittene Misch- bzw. Auslaufrohr

und häufig auch gesonderte Temperierkreisläufe für das exakte Einhalten der gewünschten Verarbeitungstemperatur. Aus den Arbeitsbehältern werden die Dosieraggregate gespeist. Hierzu sind die Behälter meist als Druckgeräte ausgelegt, so dass die Komponenten durch Vordruck, z. B. mit Hilfe getrockneter Druckluft auf den Flüssigkeitsspiegel, den Dosierpumpen zufließen.

Das Buch zum Thema

Eine ausführliche Darstellung über Polyurethan-Schäumenanlagen erschien im **Kunststoff-Maschinenführer** von Friedrich Johannaber, 4. Auflage 2003, Carl Hanser Verlag München
► www.kunststoffe.de/b047

Das **Dosieren** der Komponenten im richtigen Verhältnis muss reproduzierbar und mit hohem Genauigkeitsgrad erfolgen. Es kommen sowohl in Niederdruck- als auch in Hochdruckmaschinen nur Präzisionspumpen zur Anwendung. Die verwendeten Pumpentypen sind vielfältig, von denen nur einige wichtige exemplarisch angesprochen werden.

Zahnradpumpen mit Außenverzahnung werden vorzugsweise in Niederdruckmaschinen eingesetzt. Zu beachten sind die Leckageverluste mit sinkender Viskosität sowie steigendem Gegendruck. Außer als Dosierpumpen sind sie – wie auch Schraubenspindelpumpen – als Vor- bzw. Umwälzpumpen im Einsatz. Für Austragsleistungen von 12 bis 150 l/min werden geräuscharme und ebenfalls ventillose Axialkolbenpumpen eingesetzt (Bild 4). Wesentliche Einschränkungen für Axialkolbenpumpen sind die teilweise zu verarbeitenden hohen Viskositäten. Weiterhin können keine abrasiven Füllstoffe im flüssigen Rohstoff verarbeitet werden. Deshalb werden insbesondere im RRIM-Verfahren Tauchkolbenpumpen eingesetzt. Der Antrieb derartiger Einhub-Kolbenpumpen kann durch mit einem Schrittmotor angesteuerte, hydraulische Linearverstärker (Bild 5) oder andere elektro-hydraulische Servosysteme geschehen. Der Markt bietet in den letzten Jahren auch allein elektrisch angetriebene Tauchkolbenpumpen an.

Mischkopftechnik

Der wichtigste Bestandteil einer Schäummaschine ist der Mischkopf. Während beim Niederdruckverfahren Rührwerksmischer zur Anwendung kommen, kam mit der Erfindung der Hochdruck-Injektionsvermischung eine gänzlich neue Methode zum Einsatz. Erst damit lassen sich kurze Zyklusfolgen bei der Verarbeitung von Polyurethan-Rohstoffen realisieren. Die Komponentenausstrittsgeschwindigkeiten an den Injektionsdüsen liegen bei 100 bis 150 m/s. Die Komponenten werden über Düsen in die Mischkammer injiziert, in der sie sich aufgrund der kinetischen Energie vermischen (Bild 6). Während anfänglich im klassischen Gegenstrom vermischt wurde, werden heute auch Anordnungen der Düsenachsen angetroffen, die kleinere Winkel als 180° aufweisen.

In Hochdruckmischköpfen findet neben der eigentlichen Injektionsvermischung die integrierte, zwangsweise Umsteuerung der Komponentenströme von Kreislauf- auf Injektionsposition bei 150

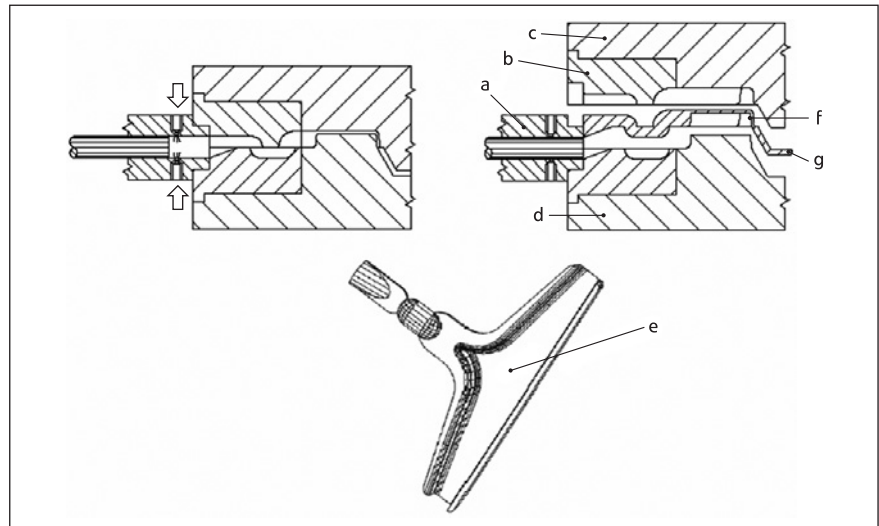


Bild 7. Angussystem mit Umlenkungen und Staubalken (a: Mischkopf, b: Einsatz mit Drosselstellen und Umlenkungen zur Nachvermischung, c: obere Werkzeughälfte, d: untere Werkzeughälfte, e: Staubalkenanguss, entformt, f: Anschnitt, g: Formteil)

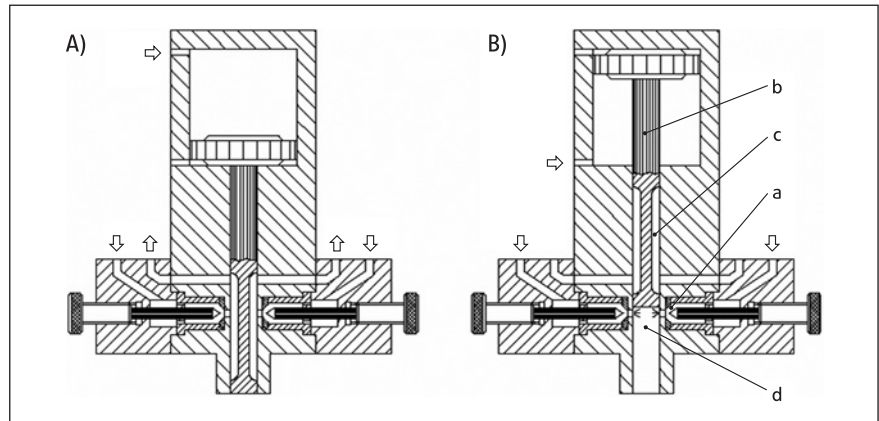


Bild 8. Schematische Darstellung des kolbengesteuerten Mischkopfs mit Kreislaufnuten (A: Kreislauf/Reinigen, B: Mischen, a: Injektionsdüsen, b: Steuer- und Reinigungskolben, c: Kreislaufnuten, d: Mischkammer)

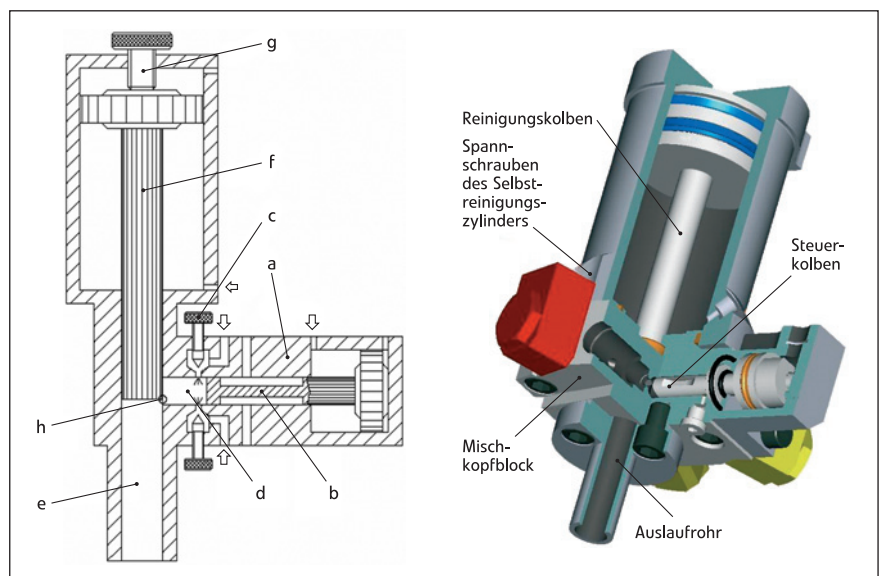


Bild 9. Links: Schematische Darstellung des Umlenker-Mischkopfs mit Einstellvorrichtung für Drosselquerschnitt – L-förmige Anordnung (a: Injektionsmischer, b: Steuer- und Reinigungskolben, c: Injektionsdüsen, d: Mischkammer, e: Auslaufrohr, f: Auslaufreinigungskolben, g: Einstellvorrichtung für Drosselquerschnitt, h: Drosselquerschnitt). Rechts: Aufgeschnittenes 3D-CAD-Modell (Quelle: Cannon)

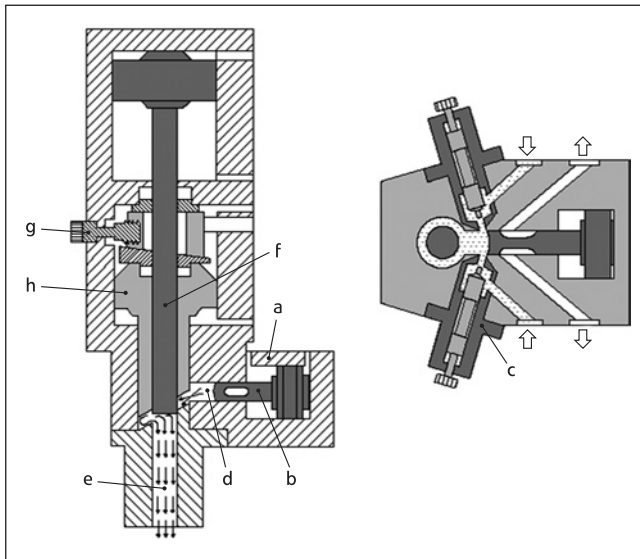


Bild 10. Schematische Darstellung des Umlenker-Mischkopfs mit Einstellvorrichtung für koaxiale Hülse (Typ MX) - Bauart Hennecke (a: Injektionsmischer, b: Steuer- und Reinigungskolben, c: Injektionsdüsen, d: Mischkammer, e: Auslaufrohr, f: Auslaufreinigungskolben, g: Einstellvorrichtung für Ringkanal, h: koaxiale Hülse)

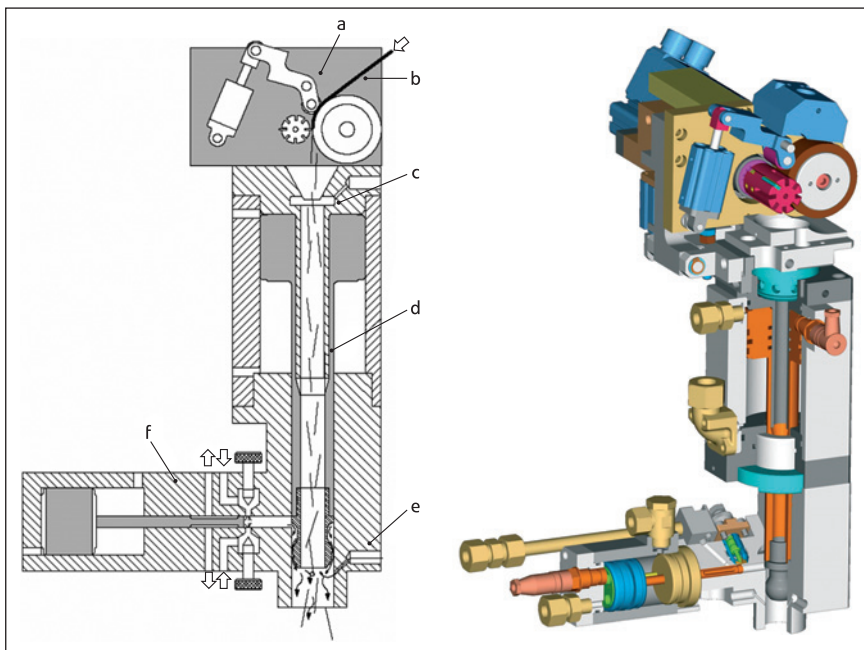


Bild 11. Links: Schematische Darstellung des Prozesskopfs für die Verarbeitung von Langfasern – Bauart Krauss-Maffei (a: Schneidwerk, b: Rovingstrang, c: Ringdüse, d: Hohlstößel bzw. Reinigungskolben, e: Druckluftdüse, gepulst, f: Injektionsmischer). Rechts: Aufgeschnittenes 3D-CAD-Modell

(Quelle: Krauss-Maffei)

bis 250 bar statt. Diese Umsteuerung gestattet einen absolut zeitsynchronen Injektionsbeginn und -abschluss. Hochdruckmischköpfe lassen sich in solche mit und ohne integrierte Nachvermischung einteilen. Bei Mischköpfen ohne weitere Nachvermischung können im Rahmen der geschlossenen Formfüllweise Nachmischelemente in den Anguss integriert werden (Bild 7). Bei der offenen Formfüllweise kommen überwiegend Mischköpfe mit Umlenkung zum Einsatz, die aufgrund veränderter Querschnittsverhältnisse im Bereich Mischkammer und Auslaufrohr eine Strömungsverzögerung des Reaktionsgemisches realisieren.

Durch dieses Prinzip wird der Forderung nach möglichst geringer Austrittsgeschwindigkeit Rechnung getragen. Für die Verarbeitung von verdüsbaren, abrasiven Füll- und Verstärkungsstoffen muss auf verschleißfeste Mischkopfausführungen geachtet werden. Dies wird durch spezielle Oberflächenbehandlung oder harte, verschleißfeste Einsätze erreicht.

Ohne Anspruch auf Vollständigkeit werden im Folgenden einige wichtige Mischköpfe detaillierter beschrieben und schematisch dargestellt. Die Ausführungen beschränken sich dabei auf Mischköpfe für die Verarbeitung von zwei Komponenten. Für einige Anwendungen

sind im Markt Mischköpfe mit bis zu sechs Komponenten erhältlich.

Kolbengesteuerter Mischkopf mit Nuten. In Kreislaufposition zirkulieren beide Komponenten durch die in den Steuer- und Reinigungskolben eingebrachten Nuten zurück in die Arbeitsbehälter (Bild 8). Durch Zurückfahren des Steuerkolbens wird der Mischraum frei und die Komponenten treffen aufeinander. Beim erneuten Vorfahren des Steuerkolbens wird das Vermischen unterbrochen, der Kreislauf hergestellt, das Restmaterial aus der Mischkammer ausgeschoben. Das Druckniveau während der Kreislauf- und Injektionsphase wird näherungsweise gleich eingestellt, damit Speicher- bzw. Entladeeffekte durch die Schlauchatmung gering ausfallen und Kennzahlverschiebungen zu Schussbeginn vernachlässigbar bleiben.

Umlenker-Mischköpfe. Beim so genannten Umlenker-Mischkopf (Bild 9) schließt sich im rechten Winkel direkt an den Mischkopf ein Stößel gereinigtes Auslaufrohr an. Der Durchmesser des Auslaufrohrs ist größer als der Mischkammerdurchmesser. Hierdurch wird ein enger Düsenabstand zur effizienten Injektionsvermischung in der Mischkammer mit einer verringerten Geschwindigkeit des Reaktionsgemisches im Auslaufrohr verbunden. Der einstellbare Drosselspalt (h) bestimmt den Mischkammerdruck und sorgt für eine Nachvermischung des Reaktionsgemisches.

Alternativ zu dem zuvor beschriebenen Umlenker-Mischkopf ist dieser durch eine Drossel als koaxiale Hülse gekennzeichnet (Bild 10). Durch die in ihrer Lage einstellbare Hülse ergibt sich ein in der Höhe adaptierbarer Ringkanal. Die am unteren Ende schräg geschnittene Hülse sorgt für eine sanftere Umlenkung des Gemischstroms und einen langsameren Einlauf in das Auslaufrohr.

Prozesskopf für Langfasern. Während nach dem RRIM-Verfahren maximale Faserlängen in der Größenordnung um 0,1 bis 0,2 mm verarbeitet werden, sind von verschiedenen Herstellern Techniken entwickelt worden, die auch die Verarbeitung langer Fasern von bis zu 100 mm Länge ge-

Kontakt

Bayer MaterialScience AG
BMS-EMEA-BD-TSU-PAC
Geb. B211
D-51368 Leverkusen
www.bayermaterialscience.com

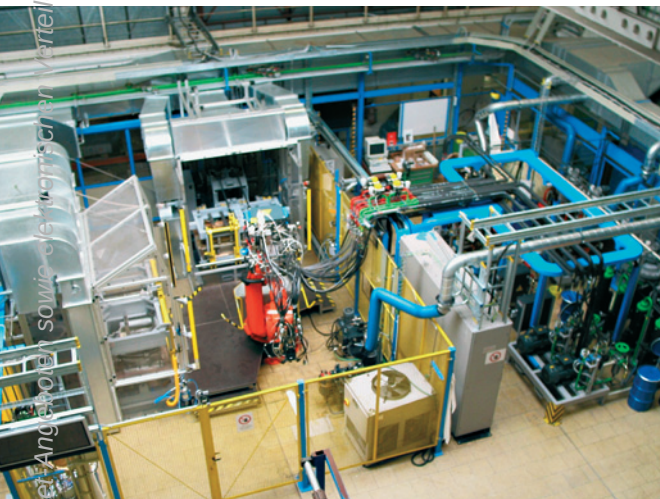


Bild 12. Foto einer Schäumenanlage für die Herstellung von Automobilsitzen, Hersteller: Cannon (Werkfoto: Bayer MaterialScience)

statten. Allerdings können Fasern größerer Länge wegen der Viskositätserhöhenden Wirkung und der Verstopfungsgefahr nicht mehr den flüssigen Komponenten zugesetzt werden. Die Benetzung erfolgt dabei nach dem Vermischen und kann durch besondere Maßnahmen noch im Mischkopf beginnen (Bild 11).

In einem auf den Mischkopf aufgesetzten Schneidwerk werden die zugeführten Rovingstränge abgelängt und über einen Unterdruck, der durch die Ringdüse erzeugt wird, in den Hohlstößel transportiert [6]. Am unteren Ende des Hohlstößels legt sich das nach dem Hochdruckprinzip erzeugte Reaktionsgemisch schlauchförmig um das sich in gleicher Richtung bewegend, geschnittene Glas. Mehrere, auslaufend über den Umfang mit Abwärtsneigung verteilte Luftdüsen, die mit Druckluft gepulst werden, weiten den Sprühstrahl je nach Bedarf auf, um so eine breitere Glasablage zu erreichen. Unmittelbar nach Verlassen des Reinigungskolbens benetzt das Reaktionsgemisch die Glasfilamente, wobei die Expansion des Sprühstrahls diesen Vorgang unterstützt. Die aus dem Mischkopf gerichtete Strömung besitzt die erforderliche kinetische Energie, um den üblichen Abstand von 100 bis 400 mm zwischen Austritt des Prozesskopfs und Oberfläche der offenen Kavität des Schäumwerkzeugs zurückzulegen. Die Führung des Prozesskopfs über die Formnestoberfläche übernimmt ein Roboter. Anschließend schäumt das Gemisch in der geschlossenen Form unter Wärmeentwicklung und Druckaufbau auf und kann nach erfolgter Härtingsreaktion als langfaserverstärktes Leichtbauteil entnommen werden.

Anlagentechnik

Zu einer Schäumenanlage gehören die Schäummaschine, eine Formgebungseinrichtung und nötigenfalls weitere Aggregate und Teilmaschinen. Eine grundsätzliche Einteilung der Schäumenanlagen besteht in kontinuierlich oder diskontinuierlich arbeitenden Anlagen.

Bei **diskontinuierlichem Betrieb** werden Werkzeuge oder Hohlräume schussweise mit Reaktionsgemisch gefüllt, d. h. in der Regel Fertigteile hergestellt. Beispielhaft zeigt Bild 12 eine Schäumenanlage für die Herstellung von Schaum-

stoff-Formteilen, wobei ein Roboter die Mischkopfführung im Rahmen der Befüllung der Kavitäten in offener Formfüllweise übernimmt. In dieser Ausführung beschickt eine Dosier- und Mischmaschine mittels Roboter zwei Formträger.

Da die beim konventionellen Schäumprozess auftretenden Werkzeuginnen-drücke äußerst gering sind, können zur Prototypenherstellung Kunstharzformen, aus z. B. Epoxydharz, eingesetzt werden. Zur Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit wird den Kunstharzen häufig Aluminiumgrieß zugesetzt. Zum Zwecke der Temperierung werden eingelegte Rohrleitungen umgossen. Hierdurch besitzen Polyurethane beim Erstellen einer Vor- bzw. Kleinserie Vorteile gegenüber konkurrierenden Polymeren.

Für die Herstellung von dünnwandigen Formteilen in geschlossener Formfüllweise mit langen Fließwegen, die aus Gründen hoher Reaktivität im Sekundenbereich gefüllt werden müssen, können durchaus Fließdrücke der Größenordnung 50 bar entstehen. Für Prototypenwerkzeuge sind daher infolge der erforderlichen Schließkraft ggf. mittragende Metallverstärkungen zu berücksichtigen. Zum Erhalt einer guten Oberflächenqualität werden häufig Alufrostgusschalen verwendet, die dann mit gefüllten Kunstharzen hintergossen und nötigenfalls zur Lastaufnahme metallisch verstärkt werden. Für Großserien, bei denen über 50 000 Entformungen erwartet werden, sind Werkzeuge aus Stahl unumgänglich. Bei mittleren Produktionszahlen zwischen rund 50 und 50 000 Entformungen oder beim Einsatz z. B. im Weichformschaumstoffsektor können aber auch Alu-Guss-, Alu-Knet- bzw. Feinzinklegierungen sowie

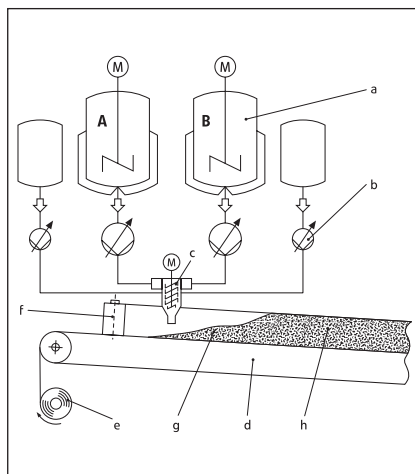


Bild 13. Schematische Darstellung einer Anlage zum kontinuierlichen Herstellen von Schaumstoffblöcken (a: Arbeitsbehälter, b: Dosieraggregat, c: Rührwerksmischkopf, d: Transportband, e: Bodenpapier, f: Seitenpapier, g: Reaktionsgemisch, h: ausreagierter Schaumstoff, M: Antriebsmotor)

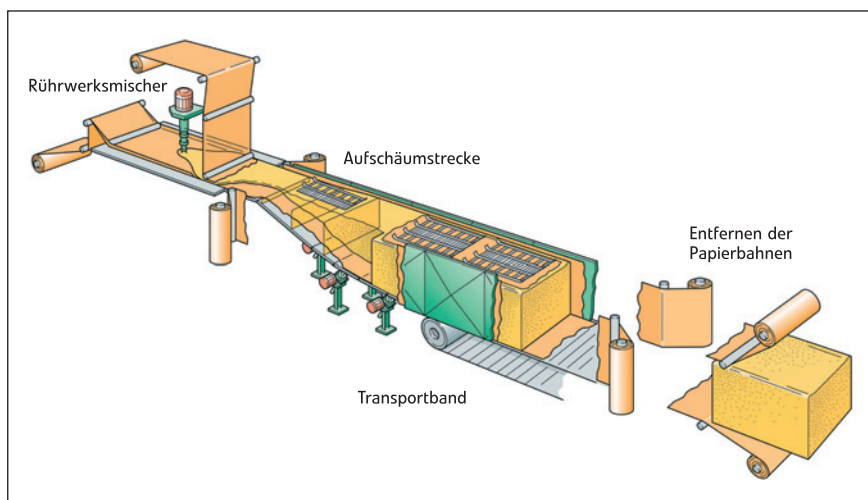


Bild 14. 3D-Darstellung einer Anlage – ohne Nassteil und Querschneider – zur kontinuierlichen Herstellung von flexiblen Rechteckschaumstoffblöcken nach dem QFM-Verfahren (Quelle: Hennecke)

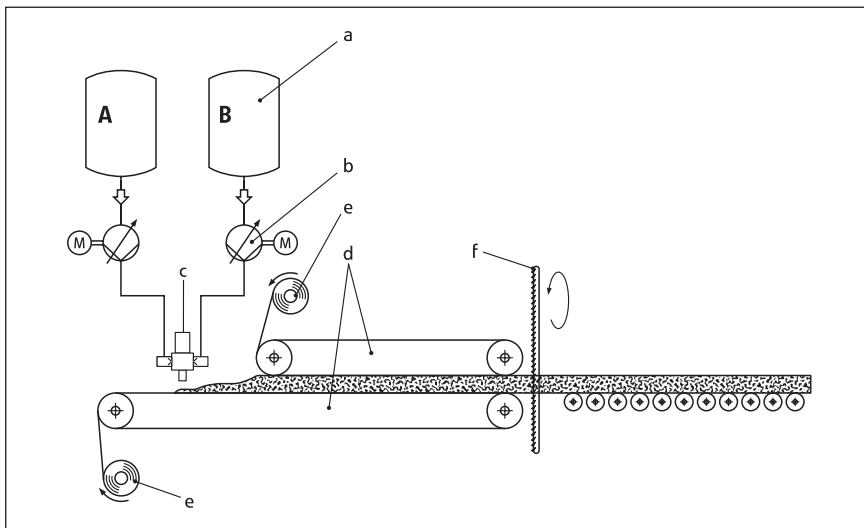


Bild 15. Schematische Darstellung einer Anlage zum kontinuierlichen Herstellen kaschierter Schaumstoffplatten (a: Arbeitsbehälter, b: Dosieraggregat, c: Mischkopf, d: Doppeltransportband, e: rollbare Deckschichten, f: Querschneider, M: Antriebsmotor)

hinterfütterte Galvanoschalen als Werkzeugausrüstung zur Anwendung kommen.

Kontinuierlich arbeitende Anlagen produzieren dagegen Halbzeuge in Form von Blöcken oder Platten. Bei der Weichschäume sowie der Hartschaumstoff-Blockherstellung wird das sowohl von Hoch- als auch Niederdruckmaschinen erzeugte schäumfähige Gemisch in kontinuierlich fortbewegte, meist aus Papierbahnen bestehende Formkanäle eingetragen (Bild 13). Für flexible Blockschaumstoffe haben sich beispielsweise Abmessungen von 2 m Breite und rund 1 m Höhe als optimal erwiesen. Dabei liegen die hergestellten Rohdichten zwischen 15 und 60 kg/m³ und die von der Rohdichte abhängigen Bandgeschwindigkeiten zwischen 2 und 10 m/min.

Rührwerksmischer, Auftragstisch, Aufschäumstrecke, Trans-

verbindet sich der Schaum mit der am Oberband mit einlaufenden Deckschicht. Die weitere Ausführung solcher Anlagen richtet sich nach der Art der verwendeten Deckschicht. So können z. B. Platten mit wickelbaren, ebenen oder profilierten Deckschichten auch kontinuierlich hergestellt werden. Die Abnehmer von Plattenware fordern heute einstellbare Abmessungen von 0,5 bis 1,3 m Breite und 20 bis 240 mm Dicke. Die Produktionsgeschwindigkeiten liegen im Bereich zwischen 2 und 15 m/min. Schnellläufer werden auch bis zu 40 m/min betrieben. Die Rohdichten liegen dabei in einem Bereich von 20 bis 60 kg/m³. Das Doppelband bzw. die Druckstrecke ist in der Regel zwischen 12 und 45 m lang. Gesamtanlagen zur Herstellung von Metallverbundelementen (Bild 16) sind – begonnen mit der Profilierung der Metalldeckschichten bis zur Abstapelung und Verpackung der abgelängten Elemente – rund 200 m lang. ■

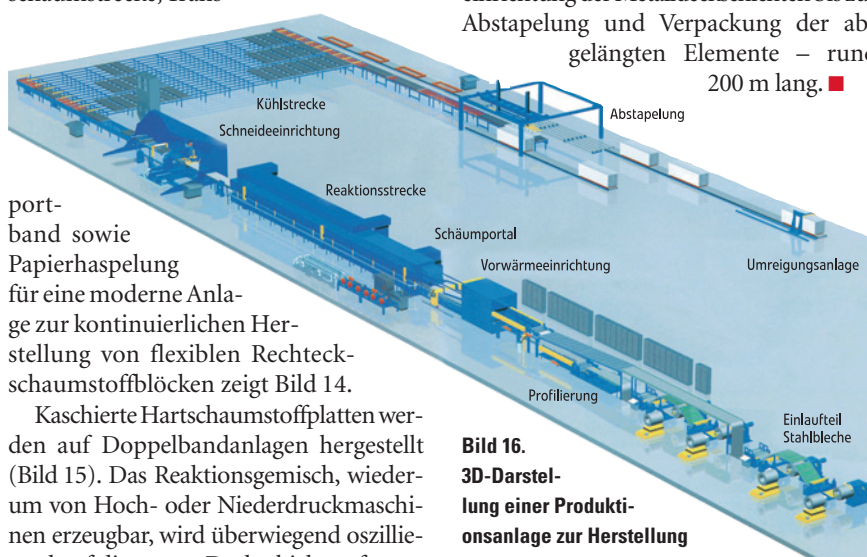


Bild 16. 3D-Darstellung einer Produktionsanlage zur Herstellung von Metall-Verbund-Elementen
(Quelle: Hennecke)

portband sowie Papierhaspelung für eine moderne Anlage zur kontinuierlichen Herstellung von flexiblen Rechteckschaumstoffblöcken zeigt Bild 14.

Kaschierte Hartschaumstoffplatten werden auf Doppelbandanlagen hergestellt (Bild 15). Das Reaktionsgemisch, wiederum von Hoch- oder Niederdruckmaschinen erzeugbar, wird überwiegend oszillierend auf die untere Deckschicht aufgetragen. Während des Aufschäumprozesses

LITERATUR

- 1 Begriffe des Reaktionsgießens (VDI): Kunststoffe 69 (1979) 2, S. A 47
- 2 Knipp, U.: Herstellung von Großteilen aus PUR-Schaumstoffen. Zechner & Hüthig Verlag, Speyer 1974
- 3 Becker, W: Reaction Injection Moulding. Van Nostrand Reinhold Company, New York 1979
- 4 Piechota, H.; Röhr, H.: Integralschaumstoffe. Carl Hanser Verlag, München 1975
- 5 Becker, G. W.; Braun, D.; Oertel, G. (Hrsg.): Kunststoff-Handbuch, Band 7: Polyurethane, Carl Hanser Verlag, München 1993
- 6 Söchtig, W.: LFI-PUR Maschinen- und Anlagen-technik. In: Polyurethane Engineering 2000. VDI-Verlag, Düsseldorf 2000

DIE AUTOREN

DR.-ING. UDO MAIER, geb. 1954, ist Leiter des Segments Processing/Applications/CAE in der Business Unit PUR der Bayer MaterialScience AG, Leverkusen.

HANS-GUIDO WIRTZ, geb. 1962, JÜRGEN FIETZ, geb. 1964, ANDREAS FRAHM, geb. 1968, und THOMAS RÜB, geb. 1964, sind im Segment Processing/Applications/CAE desselben Unternehmens für die Entwicklung von Verarbeitungstechniken und technischen Support zuständig.

SUMMARY PLAST EUROPE

REACTION INJECTION MOULDING SYSTEMS

PROCESS TECHNOLOGY. In contrast to production of complete moulded parts or semi-finished goods by physical means, the primary step in production of polyurethane parts involves a chemical reaction that occurs at the processor. Reliable production equipment for this process is available to manufacture the greatest variety of parts. Starting from low-pressure and high-pressure machine technology, the present article briefly discusses the necessary machine components. The many different approaches to system technology are classified as either continuous or discontinuous in nature.

NOTE: You can read the complete article by entering the document number **PE102710** on our website at www.kunststoffe.de/pe