

H. Groß, Roßdorf

Extrusionswerkzeuge für Folien und Platten

Entwicklungen bei Breitschlitzwerkzeugen und Coextrusionsadaptern

Bei Spezialwerkzeugen, die spezifisch zur Herstellung eines einzigen Produkts konzipiert sind, werden inzwischen 3D-Simulationsprogramme zur Auslegung der Fließkanalgeometrien eingesetzt. Im Bereich der Universalwerkzeuge und der Coextrusionsadapter stehen Entwicklungen im Vordergrund, die zu einer Verbesserung der Wirtschaftlichkeit beim Einsatz der Werkzeuge führen sollen.

Extrusion Die Technology in the Manufacture of Sheets and Films. Today, in the development of special extrusion dies, usually intended for the production of a single specific product, 3D simulation programmes for the layout of the flow channel geometry are used. In the area of universal dies and coextrusion adapters the developments focus mainly on the improvement of profitability in the use of extrusion dies.

Vierorts werden in den Betrieben Werkzeuge benutzt, die bereits zehn Jahre und älter sind. Dabei kommt es nicht selten vor, daß das Bedienpersonal in der Produktion gerade auf diese alten Werkzeuge schwört. Das Gros der Extrusionsverarbeiter steht Neuerungen eher reserviert gegenüber. Man sieht im allgemeinen mehr das Risiko, das bei der Verwendung einer neu entwickelten Technik auftreten könnte, als den langfristig zu erwartenden wirtschaftlichen Nutzen. Deshalb verwundert es auch nicht sehr, daß sich neue, verbesserte Konstruktionen der Werkzeughersteller in der Praxis nur sehr langsam durchsetzen. Die Darstellung des aktuellen Stands im Bereich des Extrusionswerkzeugbaus versucht auch, die Umsetzung in die betriebliche Praxis zu beleuchten.

Das Anforderungsprofil im Wandel der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen

Die Entwicklung im Extrusionswerkzeugbau wird von den wirtschaftlichen

Rahmenbedingungen beeinflusst. Nachdem die Diversifizierungstheorien aus den achtziger Jahren inzwischen durch die Forderung nach der Konzentration auf das Kerngeschäft abgelöst worden sind, hat sich die Nachfrage nach Spezialwerkzeugen, die explizit zur Herstellung eines einzigen Produkts ausgelegt sind, verstärkt. Dies allerdings immer nur dann, wenn das Marktvolumen für das Produkt groß genug ist, um damit eine ganze Linie auslasten zu können. Besonders ausgeprägt ist dieser Trend im Bereich der Herstellung von gereckten Folien. Die Bestrebungen nach Abbau der Lager und die dadurch bedingte Forderung nach einer Just-in-time-Lieferung haben allerdings bei den meisten übrigen Extrusionsverarbeitern zur Verkleinerung der Produktionslosgrößen und damit zu häufigeren Produktionsumstellungen an den Anlagen geführt. In diesen Fällen werden ganz im Gegensatz zum Trend bei Spezialwerkzeugen in verstärktem Maß flexibel einsetzbare Universalwerkzeugkonstruktionen benötigt. Dementsprechend wird auch bei den Werkzeugherstellern an Lösungen gearbeitet, mit denen ein noch breiterer Anwendungsbereich für das Universalwerkzeug erschlossen werden kann. Lösungen also, mit denen bei einer beschleunigten Ein- und Umstellbarkeit des Werkzeugs ein größerer Viskositätsbereich verarbeitbar ist, mit denen ein größerer Dickenbereich oder auch ein größerer Breitenbereich gefahren werden kann.

Spezialwerkzeuge zur Herstellung eines einzigen Produkts

Besonders im Bereich der Folienherstellung werden häufig Werkzeuge eingesetzt, die ausschließlich zur Verarbeitung eines einzigen Kunststoffes mit einem genau vorgegebenen Durchsatz bestimmt sind. Bei diesen Werkzeugen wird meist auf externe Einstellvorrichtungen verzichtet. Speziell auch bei den für die

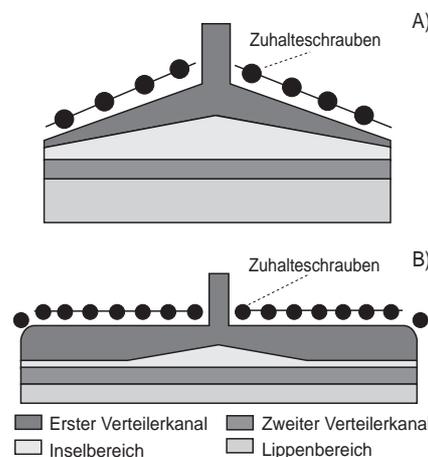


Bild 1. Vergleich des konventionellen Kleiderbügelkanals (A) mit dem neu entwickelten „Hybrid Coathanger“-Verteilerkanal (B), bei dem die Zuhalteschrauben näher an den Werkzeugaustritt herangerückt sind
Werkbild: EDI, Chippewa Falls WI/USA

Coextrusion verwendeten Mehrkanalwerkzeugen integriert man inzwischen immer seltener den früher üblichen Staubalken. Da zur Erhöhung der Betriebssicherheit die Anzahl der zur Fertigung des Werkzeugs benötigten Einzelteile bereits konsequent minimiert worden ist, konzentrieren sich die Entwicklungsaktivitäten auf den Einsatz von immer aufwendigeren und damit genaueren Simulationsprogrammen zur präziseren Auslegung der jeweiligen Fließkanäle. So verwendet die Extrusion Dies Inc., Chippewa Falls WI/USA, kurz auch EDI genannt, seit einiger Zeit ein von der Fa. Fluid Dynamics, Evanston/USA lizenziertes dreidimensionales Finite-Elemente-Programm (FIDAP) zur Optimierung der Fließkanalauslegung in den Werkzeugen. Auf diese Weise sind auch neue Verteilerkanalformen entwickelt worden, wie zum Beispiel der „Hybrid Coathanger“-Verteilerkanal (Bild 1). Er führt unter anderem zu einer Reduzie-

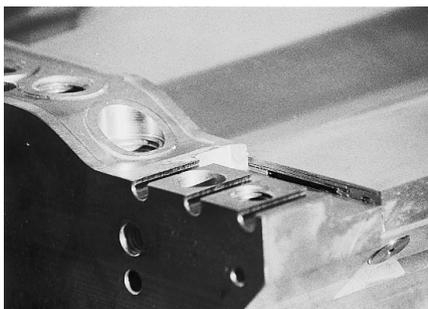


Bild 2. Seitenansicht einer aus speziellen, hoch elastischen Federstahlblechen (ein 1,5 mm dickes Fließkanalblech und zwei 1 mm dicke Stützbleche) aufgebauten superflexiblen Lippe
Werkbild Sauer & Sohn, Dieburg

rung der Werkzeuglänge und vermindert damit das Problem der Werkzeugaufweitung aufgrund des Schmelzedrucks.

Die auf einen einzigen Betriebspunkt hin ausgelegten Spezialwerkzeuge stellen sicherlich im Bereich des Werkzeugbaus das Optimum an Störanfälligkeit und Betriebssicherheit dar. In der betrieblichen Praxis können sich aber Probleme ergeben, wenn man im Laufe der Jahre durch Optimierung der Produktionsanlage den Ausstoß immer weiter vergrößert und damit sich mehr und mehr von dem ursprünglich bei der Auslegung des Werkzeugs zugrunde gelegten Betriebspunkt entfernt, oder wenn man einen anderen Rohstoff verwenden will.

Universalwerkzeuge zur Herstellung von Folien und Platten

Herzstück der Universalwerkzeuge sind die Stellsysteme, mit denen man bei

laufender Anlage den Fließkanalquerschnitt bereichsweise verändern kann. Bei Folienwerkzeugen sind dies die rein manuell oder automatisch verstellbaren Flexlippen und bei Plattenwerkzeugen die Staubalken oder neuerdings auch Verstellmembranen.

Folienwerkzeuge mit Flexlippen

In der Vergangenheit unterschieden sich die Flexlippen der unterschiedlichen Werkzeughersteller nur unwesentlich voneinander. Neuere Überlegungen gehen dahin, sowohl den erreichbaren Verstellweg zu vergrößern als auch die Flexibilität der Lippen deutlich zu erhöhen, um einerseits einen erweiterten Lippeneinstellbereich zu realisieren, andererseits aber insbesondere noch wirksamer und feinfühlicher auf eng begrenzte Massestromunterschiede Einfluß nehmen zu können [1]. So bietet seit 1995 die Fa. Sauer & Sohn, Dieburg, Werkzeuge mit superflexiblen Lippen an, die inzwischen aus übereinander angeordneten speziellen Federstahlblechen aufgebaut sind (Bild 2). Für eine Spezialanwendung wurden von Sauer & Sohn bereits ein erstes Laborwerkzeug und kurz darauf zwei Produktionswerkzeuge mit solchen Superflexlippen ausgeliefert.

Plattenwerkzeuge

Die Variationsmöglichkeiten und die Vielfalt der angebotenen Lösungen sind sicherlich bei Plattenwerkzeugen am größten. Plattenwerkzeuge haben entweder keine oder aber sehr unterschiedliche Systeme zur Lippeneinstellung. Zusätzlich haben sie in aller Regel im Inneren des Fließkanals eine Stellmöglichkeit, um den Fließwiderstand auf unterschiedliche Thermoplaste oder aber auch auf veränderte Durchsätze anpassen zu können. Die in der Vergangenheit für diese Aufgabenstellung ausschließlich übliche Staubalkenlösung hat 1994 Konkurrenz bekommen, als anlässlich des 17. Kunststofftechnischen Kolloquiums des IKV in Aachen ein Werkzeug vorgeführt wurde, bei dem eine dünne von außen deformierbare Membran in den Fließkanal integriert war.

Inzwischen gibt es für diese patentierte Lösung (Bild 3), deren Vorteile in einer sehr feinfühlig lokal begrenzten Einstellbarkeit und in der Vermeidung von Totstellen sowie Undichtigkeiten liegen, sieben Lizenznehmer. Da die Membran in das Werkzeug dicht eingeschweißt ist, sollte sich, im Vergleich zu Staubalkenwerkzeugen, in der

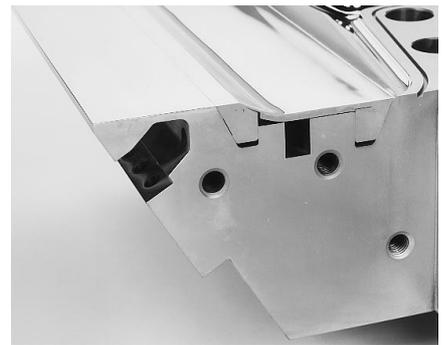


Bild 3. Ausschnitt einer Werkzeughälfte mit integrierter Membran („Flexible Preland“). Das den Fließkanal bildende 1,5 mm dicke Federstahlblech ist fest auf zwei Profilleisten aufgeschweißt. Die gesamte in die Werkzeughälfte eingeschraubte Membraneinheit kann, wenn erforderlich, schnell ausgetauscht werden
Werkbild: EDI, Chippewa Falls WI/USA

Praxis auch eine größere Betriebssicherheit und eine geringere Störanfälligkeit ergeben. Vorreiter bei der Umsetzung dieser neuen Konstruktion waren die USA, wo 1996 die Membranlösung von EDI unter der Bezeichnung „Flexible Preland Technology“ auf den Markt gebracht wurde. Ende dieses Jahres werden ca. 20 Membranwerkzeuge im industriellen Einsatz sein.

Verstellung des Lippenaustrittsspalts bei Plattenwerkzeugen

Benutzte man früher vorrangig anschraubbare Wechsellippen, um den benötigten Lippenspalt für unterschiedliche Plattendicken einzustellen, haben sich mittlerweile Werkzeuge durchgesetzt, bei denen eine fest mit einer Werkzeughälfte verbundene bewegliche Lippe integriert ist, mit der der Lippenaustrittsspalt im Bereich <10 mm verstellbar werden kann. Vorreiter war auch in diesem Fall EDI mit der „Fast Gap“ Technologie, von der bereits über 100 Werkzeuge ausgeliefert werden konnten. Heute bieten fast alle etablierten

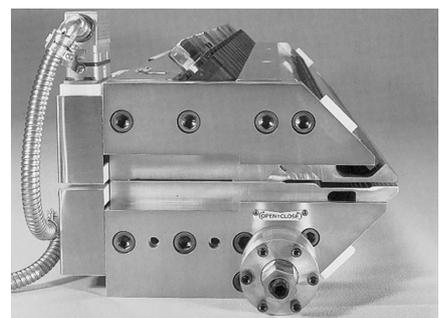


Bild 4. Seitenansicht eines „Uni-Flex“ Werkzeugs mit abgenommener Seitendichtung
Werkbild: Production Components, Eau Claire WI/USA

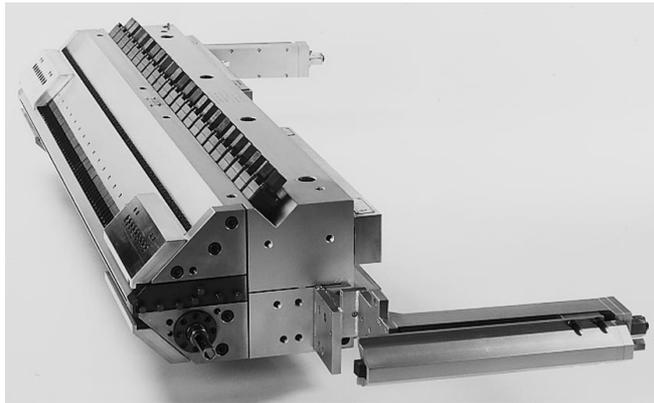


Bild 5. Staubalkenwerkzeug mit Deckeleinrichtung, die zur Veränderung der Austrittsbreite abgeklappt worden ist
Werkbild: EDI, Chippewa Falls WI/USA

Hersteller wie zum Beispiel Verbruggen N.V., B-Temse („Duoflex“), Production Components Chippewa Valley Die Inc., Eau Claire WI/USA („Uni-Flex“, Bild 4), oder auch Reifenhäuser, Troisdorf, („ISR“) ähnliche Lippenverstelllösungen an. Diese Werkzeuge ermöglichen in der Produktion eine Lippenverstellung bei laufender Anlage und reduzieren damit im Betrieb die bei Dickenumstellungen erforderlichen Anfahrvorgänge. Neueste Entwicklungen mit angeschweißten Lippen aus Federstahl-

tet ein „Power Wedge Deckling“-System an, das im Betrieb verstellt werden kann und bei einer Breitenumstellung das Anhalten der Anlage und das Wiederanfahren vermeidet.

Automatische Stellsysteme für Breitschlitzwerkzeuge

Stand der Technik war und ist auch heute noch die Verwendung von Wärmedehnbolzen zur automatischen Einstellung der Lippenspalte. In jüngster Zeit mehren sich aber Bemühungen, die Wärmedehnbolzen durch Stellmotoren zu ersetzen (Bild 6). Vorteile der Stellmotoren liegen in den geringen Betriebskosten, dem großen realisierbaren Stellweg und den schnellen Reaktionszeiten. Die Stellantriebe sind besonders interessant für die Verstellung von Membranen oder auch superflexiblen Lippen, da einerseits diese Verstellsysteme erheblich geringere Verstellkräfte erfordern und damit kleinere Motoren mit geringerem Drehmoment eingesetzt werden können, und da andererseits weder Wärmedehnbolzen noch die gelegentlich verwendeten Translatoren den großen Verstellweg, der für Membranen und superflexible

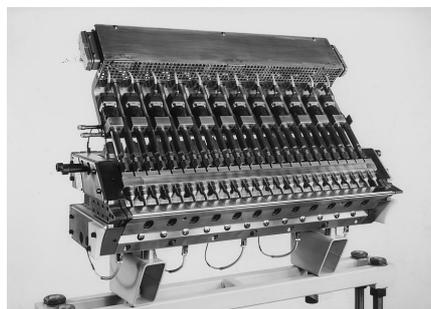


Bild 6. Automatik-Breitschlitzwerkzeug Typ BDF-A84 mit elektromotorischer Lippenverstellung
Werkbild: Kuhne, St. Augustin

blechen ermöglichen sogar einen Einstellbereich von bis zu 20 mm. Allerdings wird mit diesen Lösungen die Forderung nach einer parallelen Bügelzone vor dem Werkzeugaustritt aufgegeben.

Austrittsbreitenverstellung

Auch im Bereich der Austrittsbreitenverstellung, die sich allerdings nur für die Verarbeitung von thermisch unempfindlichen Thermoplasten empfiehlt, geht die Entwicklung hin zu Systemen, mit denen man schneller oder sogar bei laufender Anlage eine Veränderung der Austrittsbreite vornehmen kann. Bild 5 zeigt eine Deckelvorrichtung von EDI, die zur Verstellung weggeklappt werden kann. Production Components bie-

Lippen erforderlich ist, realisieren können. Stellmotoren wurden erstmals 1994 vom IKV in Zusammenhang mit der Vorstellung des ersten Membranwerkzeugs an einer laufenden Laboranlage vorgeführt. Das IKV arbeitet zur Zeit intensiv am Aufbau einer Werkzeugregelung bei der Plattenherstellung, wobei ein mit Stellmotoren ausgerüstetes Membranwerkzeug über die Signale des ebenfalls vom IKV neu entwickelten Wulstmeßsystems geregelt werden soll. Es ist geplant, diese Technik erstmals im März 1998 anlässlich des 19. IKV-Kolloquiums an einer großen Technikumsanlage vorzuführen. Auf der K'95 in Düsseldorf stellten auch Kuhne und Reifenhäuser Werkzeuge mit Stellmotoren aus. Die Akzeptanz bei den Verarbeitern ist nach Aussage beider Firmen allerdings noch gering. So befinden sich die Werkzeuge nach ersten erfolgreichen eigenen Versuchen immer noch in internen Dauertests oder warten noch auf einen Interessenten, der sie in seiner Produktion erprobt.

Mehrkanalwerkzeuge für die Herstellung coextrudierter Folien oder Platten

Bei Mehrkanalwerkzeugen wurden in der Vergangenheit immer häufiger Spezialwerkzeuge mit nicht einstellbaren Fließkanälen eingesetzt, die für einen einzigen Betriebspunkt berechnet wurden. Inzwischen gibt es Firmen, die konsequent ihre vorhandenen Mehrkanalwerkzeuge durch solche mit einer integrierten Verstellmembran ersetzen. Die Membran läßt sich, wie die Querschnittsskizze eines von EDI gebauten Zweikanalwerkzeugs (Bild 7) zeigt, recht einfach in ein Mehrkanalwerkzeug integrieren, ohne daß sie Totstellen im Fließkanal erzeugt. Sie bietet dem Verarbeiter die Möglichkeit, eine sehr präzise Feineinstellung der Schichtdickenverteilung vorzunehmen oder im Einzelfall auf Chargenschwankungen oder Betriebspunktänderungen reagieren zu können. Die Betriebsversuche mit den ersten Membranmehrkanalwerkzeugen waren so positiv, daß die Lizenznehmer der Membrantechnologie inzwischen weltweit einen Auftragsbestand von über 15 solcher Werkzeuge haben.

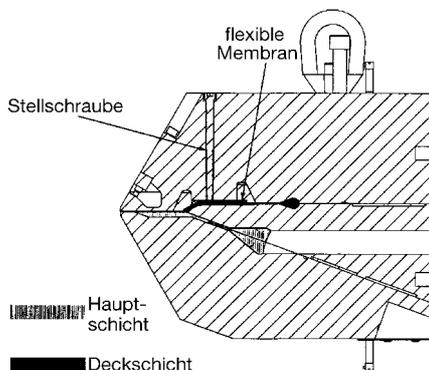


Bild 7. Zweikanalwerkzeug mit einer flexiblen Membran (Flexible Preland) im Coextrusionskanal zur Feineinstellung der Schichtdickenverteilung über der Breite
Werkbild: EDI, Chippewa Falls WI/USA

Coextrusionsadapter

Die Vielfalt der auf dem Markt angebotenen Coextrusionsadaptersysteme ist beachtlich. So bietet EDI allein drei verschiedene Systeme an. Der Trend

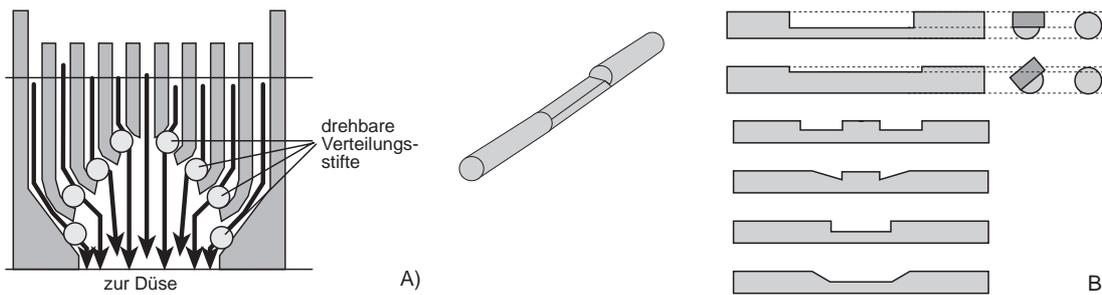


Bild 8. Coextrusionsadapter, der über Lamellen in viele Strömungskanäle unterteilt ist (A), wobei am Ende jedes Teilstroms drehbare Verteilungsstifte (B) angeordnet sind
 Werkbild: ER-WE-PA Davis-Standard, Erkrath

geht auch hier eindeutig zu Systemen, die in den unterschiedlichsten Formen bei laufender Anlage eingestellt werden können. ER-WE-PA Davis-Standard GmbH, Erkrath, hat in seine Weiterentwicklung des ursprünglich von Dow Chemicals patentierten Lamellenadaptersystems drehbare Verteilungsstifte, ähnlich wie sie von dem Cloeren-Adapter bekannt sind, integriert (Bild 8). Reifenhäuser bietet inzwischen seinen der Staubalkenlösung sehr ähnlichen Schieberadapter für besondere Anwendungen mit einem fünfteiligen Schieber an. Optional können zur Randeinkapselung zwei weitere Schieber eingesetzt werden. Omipa S.p.A., Morazzone/Italien, bietet ein Adaptersystem für sieben oder mehr Schichten an, wobei die Massestromverhältnisse der einzelnen Schichten untereinander verändert werden können. Einen völlig neuen und sehr unkonventionellen Weg geht EDI mit seinem „Proteus“ genannten Adapter (Bild 9), mit dem nach Firmenaussagen in Feldversuchen eine Feinsteinstellung des Schmelzstroms erreicht werden konnte, ohne dabei den Schmelzstrom völlig aufzuteilen. Nach Firmenangaben befindet sich bereits ein System im industriellen Einsatz.

Auch im Bereich der Adapter eröffnet die Membrantechnik speziell in Hinsicht auf eine sehr flexible, den je-

weiligen Erfordernissen angepaßte Einstellung, neue Möglichkeiten. So ist wiederum in den USA ein erster von EDI gebauter Membranadapter Mitte 1997 erfolgreich in Betrieb gegangen. Aber auch Sauer & Sohn, die sich seit der Lizenznahme für die Membrantechnik 1994 als neuer Hersteller von Breitschlitzwerkzeugen etabliert hat, fertigt zur Zeit einen Membranadapter, der beim Auftraggeber vor ein vorhandenes Dreikanalwerkzeug geflanscht werden soll. Die Inbetriebnahme ist noch in diesem Jahr geplant. Generell kann man feststellen, daß die Adaptercoextrusion inzwischen fast zum festen Bestandteil von Tafel-, Tiefzieh- und Chill-Roll-Anlagen geworden ist. So sind nach Angaben von Reifenhäuser ca. 95 % der in diese Anwendungen zu liefernden Anlagen mit einem Coextrusionsadapter ausgestattet.

Fazit

Die Werkzeugkonstrukteure und die Werkzeughersteller haben auf die Veränderungen des wirtschaftlichen Umfelds reagiert und neue Lösungen entwickelt, deren vorrangigstes Ziel es ist, dem Verarbeiter Werkzeuge anzubieten, die in mehr oder minder großem Maß dazu beitragen können, die Produktivität oder die Wirtschaftlichkeit

des Extrusionsprozesses zu verbessern. Wie bei allen Neuentwicklungen werden sich sicherlich nicht alle erarbeiteten Lösungen auch in der Praxis wirklich durchsetzen. Es lohnt sich aber sicherlich für den Verarbeiter, bei anstehenden Neubeschaffungen im Einzelfall genau zu prüfen, ob die seit Jahren im Betrieb verwendete und bewährte Technologie unter Berücksichtigung der angebotenen neuen Möglichkeiten noch wirtschaftlich ist. Da zwangsläufig bei Neuentwicklungen keine oder nur geringe Praxiserfahrungen vorliegen können, geht man grundsätzlich bei der Beschaffung ein Risiko ein. Bei der Entscheidung für eine neue und noch unerprobte Lösung besteht die Gefahr, daß die Technologie doch nicht so vorteilhaft ist wie prognostiziert. Entscheidet man sich für die althergebrachte Technik, könnte es passieren, daß die neue Technik sich eventuell doch bewährt, und daß man auf einer neu installierten Anlage mit einem veralteten und damit unwirtschaftlicheren Werkzeug oder Adapter produzieren muß. Es bleibt dem Extrudeur zu wünschen, daß er bei diesen problematischen Entscheidungen eine glückliche Hand hat.

Literatur

1 Groß, H.: Sind heutige Flexlippen flexibel genug? Kunststoffe 87 (1997) 3, S. 342-345

Der Autor dieses Beitrags

Dr.-Ing. Heinz Groß, geb. 1950, studierte Maschinenbau an der RWTH Aachen und promovierte 1983 am Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV) in Aachen. Nach seiner Tätigkeit als Leiter der Forschung, Entwicklung und Anwendungstechnik der Sparte Technische Kunststoffe bei der Röhm GmbH in Darmstadt gründete er 1992 nebenberuflich ein Ingenieurbüro für Kunststoffverfahrenstechnik in Roßdorf. Nach seinem Ausscheiden aus der Röhm GmbH konzentriert er sich seit 1993 auf die Entwicklung neuer Technologien und die Markteinführung eigener bereits erteilter Patente. (100854)

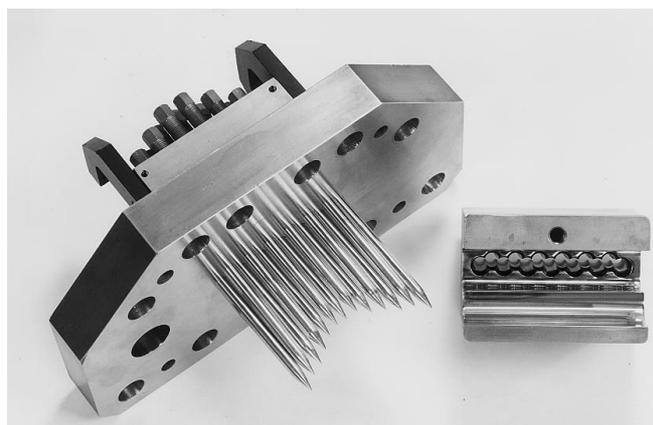


Bild 9. Coextrusionsadapter „Proteus“, bei dem über eine Vielzahl voneinander unabhängig verstellbarer Stifte die Massestromverteilung bei laufender Anlage verstellt werden kann
 Werkbild: EDI, Chip-pewa Falls WI/USA