

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 106 (1988)  
**Heft:** 48

**Artikel:** Bimetallzylinder für Kunststoffmaschinen  
**Autor:** Mohn, Eugen  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-85854>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 10.07.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Härtewerten ist bemerkenswert gross, sie unterscheiden sich jedoch beträchtlich bezüglich ihrer chemischen, thermischen, mechanischen und elektrischen Werte. In zahlreichen Fällen sind diese Hartstoffe auch kombinier- und mischbar. Eine erfolgreiche Nutzung des Potentials, das in dieser Vielfalt von Eigenschaftskombinationen steckt, erfordert jedoch ein gezieltes Vorgehen (Bild 16).

Zunächst muss das für den vorliegenden Anwendungsfall vorliegende Tribosystem analysiert werden, um die Beanspruchungsart und den überwiegend wirksamen Verschleissmechanismus zu klären. Eine systemoptimale Auswahl der Werkstoffe erfordert zunächst eine Grobauswahl nach bekannten Werkstoffdaten und dann zusätzlich Modellverschleissuntersuchungen mit verschiedenen Werkstoffpaarungen. Erst

nach einer Eingrenzung und Auswahl durch die Modellverschleisstests werden konkrete Werkzeuge beschichtet und in einer protokollierten Erprobung im Fertigungseinsatz getestet. Nach einem Kosten/Nutzenvergleich erfolgt die endgültige Einführung in die Fertigung.

Die genannte Vielzahl der in Frage kommenden Schichtwerkstoffe, die unter Umständen erforderliche Kombination verschiedener Werkstoffe z.B. als homogene Mischschicht, als Mischschicht mit graduellen Konzentrationsänderungen in der Dicke der Schicht, als heterogene Sandwichschicht oder als heterogene Mischschicht aus zwei oder mehreren Komponenten, erfordert vom Beschichtungsverfahren ein hohes Mass an Flexibilität. Ein solches Verfahren muss darüber hinaus in der Lage sein, das Schichtsystem bei Tem-

peraturen aufzubringen, die den vorher unabhängig in seinen Eigenschaften durch Wärmebehandlungsverfahren optimierten Grundwerkstoff des Werkzeuges nicht mehr schädigen. Zusätzlich muss eine Schichtadhäsion und Schichtdicke gewährleistet sein, die dem spezifischen Anwendungsfall angepasst ist.

Die plasmagestützten PVD-Verfahren kommen heute diesem Ideal am nächsten und verfügen über ein erhebliches Entwicklungspotential. Die Zukunft wird zeigen, welche Verfahrensvariante die Anforderungen der neuen Schichtsysteme technisch und wirtschaftlich am besten meistert.

Adresse des Verfassers: *Helmut Freller*, Siemens AG, Zentrale Fertigungsaufgaben, Erlangen.

## Bimetallzylinder für Kunststoffmaschinen

**Eine zentrale Komponente von Spritzguss- und Extrusionsmaschinen für Kunststoffe ist der Zylinder mit der Förderschnecke, wo das rohe Kunststoffgut aufbereitet und zum Formgebungswerkzeug transportiert wird. Die Tendenz, die Ausstossleistung durch immer höhere Betriebsdrücke und -temperaturen zu steigern, sowie der Vormarsch der technischen Kunststoffe mit aggressiven Zusätzen stellen höchste Anforderungen an die Verschleiss- und Korrosionsfestigkeit von Zylinder und Schnecke. Der Bimetallzylinder beruht auf der Idee, die unterschiedlichen Beanspruchungen an Volumen und Oberfläche durch Kombination von verschiedenen Werkstoffen zu einem Verbund optimal aufzufangen. In einem speziellen Zonenschmelzschleuderverfahren wird innen auf ein Trägerrohr aus hochwarmfestem Stahl eine verschleiss- und/oder korrosionsfeste Panzerschicht aufgebracht. Bei optimaler Anpassung der Schichteigenschaften an den Verarbeitungsprozess können bis zu 20fache Steigerungen der Standzeit gegenüber derjenigen bloss durch eine Nitrierbehandlung gehärteter Zylinder erreicht werden.**

### Anforderungen an Bimetallzylinder

Obschon in Werkstoffachkreisen bereits vom «Keramikzeitalter» gesprochen wird, welches das gegenwärtige

VON EUGEN MOHN,  
OLTEN

«Plastikzeitalter» demnächst ablösen soll, stehen heute weltweit einige hunderttausend Kunststoffmaschinen im Einsatz, und der Wachstumstrend auf diesem Gebiet scheint ungebrochen [1].

Im wesentlichen handelt es sich um Spritzgussmaschinen zur Herstellung von Formteilen sowie um Extrusionsmaschinen für die kontinuierliche Herstellung von Profilen.

Wie die schematische Darstellung in Bild 1 erkennen lässt, ist eine zentrale Komponente dieser Maschinen der Zylinder mit der Förderschnecke. Darin wird das meist in Granulatform zugeführte Kunststoffgut plastifiziert, mit den verschiedensten Zusätzen gemischt und homogenisiert, auf den erforderlichen Betriebsdruck komprimiert und transportiert. Bei Spritzgussmaschinen wird die so aufbereitete Masse schliesslich im Taktbetrieb über eine geeignete

Düse mit Rückstromsperre in das Formwerkzeug eingespritzt, während sie bei Extrudern kontinuierlich durch die Matrize ausgestossen wird. Die üblichen Betriebsdrücke und -temperaturen im Inneren des Zylinders liegen normalerweise im Bereich von 1000–2000 bar und 200–500 °C.

Die Entwicklung von immer leistungsfähigeren Maschinen erhöht die Anforderungen an die Qualität der Spritzguss- und Extrusionszylinder. Ein höherer Ausstoss kann durch die Steigerung von Betriebsdruck und -temperatur erreicht werden. Dies führt zu enormen Beanspruchungen des Zylindermaterials bezüglich mechanischer Festigkeit. Man wünscht heute bereits Temperaturen bis 700 °C und Drücke bis 2500 bar, wofür die geeigneten Zylinder erst noch zu entwickeln sind.

Zusätzlich bringt der Vormarsch der technischen Kunststoffe eine immer höhere Beanspruchung der Zylinderinnenfläche bezüglich Verschleiss und Korrosion [2]. Durch Verwendung von Füllstoffen und Additiven (Aufhellern, flammhemmenden Mitteln, Antioxidantien, Farbpigmenten, Glasfasern, Kohlefasern usw.) sowie hochfluorierten oder hochchlorierten Kunststoffen wird der Verschleiss und die Korrosion in einem Ausmass gefördert, dass der Einsatz von Zylindern und Schnecken ohne speziellen Oberflächenschutz praktisch verunmöglicht wird.

Ausreichende Standzeiten der Zylinder sind für die wirtschaftliche Kunststoffverarbeitung nicht nur wegen de-



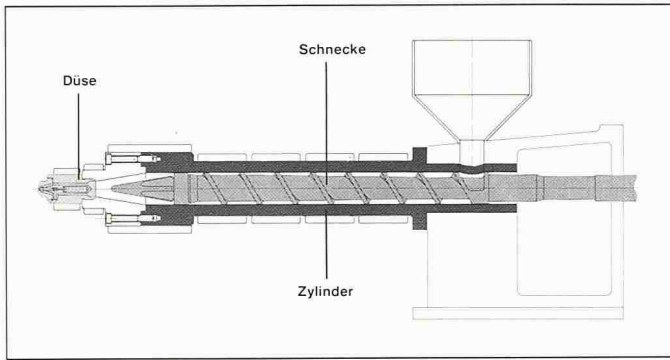


Bild 1. Prinzipschema einer Spritzgussmaschine mit Zylinder, Schnecke, Düse, Einfüll- und Antriebsvorrichtung

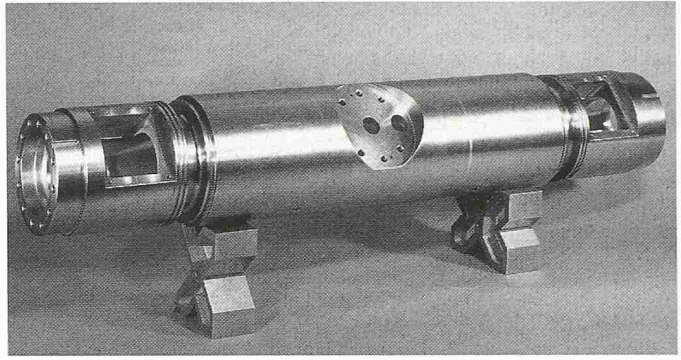


Bild 2. Extrusionszylinder in Bimetallausführung. Die Panzerschicht bedeckt die Innenoberfläche des Zylinders

ren hohen Anschaffungskosten erforderlich, sondern auch wegen der teuren Umrüstzeiten der Maschine beim Einbau eines Ersatzzylinders.

In Anbetracht dieser Anforderungen versucht man nicht mehr alle notwendigen Funktionen mit einem einheitlichen Material zu erfüllen, sondern Kernvolumen und Oberfläche des Zylinders aus verschiedenen, den spezifischen Beanspruchungen angepassten Werkstoffen herzustellen. Dies führte unter anderem zur Entwicklung des Bimetallzylinders, der heute in den günstigsten Fällen eine Standzeit erbringt, die nahezu an die Lebensdauer der Kunststoffmaschine selbst heranreicht. Es mag vielleicht für einen Branchenfremden überraschend sein, dass sich unter den weltweit etwa 10 Herstellern solcher Bimetallzylinder auch ein Schweizer Unternehmen befindet, das, zumindest in Europa, eine führende Marktstellung einnimmt.

### Verschleiss-Schutz

Eine erste Möglichkeit zur Reduktion des Verschleisses bietet die Verwendung von genügend warmfesten, härtbaren Stählen (z.B. 1.2343, 1.2080). Damit stösst man jedoch rasch an Grenzen, weil

- zwischen Festigkeit und Härte ein Kompromiss geschlossen werden muss,
- die Durchhärtung besonders bei grösseren Abmessungen wegen der hohen Wärmebelastung häufig zu Verzug oder sogar Rissbildung führt,
- die Korrosionsfestigkeit gegenüber nicht inerten Kunststoffmassen ungenügend ist.

Ein nächster Schritt ist die Verwendung von nitrierten Zylindern. Spezielle Nitrierstähle (z.B. 1.8519, 1.8550) werden vor allem mit dem gut kontrollierbaren und sauberen Plasmanitrierverfahren [3] mit einer harten Oberfläche versehen, was erheblich vor Verschleiss schützt und die Standzeit bis zu 50% ge-

genüber derjenigen des unbehandelten Grundmaterials erhöht.

Wegen der geringen Dicke der harten Randzone von weniger als 0,1 mm und des anschliessenden raschen Härteabfalls bis auf diejenige des Grundmaterials innerhalb von weiteren 0,1–0,2 mm ist allerdings der Verschleissvorrat begrenzt, und die Korrosionsbeständigkeit von nichtrostenden Stählen wird durch das Nitrieren herabgesetzt [4]. Trotzdem finden heute, unter anderem wegen der kostengünstigen Herstellung besonders in kleinen Abmessungen, Nitrierzylinder bei der Verarbeitung eher problemloser Kunststoffklassen weite Verwendung.

Da die kleineren Spritzgussmaschinen bis etwa 2 m Zylinderlänge am häufigsten vertreten sind, nehmen heute die Nitrierzylinder zahlenmässig wohl immer noch die Spitzenstellung ein.

Nebenbei sei erwähnt, dass sich auch CVD-beschichtete (TiC, TiN, TiCN) Kleinzylinder und Schnecken, bei denen die Verzugsprobleme infolge der hohen erforderlichen Beschichtungstemperatur noch einigermaßen beherrschbar sind, eine gewisse Marktstellung erobert haben und in Spezialfällen den Nitrierzylindern überlegen zu sein scheinen. Dies ist sicher auf die wesentlich höhere Härte der CVD-Schichten (über 2000 HV gegenüber etwa 1200 HV der Nitrieroberfläche) zurückzuführen, welche den Nachteil der extrem kleinen Schichtdicke von etwa 0,01 mm mehr als wettmacht.

Eine entscheidende Verlängerung der Standzeit ist jedoch erst durch Bimetallzylinder möglich geworden. Je nach Einsatzbedingungen sind gegenüber Nitrierzylindern in der Praxis 5–10fache, in speziellen Fällen sogar bis 20fache Standzeiterhöhungen beobachtet worden. Dies bedeutet, dass – je nach Auslastungsgrad der Maschine – über Jahre hinaus mit demselben Zylinder gearbeitet werden kann.

Auch wenn der Anschaffungspreis eines Bimetallzylinders bei Innendurchmessern bis 90 mm etwa doppelt

so hoch ist wie für einen Nitrierzylinder, ist der Einsatz dank der höheren Standzeit mit lange gleichbleibender Produktqualität wirtschaftlich gerechtfertigt. Zudem verschiebt sich bei grösseren Abmessungen das Preisniveau zugunsten des Bimetallzylinders, der ab 150 mm Innendurchmesser kaum mehr teurer als ein Nitrierzylinder ist.

### Bimetallzylinder für alle Anwendungsfälle

Bimetallzylinder bestehen aus einem Trägerrohr aus Stahl (Baustahl oder legierte, nichtrostende Stähle), das innen mit einer verschleiss- und/oder korrosionsfesten Metallschicht überzogen ist. Die Dicke der Panzerschicht beträgt zwischen 1,5 und 5 mm. Bild 2 zeigt einen einbaufertigen Extrusionszylinder, an dem nicht nur die Panzerschicht erkennbar ist, sondern auch die relativ komplizierte Endform, die nach dem eigentlichen Auspanzern in mehreren mechanischen Bearbeitungsvorgängen erreicht werden muss.

Entsprechend den unterschiedlichen Anforderungen stehen verschiedene Panzerlegierungen zur Auswahl, die mit dem jeweils am besten geeigneten Trägerwerkstoff kombiniert werden können. Tabelle 1 gibt eine Übersicht über das aktuelle Angebot an Panzerlegierungen unserer Firma, zusammen mit den wichtigsten Eigenschaften und Anwendungsgebieten.

Dieses Lieferprogramm ist ein Kompromiss zwischen optimalem Werkstoff für die jeweilige Anwendung und sinnvoller Beschränkung auf wenige Standardtypen mit möglichst breitem Anwendungsspektrum.

### Vorteile der Funktionstrennung

Um die Vorteile der Funktionstrennung zwischen Trägerwerkstoff und Panzerschicht etwas besser zu beleuchten, sind nachfolgend die teilweise widersprüchlichen Anforderungen an



diese beiden Komponenten aufgelistet. Auf einige davon, welche spezifisch mit dem Herstellungsprozess zu tun haben, wird im nächsten Abschnitt näher eingegangen.

#### Trägerwerkstoff

- ☐ Der Trägerwerkstoff muss ausreichende Warmfestigkeit (normalerweise ausgedrückt als Streckgrenze  $R_p 0,02$  in  $N/mm^2$ ) aufweisen, um den spezifizierten Einsatzbedingungen bezüglich Druck und Temperatur standzuhalten.
- ☐ Er muss leicht bearbeitbar sein (spanabhebende Bearbeitung, Elektroerosion, evtl. Schweissen).
- ☐ Er muss genau definierte Wärmeausdehnungskoeffizienten und Phasenumwandlungsverläufe haben, um die beim Herstellungsprozess auftretenden thermischen Spannungen zu beherrschen (dies bedeutet in gewissen Fällen gegenüber den handelsüblichen Qualitäten eingeschränkte Analysenstreuweiten!).
- ☐ Er muss selbst eine der Anwendung angepasste Korrosionsfestigkeit aufweisen.
- ☐ Er muss kostengünstig sein.

#### Panzerwerkstoff

- ☐ Der Panzerwerkstoff muss eine hohe Härte und/oder Korrosionsbeständigkeit aufweisen.
- ☐ Er muss mit dem Trägermaterial kompatibel sein (einwandfreier Schmelzverbund, aber keine weichen oder extrem spröden intermetallischen Phasen).
- ☐ Er muss solche thermische Eigenschaften haben, dass die Panzerschicht nach der Abkühlung unter Druckspannung steht, damit keine Risse oder Ausbrüche auftreten.
- ☐ Er muss einen niedrigeren Schmelzpunkt als das Trägermaterial aufweisen.
- ☐ Er muss mindestens durch Honen, Schleifen und Elektroerodieren bearbeitbar sein, wobei die Verwendung von diamant- oder borazonbestückten Werkzeugen in Kauf genommen werden kann (z.B. bei der WC-Basis-Legierung AC 360).

Wie bei vielen Anwendungen der Oberflächenmetallurgie für den Verschleisschutz ist also auch der Bimetallzylinder eine gute Lösung für das alte Problem, wo Härte und Festigkeit bzw. leichte Formgebung zwei gegenläufige Forderungen an einen Werkstoff darstellen.

#### Vom Rohling zum fertigen Bimetallzylinder

Der Herstellungsablauf eines Bimetallzylinders ist schematisch in Tabelle 2 dargestellt.

| Bezeichnung | Werkstoffbasis | Härte HRC | Rel. Verschleissrate <sup>1</sup> Colm. 6 | 1.2379 | Rel. Korrosionsrate <sup>2</sup> | Hauptanwendungen <sup>3</sup> |
|-------------|----------------|-----------|-------------------------------------------|--------|----------------------------------|-------------------------------|
| A 110       | Fe/Ni          | 58-64     | 26                                        | 100    | 100                              | ABS/POM/PS                    |
| AC 330      | Fe/Cr/Ni       | 58-64     | 40                                        | 54     | 40                               | PC/PE/UP                      |
| AC 350      | Ni/Cr          | 56-64     | 83                                        | 9      | 3                                | PMMA/PPO                      |
| AC 360      | WC/Ni          | 58-64     | 4                                         | 4      | 5                                | CFK/GFK                       |
| C 240       | Ni/Co/Cr       | 47-53     | 100                                       | 32     | 3                                | PVC/PU                        |
| C 250       | Ni/Si/B        | 54-58     | 69                                        | 87     | 5                                | ETFE/PVF                      |
| C 260       | Ni/Cr/Si/B     | 54-58     | 50                                        | 23     | 2                                | CSM/PVCC                      |
| C 270       | Co/Cr/Ni/W     | 46-53     | 61                                        | 28     | 7                                | PPS/NBK                       |

<sup>1</sup> Abrasiv/Adhäsivverschleiss (Amslertest) gegen Schneckenwerkstoff Colmonoy 6 (Nickelbasis) bzw. 1.2379 (Eisenbasis)

<sup>2</sup> Korrosionsverlust in 50 Vol. %-HCl bei Raumtemperatur

<sup>3</sup> Stark abhängig von den verwendeten Zusatz- und Füllstoffen

Tabelle 1. Verfügbare Panzerlegierungen mit den wichtigsten Eigenschaften. A=verschleissfeste Legierungen, C=korrosionsfeste Legierungen, AC=kombinierte Eigenschaften

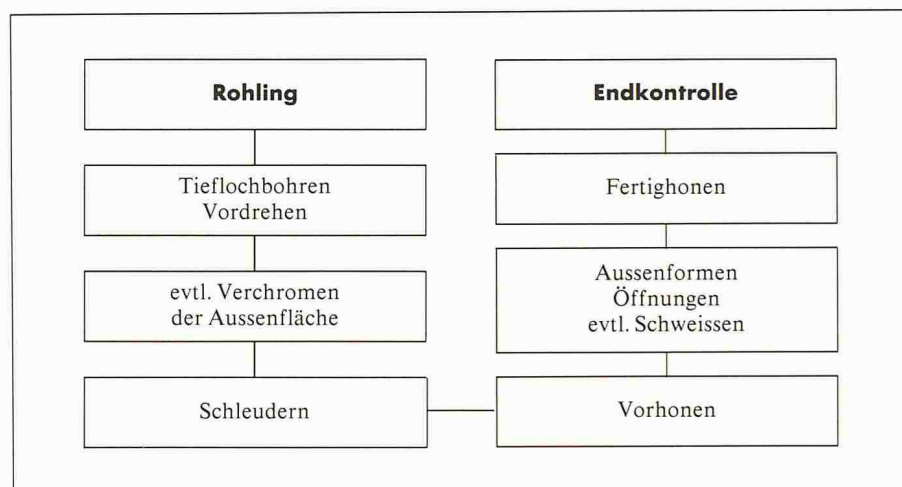


Tabelle 2. Fertigungsablauf eines einfachen Bimetallzylinders

Für die Erzeugung der schützenden Panzerschicht sind mehrere Verfahrensvarianten entwickelt worden, die heute bei verschiedenen Herstellern im Einsatz stehen. Allen gemeinsam ist das Aufheizen des vorgebohrten Rohzylinders mit dem pulverförmig eingebrachten Panzermaterial bis in den Solidus-Liquidus-Bereich desselben. Die gleichmässige Verteilung auf dem Innenumfang erfolgt durch eine rasche Rotation um die Längsachse, wobei Beschleunigungen bis zu 100 g auf die Schmelze einwirken. Die Fliehkraft sorgt nicht nur für eine homogene Schichtdicke, sondern auch für die Verdichtung des Materials und die Akkumulation von spezifisch leichten Schlackenbestandteilen auf der Innenoberfläche, wo sie beim späteren Vorhonen entfernt werden können. Anschliessend erfolgt eine mehr oder weniger kontrollierte Abkühlung, um die gewünschten Gefügestände zu erreichen und unzulässige Spannungsspitzen zu vermeiden. Insbesondere axiale und tangential Zugspannungen würden in den relativ spröden Panzerschichten bei niedrigeren Temperaturen zu Spannungsrissen führen.

#### Das Zonenschmelzverfahren

Beim durch die Berna AG entwickelten Zonenschmelzverfahren wird das Panzermaterialpulver mit Hilfe eines U-Profils längs einer Mantellinie des Zylinders gleichmässig eingebracht. Anschliessend wird das Rohr in Rotation versetzt (bis zu Tourenzahlen von gegen 1000 rpm) und mit einer Induktionsspule, welche den Zylinder umschliesst, bis in das Schmelzintervall der Panzerlegierung aufgeheizt. Der flüssige Zustand wird auf einer Breite von einigen cm erreicht, wobei die Schmelzzone durch einen kontrollierten Vorschub sukzessive über die ganze Zylinderlänge wandert.

#### Vorteile des Zonenschmelzverfahrens

- ☐ Die genaue Temperaturführung wird erleichtert, da sie nur im schmalen Bereich des Schmelzringes stattfinden muss.
- ☐ Die thermische Beanspruchung des Trägerwerkstoffes ist auf das absolut notwendige Minimum reduziert. Insbe-



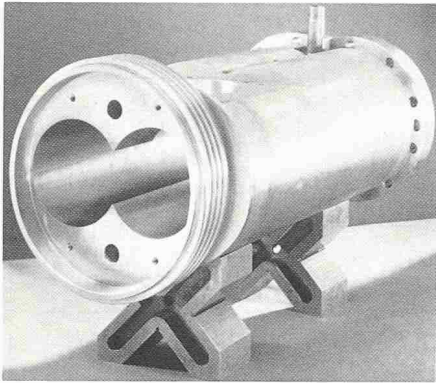


Bild 3. Bimetall-Doppelzylinder

sondere gelingt es dadurch, Gefügeveränderungen und Kornwachstum, welche zu Festigkeitsverlusten führen könnten, weitgehend zu vermeiden.

□ Der rotierende Zylinder kann während des ganzen Schleudervorganges einwandfrei zentriert werden, so dass Fluchtungsfehler nicht auftreten und ein Nachrichten unnötig wird.

□ Die hohen Zentrifugalkräfte führen bei richtiger Wahl der Arbeitstemperatur und Vorschubgeschwindigkeit zu dichten und homogenen Panzerschichten, welche mit dem Trägermaterial einen einwandfreien Schmelzverbund eingehen.

□ Das Verfahren lässt sich vollautomatisch steuern und benötigt keine hohen, elektrischen Spitzenleistungen.

Die beiden anderen, wesentlichen Schleuderverfahren lassen sich kurz wie folgt charakterisieren:

□ Induktives Aufheizen und Ausschleudern des Zylinders simultan über die gesamte Länge. Von Nachteil sind dabei die erschwerte Temperaturkontrolle und die fehlende Zwangszentrierung. Ferner muss die Aussenoberfläche speziell vorbehandelt werden, um eine Verzunderung und damit lokale Inhomogenitäten in der Wärmeübergangszahl zu vermeiden. Schliesslich sei der hohe Leistungsbedarf erwähnt, welcher das Verfahren für grosse Zylinderabmessungen prohibitiv macht.

□ Aufheizen des Zylinders mit dem eingebrachten Pulver in einem gas- oder ölbeheizten Ofen, anschliessend Schleudern ausserhalb des Ofens. Offensichtlich liegt bei diesem Verfahren das Hauptproblem in der exakten Temperatureinstellung, da viele, nur schwer kontrollierbare Einflussfaktoren vorhanden sind.

### Konstruktionskriterien

Auch die beste Panzerschicht nützt nichts, wenn ein Bimetallzylinder konstruktiv nicht so ausgelegt wird, dass er den Betriebsbeanspruchungen mit einem ausreichenden Sicherheitsfaktor standhält.

Nach allgemein anerkannten Konstruktionskriterien [5] kann man in erster Näherung von der Berechnungsvorschrift für zylindrische Mäntel unter Innendruck mit Verhältnis Aussen- zu Innendurchmesser  $< 1,5$  ausgehen:

$$s = \frac{d \cdot p}{2 \sigma_z Z - p} + c$$

$s$  = Mindestwanddicke [mm]

$d$  = Innendurchmesser [mm]

$p$  = Überdruck im Innenrohr [N/mm<sup>2</sup>]

$\sigma_z$  = zulässige Spannung [N/mm<sup>2</sup>]

$Z$  = Schweißzuschlag [0,7...1]

$c$  = Toleranzzuschlag [mm]

Die zulässige Spannung ergibt sich aus der Festigkeit des Trägermaterials:

$$\sigma_z = \frac{R}{S}$$

$R$  = 0,2% - Streckgrenze bei Betriebstemperatur

$S$  = Sicherheitsfaktor

Die Grundlage für dieses Berechnungsverfahren bildet die aus der Elastizitätstheorie bekannte «Hypothese der grössten Gestaltsänderungsarbeit», welche für die vorliegenden Geometrie zu folgender, berechneter Vergleichsspannung führt:

$$\sigma_v^2 = \frac{1}{2} [(\sigma_t - \sigma_r)^2 + (\sigma_r - \sigma_x)^2 + (\sigma_x - \sigma_t)^2]$$

$\sigma_t$  = maximale Tangentialspannung

$\sigma_r$  = maximale Radialspannung

$\sigma_x$  = Maximale Längsspannung

sowie die Forderung

$$\sigma_z \leq \sigma_v$$

Allerdings ist zu berücksichtigen, dass beim einbaufertigen Zylinder meistens der Querschnitt lokal durch Bohrungen, Nuten, Gewinde, usw. geschwächt werden muss, etwa für die Anbringung von Flanschen, für die Entgasung, Temperaturmessung, u.a. Diesem Umstand kann manchmal mit geeigneten Korrekturfaktoren Rechnung getragen werden; in komplizierteren Fällen muss eine detaillierte Berechnung mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode durchgeführt werden.

### Bimetall-Doppelzylinder

Ein Teil der Extrusionsmaschinen wird in einer Doppelschnecken-Ausführung eingesetzt, um verschiedene Kunststoffkomponenten homogen zu mischen und gleichzeitig zu extrudieren (etwa beim Einzug von Glasfasern in Polyamid 6/6). Auch die dafür notwendigen Doppelzylinder können als Bimetallzylinder hergestellt werden (siehe Bild 3)

Vereinfacht gesagt geht man von zwei gepanzerten und vorbearbeiteten Ein-

### Literatur

- [1] Burkhardt D., Glenz W.: Kunststoffe 3 (1988), 182-186 und Streck W.R.: Kunststoffe 6 (1988), 468-469
- [2] Lang W., Stockmaier G.: Plasterarbeiter 10 (1980)
- [3] Edenhofer B.: Heat Treatment of Metals 1 (1974), 23-28
- [4] Ramchandani A., Dennis J.K.: Heat Treatment of Metals 15 (1988), 34-38
- [5] SVDB-Vorschriften, Band 1, Rev. 05.81, Vorschriften 301+302
- [6] Böhm G.: Plasterarbeiter 10 (1973), 3-7
- [7] Mohn E.: Technische Rundschau 25 (1987), 16-18

fachzylindern aus, welche entlang einer passenden Schnittebene aufgeschnitten und zu einer Einheit zusammengeschnitten werden. Wegen den unterschiedlichen Schmelztemperaturen von Trägermaterial und Panzerschicht bietet die Schweißoperation einige Probleme, die am besten mit dem Vakuum-elektronenstrahlschweißen beherrscht werden können [6]. Insbesondere die an der Fugestelle entstehende Sattelspitze in der Panzerschicht stellt hohe fertigungstechnische Ansprüche, um die Gefahr von Ausbrüchen zu minimieren. Zudem muss für das einwandfreie Funktionieren des Doppelschneckenextruders eine hohe Achsparallelität gewährleistet sein. Doppelzylinder werden sowohl in einer besonders stabilen Monoblockausführung wie auch als Büchsen angeboten, welche in ein entsprechendes Trägergehäuse auswechselbar eingesetzt werden können.

### HIP-Zylinder

Eine neue Möglichkeit zur Herstellung von Bimetall-Doppel- wie auch Einfachzylindern wurde in den letzten Jahren durch das HIP-Verfahren (Heissisostatisches Pressen) eröffnet [7]. Dabei wird die Panzerschicht - ebenfalls aus pulverförmigem Ausgangsmaterial - nicht mehr auf schmelzmetallurgischem Weg aufgebracht, sondern durch Einwirkung eines hohen, isostatischen Druckes und einer Temperatur knapp unterhalb des Schmelzpunktes der Panzerlegierung in sich vollständig verdichtet und mit dem Trägermaterial durch einen Diffusionsverbund verbunden.

Mit der HIP-Technik lassen sich Doppelzylinder aus einem Stück in einem Arbeitsgang herstellen, d.h. die Schweißoperation fällt weg. Als Panzerschichten kommen alle bekannten, mit dem Schleuderverfahren aufgeführten Legierungen in Betracht, aber auch zusätzlich solche mit neuen, inter-



essanten Eigenschaften, welche schmelzmetallurgisch überhaupt nicht zugänglich sind. Zudem sind die HIP-Schichten wegen ihres feinen, homogenen Gefüges in der Regel etwas leistungsfähiger als aufgeschmolzene Schichten identischer Zusammensetzung. Ein Kostenvergleich bei analogen Zylindertypen fällt allerdings heute noch zuungunsten des HIP-Zylinders aus, da weniger Fertigungserfahrung vorliegt als für die geschleuderten Bimetallzylinder. Ferner sind die maximalen Dimensionen durch die Abmessungen der heute auf dem Markt installierten HIP-Autoklaven auf weniger als 1,5 m Länge beschränkt.

### Schlussfolgerungen

Der Bimetallzylinder stellt ein hervorragendes Beispiel für die Lösung von Verschleissproblemen bei metallischen Maschinenbauteilen durch die Anwendung eines Werkstoffverbundes dar. Die Leistungsfähigkeit der verarbeitenden Kunststoffindustrie verdankt ihren hohen Stand sicher zu einem nicht unwesentlichen Teil der Verfügbarkeit dieser Produkte.

Die ersten Bimetallzylinder wurden bei der Berna AG vor ziemlich genau 20 Jahren hergestellt. Seitdem haben annähernd 20 000 Zylinder die Fertigungsstätten verlassen; und ein um-

fangreiches, sehr spezialisiertes Know-how ist auf diesem Gebiet aufgebaut worden. Parallel zu den Innovationen und steigenden Anforderungen in der Kunststoffindustrie bleibt aber auch bei den Bimetallzylindern die Entwicklung nicht stehen. Sowohl bei den Werkstoffen für Trägerrohre und Panzerschichten wie bei den Herstellverfahren dürfen weitere Fortschritte erwartet werden, welche die Standzeiten im Einsatz noch verbessern und höhere Belastungen im Betrieb ohne Risiko gestatten werden.

Adresse des Verfassers: Dr. E. Mohn, Berna AG, 4600 Olten.

## Wettbewerbe

### Stadthaus mit Parlamentssaal in Effretikon-Ilinau ZH

Die Stadt Ilinau-Effretikon veranstaltete unter 11 eingeladenen Architekten einen Projektwettbewerb für ein Stadthaus mit Parlamentssaal in Effretikon-Ilinau. Ein Projekt musste wegen schwerwiegender Verstösse gegen Bestimmungen des Wettbewerbsprogramms von der Preiserteilung ausgeschlossen werden. Ergebnis:

1. Preis (11 000 Fr.): Marie-Claude Bétrix, Ealdo Consolascio, Zürich; Mitarbeiter: Markus Röthlisberger, Astrit Hajrullahu, Marcel Häberli

2. Preis (10 000 Fr.): Schwarz & Meyer, Zürich; Thomas Meyer, Olivier Schwarz; Mitarbeiter: Simone Amacker, Reto Heimgartner, Christoph Nauck

3. Preis (6000 Fr.): A.D.P. Architektur Design Planung, Zürich; Walter Ramseier, Beat Jordi, Caspar Angst, Peter Hofmann

4. Preis (5000 Fr.): R. & E. Guyer, Zürich; Mitarbeiter: Mike Guyer

5. Preis (4000 Fr.): Dahinden + Heim, Winterthur; Mitarbeiter: D. Oes

Ankauf (2000 Fr.): Peter Stutz, Markus Bolt, Winterthur/Zürich; Mitarbeiter: A. Weber, V. Munk, M. Wild

Das Preisgericht empfahl dem Veranstalter, die Verfasser der beiden erstrangierten Entwürfe zu einer Überarbeitung einzuladen. Das Preisgericht setzt sich wie folgt zusammen: O. Frey, Bauvorstand, Vorsitz, R. Keller, Stadtpräsident, A. Ritter, I. Vizepräsident; die Architekten A. Amsler, Winterthur, J. Schilling, Zürich, B. Loderer, Zürich, A. Suter, Ilinau-Effretikon; Mitglieder mit beratender Stimme: U. Fritz, Architekt, Er-

satzpreisrichter, H. Maurer, Finanzvorstand, D. Baumgartner, Polizeivorstand, K. Eichenberger, Stadtschreiber, W. Felix, Bauamt Ilinau-Effretikon.

### Zur Aufgabe

Im Zentrum von Effretikon war an der Lindauerstrasse ein Stadthaus für Ilinau-Effretikon zu projektieren. Im Vordergrund stand eine benutzergerechte sympathische Verwaltung, die den Einwohnern der Stadt Ilinau-Effretikon die notwendigen Dienstleistungen möglichst rationell zur Verfügung stellt. Die Grundstruktur musste gut ablesbar sein, so dass die Orientierung innerhalb des Gebäudes einfach und kundenfreundlich ist. Gleiches galt für die Stadtbibliothek, die eigenständig betrieben werden soll.

Der Parlamentssaal sollte möglichst vielfältig verwendbar sein (kulturelle Veranstaltungen, Kino usw.). Die Gesamtanlage musste kostenbewusst konzipiert sein. Darüber hinaus sollte das neue Stadthaus zu einem freundlichen Stadtzentrum beitragen (attraktive Erdgeschossnutzungen) und in zeitgemässer baulicher Form das Selbstbewusstsein der Stadt Ilinau-Effretikon zum Ausdruck bringen. Ortsbaulich sollte das Gebäude die Bahnhofstrasse mit dem Marktplatz verbinden, einen Bezug zum Marktplatz aufweisen und damit die Marktplatzzidee weiterentwickeln.

### Randbedingungen

- Es war vorgesehen, aufgrund des Wettbewerbsresultates einen Gestaltungsplan

zu erlassen. Als Rahmen für die Projektierung waren zu beachten: maximal 5 Vollgeschosse, die Bruttogeschossfläche von 4300 m<sup>2</sup> war voll auszuschöpfen; das Gebäude musste in den öffentlich zugänglichen Bereichen behindertengerecht sein

- Die Erschliessung für Anlieferung und Parkierung hatte über die Bruggwiesenstrasse zu erfolgen, die Lindauerstrasse war als Fussgängerbereich zu gestalten.
- An das Gebäude des Altersheimes kann auf der Ostseite angebaut werden.
- Das Jugendhaus soll bestehen bleiben. Das Stadthaus sollte jedoch so konzipiert werden, dass auch ohne Jugendhaus eine überzeugende städtebauliche Lösung bestehen bleibt.
- Der Parlamentssaal sollte namentlich für Veranstaltungen ausserhalb der Öffnungszeiten der Verwaltung einen separaten oder vom Verwaltungsteil abtrennbaren ansprechend gestalteten Zugang aufweisen.
- Längs der Lindauerstrasse waren im Erdgeschoss publikumsorientierte Nutzungen anzuordnen.

### Raumprogramm

Finanzamt 85 m<sup>2</sup>, Steueramt 85 m<sup>2</sup>, Gesundheitsamt 28 m<sup>2</sup>, Hochbauamt 90 m<sup>2</sup>, Tiefbauamt 50 m<sup>2</sup>, Präsidialamt (Stadtpräsident, Stadtschreiber, Sekretariat, Zivilstandsamt, Sitzungszimmer Stadtrat, Arbeitszimmer Stadtrat) 290 m<sup>2</sup>, EDV 80 m<sup>2</sup>, Polizeiamt (Abteilungsleiter Zivilschutz, Einwohnerkontrolle usw.) 150 m<sup>2</sup>, Schulamt 90 m<sup>2</sup>, Werkamt 56 m<sup>2</sup>, Betriebsamt 85 m<sup>2</sup>, 5 Besprechungszimmer 140 m<sup>2</sup>. Verkehrsflächen inkl. Schalterhalle 400 m<sup>2</sup>, Nebenräume (Cafeteria, Archiv, Material usw.) 650 m<sup>2</sup>, Hauswart 50 m<sup>2</sup>, Parlamentssaal (Saal 250 m<sup>2</sup>, Foyer, Tribüne, Bühne, Künstlergarderoben, Küche usw.) 470 m<sup>2</sup>, Hauswartwohnung 120 m<sup>2</sup>.