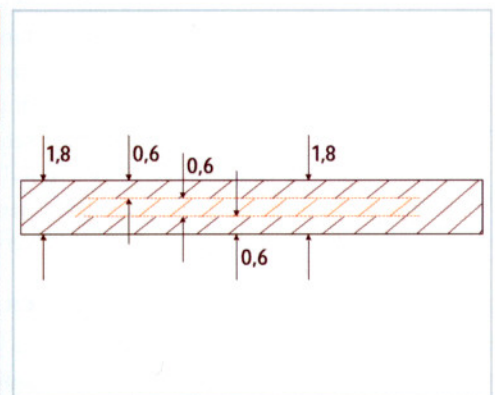


Erweiterte Produktionsmöglichkeiten für komplexe metallische Bauteile

# Neue Horizonte des technisch Machbaren

Ursprünglich dafür entwickelt, partiell mehrwandige Werkzeugeinsätze für Extrusionswerkzeuge herzustellen, erweist sich ein neues Fertigungsverfahren auch anderweitig als geeignet, den Bereich des Machbaren zu erweitern.



**1** Partiiell mehrwandige, einstückige Platte mit einem zur Verdeutlichung des dreiwandigen Mittelteils herausgeschliffenen Streifen (links) und Querschnittszeichnung der Platte (rechts)

VON HEINZ GROSS

→ Der Wunsch, metallische Bauteile einzusetzen, die einerseits hohen mechanischen Belastungen standhalten, aber andererseits auch in vorgegebenen Bereichen rein linear elastisch verformbar sind, hat zur Entwicklung einer völlig neuen Fertigungsmethode geführt. Mit dieser Methode werden die Produktionsmöglichkeiten für komplexe metallische Bauteile immens erweitert. Im Folgenden werden diese neuen Fertigungsmöglichkeiten beschrieben, mit denen sich Bauteile herstellen lassen, die in der Lage sind, mehrere technische Funktionen zu erfüllen. Dabei soll die Fertigungsmethode selbst nicht offengelegt werden, da das Patentverfahren zur Herstellung von Multifunktionsbauteilen noch nicht abgeschlossen ist. Die neue Ferti-

gungstechnik hat bereits im Bereich der Kunststoffverarbeitung dazu beigetragen, dass bisher scheinbar nicht realisierbare technische Problemlösungen bewältigt und dass vorteilhafte Produktionsverfahren erarbeitet werden konnten.

## Einstückige metallische Bauteile mehrwandig gestalten

Die neue Fertigungstechnologie wurde ursprünglich entwickelt zur Optimierung von Extrusionswerkzeugen, die für die Herstellung von Kunststoffplatten, Kunststofffolien, Kunststoffrohren oder Kunststoffprofilen benötigt werden. Ziel war es, den im Inneren des Werkzeugs befindlichen Fließkanalspalt zumindest in bestimmten Bereichen einstellbar zu machen [1, 2]. Dafür ist es nun erforderlich, wenigstens eine Wand des Fließkanals bei laufender Anlage rein linear elastisch de-

formieren zu können. Da Extrusionswerkzeuge in aller Regel bei Temperaturen oberhalb von 200° C betrieben werden, benötigt man folglich metallische Wandbereiche, die bei der Betriebstemperatur einerseits dem hohen Innendruck der Schmelze standhalten, die aber andererseits rein linear elastisch deformierbar sein müssen.

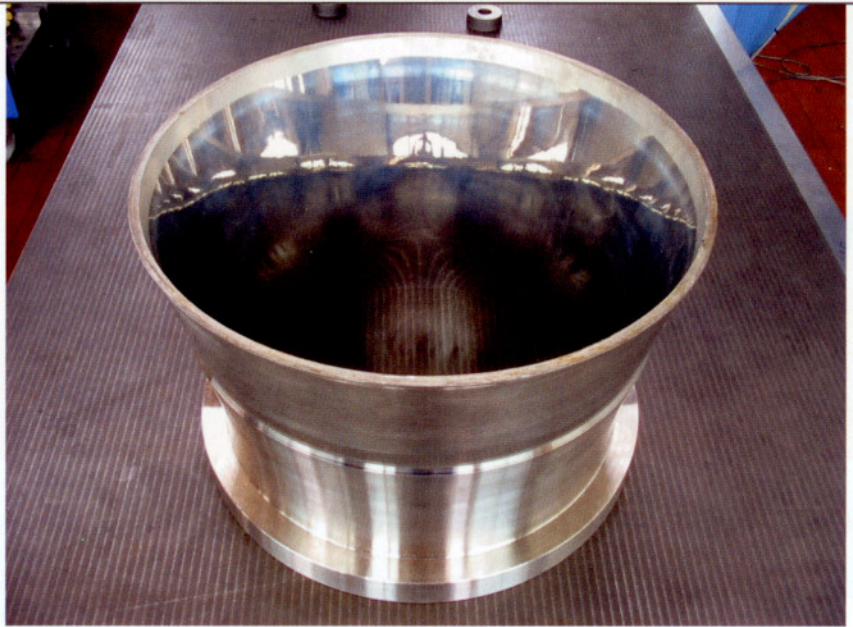
Um solche metallischen Bauteile herstellen zu können, wurde nun das neue Fertigungsverfahren entwickelt, mit dem es gelingt, komplexe, einstückige, dreidimensionale, metallische Bauteile an bestimmten Stellen mehrwandig zu gestalten. Einstückig bedeutet dabei, dass die Teile einteilig sind und somit eine homogene Gefügestruktur besitzen, also weder geschweißt noch in irgendeiner Art gefügt sind. Obwohl die Teile partiell mehrwandig sind, existiert während des ge- >>>

»» samten Produktionsverfahrens nur ein einziges Teil. Zwischen den einzelnen Wänden befindet sich absolut kein Spalt, sodass sich die Wände in idealer Weise mechanisch gegeneinander abstützen.

Dass derartige Teile bisher nicht herstellbar waren, kann man indirekt auch daraus ableiten, dass man in erhebliche Schwierigkeiten gerät, wenn man eine mit dem Verfahren hergestellte partiell mehrwandige einstückige Platte (Bild 1 links) im Schnitt zeichnen soll (Bild 1 rechts). Denn sie lässt sich nicht zeichnen, ohne eine der klassischen Zeichenregeln zu verletzen. Die in der Schnittzeichnung roten Linien sind nicht normgemäß, da die unterschiedlichen Wände (versetzt in gleicher Richtung schraffiert) in unterschiedlicher Richtung hätten schraffiert werden müssen, da es sich um getrennte Wände handelt. Das wäre aber auch zeichentechnisch falsch, da die Wände zum selben Teil gehören, also folglich in der gleichen Richtung schraffiert sein müssen. Auch die rot gestrichelten Trennstriche zwischen den Wänden sind zeichentechnisch nicht korrekt, da es ja keinen Zwischenraum zwischen den Wänden gibt. Aus diesem Grund ist auch die Dicke der Platte im einwandigen Wandbereich und im mehrwandigen Mittelbereich, in dem jede Einzelwand 0,6 mm dick ist, exakt gleich.

### Sehr hohe Wiederholgenauigkeit für kritische Maße

Neben der Herstellung partiell mehrwandiger metallischer Bauteile, die auch eine komplexe dreidimensionale Geometrie besitzen können (Bild 2), eröffnet das entwickelte Fertigungsverfahren weitere interessante Fertigungsmöglichkeiten. Sie werden sicherlich dazu beitragen, dass Entwickler und Konstrukteure verbesserte technische Lösungen erarbeiten können. Beispielsweise lassen sich viele Teile mit einer gegenüber dem heutigen Standard verbesserten Präzision herstellen. Das



**2** Einstückige partiell mehrwandige Flexringhülse aus einer korrosionsfesten Speziallegierung, die einen einwandigen dicken Flansch besitzt und die im konischen Teil aus 20 Einzelwänden besteht

Verfahren ist auch ideal dafür geeignet, Serienteile herzustellen, wobei für kritische Maße eine sehr hohe Wiederholgenauigkeit erreicht werden kann. Damit der interessierte Entwickler oder der Konstrukteur prüfen kann, ob vielleicht das neue Fertigungsverfahren auch dazu beiträgt, Aufgaben zu lösen, an denen er sich bisher die »Zähne ausgelesen« hat, werden im Folgenden die wichtigsten neu realisierten Fertigungsmöglichkeiten kurz beschrieben.

■ **Herstellen einstückiger metallischer Bauteile mit extremen Wanddickenunterschieden:** In überwiegend dickwandigen Bauteilen (Wandstärke zum Beispiel größer 10 mm) lassen sich Wandbereiche mit einer Wanddicke von nur 0,05 mm realisieren. Es muss also nicht länger ein separates metallisches Bauteil gefertigt werden, in das dann eine ebenfalls getrennt hergestellte dünne 0,05-mm-Folie eingeschweißt werden muss. Der dünne Wandbereich kann dabei eine komplexe dreidimensionale Geometrie besitzen, die auch scharfe Kanten aufweisen kann. Prinzipiell ist es möglich, in die Oberfläche des 0,05 mm dicken Wandbereichs eine mikroskopische Oberflächenstruktur einzubringen. Bei Serienteilen wird dabei eine extrem hohe Wiederholgenauigkeit der Oberflächenstruktur realisiert. Natürlich kann man auch in dickwandige Bauteile beziehungsweise Wandbereiche von Bauteilen feinste

Oberflächenstrukturen mit hoher Präzision einbringen. Umgekehrt lassen sich aber auch vorwiegend dünnwandige Bauteile, also dünne metallische Folien, problemlos mit einem umlaufenden dicken Wandbereich herstellen, über den dann die Folie in eine Konstruktion eingespannt werden kann. Auch in diesem Fall sind die Folie und der dicke umlaufende Flansch einstückig, also eine Einheit.

- **Herstellen partiell mehrwandiger Bauteile:** Wie eingangs beschrieben, lassen sich einstückige Bauteile herstellen, die in Bereichen, in denen das technisch sinnvoll ist, mehrwandig sind. Die Bauteile müssen dabei nicht wie die in Bild 1 gezeigte ebene Demonstrationsplatte eine einfache Geometrie besitzen, sie können auch von komplexer dreidimensionaler Geometrie sein. Man kann frei wählen, ob sich im mehrwandigen Bereich zwischen den Oberflächen der Einzelwände ein definierter Spalt befinden soll oder ob zwischen den einzelnen Wänden absolut kein Spalt vorhanden sein darf, damit sich die Wände in idealer Weise gegeneinander abstützen. Sowohl die Wanddicke der Einzelwand, ab einer Dicke von ungefähr 0,05 mm, als auch die Anzahl der Einzelwände sind frei wählbar. Natürlich können die Einzelwände dabei auch unterschiedliche Dicken besitzen.
- **Herstellen von Bauteilen mit Hohlräumen:** Es lassen sich einstückige metal-

### i HERSTELLER

**Groß Kunststoff-Verfahrenstechnik**  
64380 Roßdorf  
Tel. 0 61 54/69 52 40  
Fax 0 61 54/69 52 41  
→ [www.gross-k.de](http://www.gross-k.de)

liche Bauteile herstellen, die an definierten Stellen Hohlräume mit einer vorgegebenen genauen dreidimensionalen Geometrie besitzen. Die Hohlräume können auch mit einem Fluid, einem Gas, einem Pulver oder Feststoff gefüllt sein. Sie sind erst einmal von dem Metall, das sie umgibt, komplett ummantelt und damit hermetisch abgeschlossen. Sie besitzen somit keine Verbindung zur Außenumgebung. Natürlich kann man sie auch mit einer Entlüftungs- oder Speisebohrung versehen.

■ **Herstellen dünnwandiger nahtloser Rohrstücke oder Rohrkrümmer:** Rohrstücke oder auch Rohrkrümmer lassen sich in nahezu jedem gewünschten Durchmesser mit höchster Präzision herstellen, ohne dass sie eine Schweißnaht aufwiesen. Dabei können Wanddicken bis hinunter zu 0,05 mm realisiert werden. Auch bei einem Rohr mit einer Wanddicke von nur 0,05 mm kann die Innenoberfläche mit einer Rautiefe, die einer Polierung entspricht, herge-

stellt werden. Selbst Bohrungen in einem metallischen Zylinder, die einen Durchmesser im Bereich von 1 mm besitzen oder die ein großes Längen-zu-Durchmesser-Verhältnis aufweisen, können poliert sein. Wenn es die Anwendung erfordern sollte, lässt sich die Innenoberfläche der Bohrung sogar mit einer verschleißfesten Schutzschicht, zum Beispiel mit einer DLC-Beschichtung, versehen. Natürlich können die Rohrwände auch komplett oder nur partiell mehrwandig ausgeführt werden.

■ **Umschließen oder Ummanteln von Teilen mit metallischer Wand:** Teile wie Thermofühler, Dehnmessstreifen oder ähnliche können mit einer homogenen metallischen Wand komplett umgossen oder ummantelt werden. Selbst Teile, die extrem temperaturempfindlich sind, lassen sich metallisch ummanteln beziehungsweise umgießen. So kann man beispielsweise auch ein Streichholz komplett mit einem Metall ummanteln, ohne dass es sich dabei entzündete, da

während des Fertigungsverfahrens die Temperaturen von 50° C nicht überschritten werden. Auch Teile aus nicht metallischen Werkstoffen lassen sich mithilfe des entwickelten Verfahrens sehr gut haftend mit metallischen Bauteilen verbinden.

### Eingeschränkte Auswahl an geeigneten Werkstoffen

Wie immer im Bereich der Technik gibt es auch einschränkende Faktoren. Die Auswahl an Metallen, aus denen die beschriebenen Bauteile hergestellt werden können, ist momentan noch beschränkt. Es gibt zurzeit kaum mechanische Kenndaten für Legierungen, die speziell für den Einsatz im technischen Bereich besonders interessant wären. Dies liegt vorrangig daran, dass für Bauteile, bei denen keine sicherheitsrelevanten Aspekte eine Rolle spielen, die direkte mehrdimensionale Bauteilprüfung in der realen Anwendung immer noch die genaueste Prüfung ist. Deswegen wurden bisher der Aufwand und die Kosten >>>

## Hirth-Stirnverzahnung?

## Fragen Sie!



DER  
ZAHNRADEXPORTE



Zyklo-Palloid-Spiralkegelräder, Stirnräder, Hirth-Stirnverzahnung, Kegelräder, Kettenräder, Zahnstangen, Schneckenradsätze, Kronräder, Baugruppen

Hagmann Zahnradfabrik GmbH  
Friedhofstraße 28 · D-73110 Hattenhofen  
Tel.: 0 71 64 / 94 30-0 · Fax: 94 30-31  
Internet: [www.hagmann.de](http://www.hagmann.de)  
e-mail: [info@hagmann.de](mailto:info@hagmann.de)

» zur Herstellung genormter Proben zur Ermittlung der wichtigsten mechanischen Kenndaten gescheut. Die in Bild 2 dargestellte Flexringhülse wurde beispielsweise aus einer speziellen eisenfreien Nickelbasis-Legierung, die in der Korrosionsfestigkeit mit Hastelloy-Legierungen vergleichbar ist, hergestellt. Diese Legierung sollte auch im Medizin- und im Lebensmittelbereich einsetzbar sein. Sie steht allerdings in keinem Stahlschlüssel und ist folglich natürlich für diese Anwendungen noch nicht gelistet. Es wurden zwar schon zu Testzwecken einzelne Bauteile für den Medizin- und Lebensmittelbereich bemustert, allerdings wurden noch keine Prüfungen auf Eignung der Legierung für diese Anwendungsbereiche eingeleitet.

### Verheißungsvolle Perspektiven

Bisher wurde das Verfahren nahezu ausschließlich dazu verwendet, partiell mehrwandige Werkzeugeinsätze für Extrusionswerkzeuge herzustellen und damit wirtschaftlichere Fertigungsverfahren im Bereich der Extrusion zu ermöglichen.

Bild 2 zeigt beispielhaft eine partiell mehrwandige und damit im konischen Endbereich rein linear elastisch deformierbare Flexringhülse, die aus der bereits beschriebenen korrosionsfesten Speziallegierung gefertigt wurde. Die Flexringhülse ist im Flanschbereich massiv und einwandig und geht im konischen Wandbereich in 20 Einzelwände über, wobei jede Einzelwand eine Wanddicke von nur 0,2 mm besitzt und zwischen den Einzelwänden kein Spalt vorhanden ist.

Bild 3 zeigt die in ein Blasformwerkzeug integrierte Flexringhülse. Beim Blasformen wird mithilfe des Werkzeugs erst ein runder Schmelzeschlauch ausgetragen, der dann im unteren Bereich von zwei Werkzeughälften zusammengequetscht und verschweißt wird. Anschließend wird der Schlauch mittels Druckluft zu einem Hohlkörper aufgeblasen. Um den unterschiedlichen Verstreckgraden, die im Hohlkörper in aller Regel vorhanden sind, gerecht zu werden, kann nun mithilfe des gezeigten Flexringwerkzeugs der Austrittspalt zwischen der Flexringhülse und dem auf dem Foto nicht abgebildeten Dorn in der Mitte des Werkzeugs während des Austrags des Vorformlings verändert werden. Bei dem Werkzeug sind in jedem



**3** Düsenteil eines Flexringblasformwerkzeugs, bei dem mithilfe von vier Linearantrieben, an deren Ende sich jeweils ein Stellbacken befindet, die Flexringhülse bei jedem Austragszyklus dynamisch verformt werden kann

Stellbacken nochmals Madenschrauben integriert, damit man auf einfache Weise eine Feinoptimierung der genauen Kontur der Flexringhülse vornehmen kann.

Mit dem gezeigten Werkzeug soll ein Industriebehälter mit einer rechteckigen Grundfläche geblasen werden. Durch Zustellen der vier Verstellbacken wird nun der Austrittspalt im Bereich der Seitenflächen des Behälters reduziert. In den freien Bereichen zwischen den Stellbacken weicht dabei die Flexringhülse nach außen aus. Somit wird die Wand des Vorformlings in den Seitenbereichen des Behälters verringert und in den vier Eckbereichen des Behälters vergrößert. Ziel ist es, natürlich das Gewicht und damit den erforderlichen Materialeinsatz zur Herstellung des Behälters zu verringern und gleichzeitig auch noch die Gebrauchseigenschaften zu verbessern.

Mit der neu entwickelten Fertigungsmethode wurde der Bereich des technisch Machbaren deutlich erweitert. So konnten bereits im Bereich der Extrusion unter Verwendung von Multifunktionsbauteilen neue Produktionsmethoden realisiert werden, mit denen sowohl die Qualität der hergestellten Produkte verbessert als auch die Produktionskosten gesenkt werden können. Es ist abzusehen, dass mit den neuen zur Verfügung stehenden Möglichkeiten auch Probleme aus anderen technischen Bereichen lösbar werden. Beispielfür denkbar neue technische Lösungen sei die Einbettung eines Thermofühlers nahe unter der Innenoberfläche eines Rohrstücks erwähnt oder die

Integration eines Dehnmesstreifens in einen mehrwandigen und damit dehnfähigen Wandbereich einer Rohrleitung. Somit übernimmt das in der Anlage ohnehin erforderliche Rohrstück gleichzeitig eine Temperatur- und eine Drucksensorfunktion, ohne dass die Fließkanalgeometrie im Innenbereich des Rohrs, beispielsweise durch Integration eines T-Stücks, gestört würde. Das in der Anlage erforderliche Bauteil wird zum Multifunktionsbauteil, indem es gleichzeitig als Rohr und als Messsensor fungiert. Ergebnis sind ein reduzierter Montageaufwand und eine Erhöhung der Betriebssicherheit, die dadurch erreicht werden, dass die zum Aufbau einer Funktionsgruppe benötigten Einzelkomponenten verringert und dass Trenn- beziehungsweise Schnittstellen vermieden werden. ■

[www](http://www.wb101831.de) → **WB101831**

### LITERATUR

- 1 Groß, H.: Extrusionswerkzeuge mit flexibel deformierbaren Fließkanalwänden. Zeitschrift Blasformen und Extrusionswerkzeuge, Dipl.-Ing. K.-H. Möller, Technischer Fachverlag, Velbert, Heft 1/2005 und 2/2005, S. 5-9 und 11-14
- 2 Groß, H.: Einstellbare Fließkanalgeometrien – die Zukunft im Extrusionswerkzeugbau. Zeitschrift Kunststoffe, Hanser Verlag München, Heft 10/2006, S. 153-157

**Dr. Ing. Heinz Groß** leitet das Unternehmen Groß Kunststoff-Verfahrenstechnik in Roßdorf → [heinz-gross@t-online.de](mailto:heinz-gross@t-online.de)