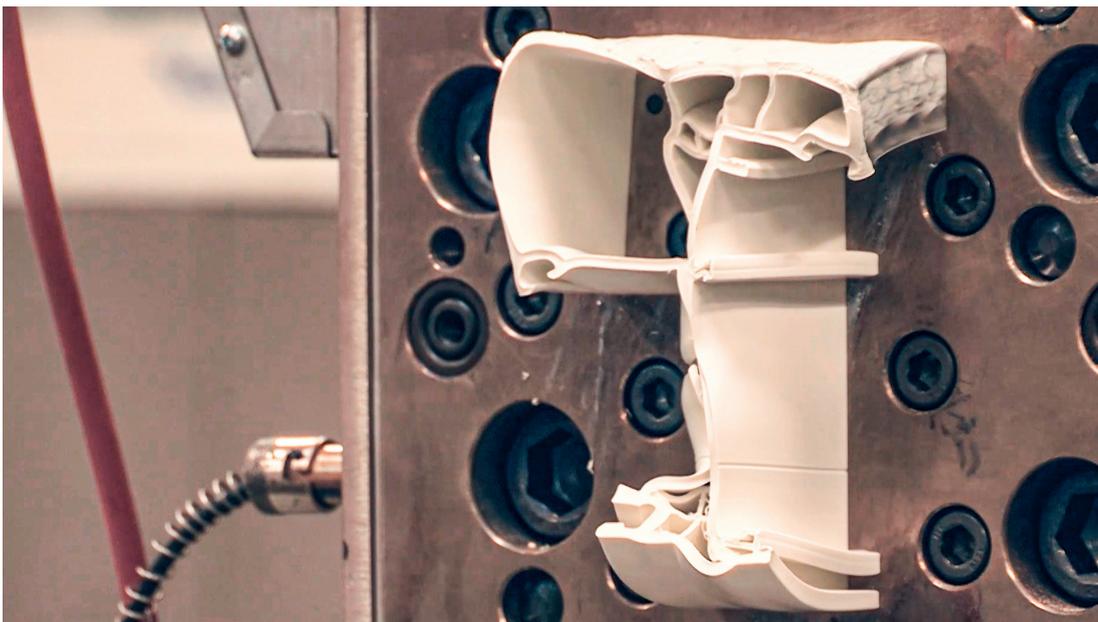


Extrudierte Fensterprofile aus Kunststoff

Außen glatt, innen hochkomplex

Die Anforderungen an Fensterprofile sind vielfältig. Hohe Dichtigkeit, Schall- und Wärme-Dämmwerte sowie sichere, leicht zu bedienende Verriegelungstechnik sind von den Bauherren gefragt. Daneben sollen sie möglichst leicht sein und aus umweltschonenden Materialien bestehen. Das stellt hohe Ansprüche an die Extrusionswerkzeuge und die Anlagenperipherie. Hersteller Gealan verfügt über das notwendige Know-how und hat seinen internen Werkzeugbau hoch modern aufgestellt.



Mit Drücken von bis zu 450 bar wird die PVC-Schmelze durch das Profildüsenwerkzeug gepresst. Die ideale Temperatur der zu verarbeitenden Kunststoffmasse liegt zwischen 190 und 200 °C. © Gealan

Aus unserem Alltag sind Fenster nicht wegzudenken: Als direkte Grenze zwischen dem Inneren und Äußeren eines Gebäudes sind sie unsere dritte Haut, die Licht ins Innere unserer Lebens- und Arbeitsräume lässt. Auch ihr Beitrag zum Klimamanagement unserer Wohn- und Arbeitsräume ist nicht zu unterschätzen. Vor diesem Hintergrund darf es wohl nicht überraschen, mit welcher Expertise in Konstruktion, Verfahrenstechnik und Werkzeugbau moderne Fensterprofile gefertigt werden.

Norbert Gruner leitet seit fünf Jahren den Werkzeugbau bei Gealan, einem der führenden Hersteller von Kunststoffprofilen für Fenster und Türen in Europa. Um die vier europäischen Produktionsstätten mit Werkzeugen und Formen zu versorgen, arbeiten rund 70 Experten am

bayerischen Standort in Oberkotzau an Konstruktion, Werkzeugbau und Einfahrvorgang. Gealan ist Teil der Veka-Gruppe, deren globale Vertriebs- und Produktionszentren sicherstellen, dass in Deutschland entwickelte Fensterprofile weltweit zum Einsatz kommen.

Kunststoff-Extrusion per Strangpressverfahren

Fensterprofile bestehen unter anderem aus PVC, Titandioxid zum UV-Schutz und bleifreien Stabilisatoren. Basis der Produktion ist ein kontinuierliches Strangpressverfahren. Bei Gealan wird dafür Heißpulver (Neuware: PVC als Dryblend sowie Recyclingmaterial in Form von Linsen und Mahlgut) in Extrudern verarbeitet. Die gegenläufigen Doppelschne-

cken schmelzen das Polymerpulver auf und homogenisieren die Schmelze, während der Kunststoff gleichzeitig entgast wird. Dabei werden etwa zwei Drittel der benötigten Wärmeenergie durch die mechanischen Scherkräfte zwischen Schnecke und Material sowie etwa ein Drittel durch externe Zuheizung über Heizbänder in das PVC eingebracht. Die Förderschnecken bauen dann Drücke von bis zu 450 bar auf, die nötig sind, um die Masse durch das Werkzeug zu pressen. Die ideale Temperatur der zu verarbeitenden Kunststoffmasse liegt zwischen 190 und 200 °C (**Titelbild**).

Nach dem Schmelzeaustritt aus der Profildüse folgt die Kalibrierung. Dabei kühlt das System die noch plastische Polymermasse ab, hält sie in Form »

und bringt sie auf ein spezifikationsgerechtes Maß. Gealan verwendet eine Vakuum-Nasskalibrierung mit Zwischenwasserbädern. Das Vakuum sorgt dafür, dass die Geometrie bis zur Erstarrung der PVC-Schmelze an der Kalibrierung anliegt und nicht in sich zusammenfällt. Die Kühlstrecken größerer Anlagen können dabei Längen von über 20 Metern erreichen (**Bild 1**). Bei Gealan können so Produktionsgeschwindigkeiten bei Coextrusionswerkzeugen von bis zu 6 m/min erreicht werden. Im hauseigenen Werkzeugbau wird stetig daran gearbeitet, diese Geschwindigkeit weiter zu erhöhen, wobei der limitierende Faktor vor allem die sehr hohe Drehzahl der Extruder ist, die sich nicht negativ auf die Laufzeit des Profils auswirken darf. Aber auch die kurze Durchlaufzeit durch die Kühlstrecke in Verbindung mit vielen Innenkammern stellt eine große Herausforderung dar.

Gruner (**Bild 2**) erklärt weitere Details, die die Extrusion noch komplexer machen: „An einem Werkzeug können bis zu drei Extruder angeschlossen sein. Ein Triextrusions-Blendrahmen hat beispielsweise Anschlüsse für einen Hauptextruder, der recyceltes PVC für den Innenkern des Fensterprofils zur Verfügung stellt, und zwei Coextruder, die verschiedene Materialien für die visuelle Oberfläche zuführen.“ Über die Jahre ist der Anteil an Recyclingmaterial, das aus alten Fensterprofilen gewonnen wird, stetig gewach-

sen, sodass Neuware bei den neuesten Werkzeuggenerationen nur noch für die sichtbaren Flächen genutzt wird. Zusätzlich bringt Gealan beispielsweise eine Beschichtung aus Acrylglas auf, die in der Extrusion direkt mit dem PVC-Kern verschmolzen wird. Diese Beschichtung ist beständiger und farbechter als die übliche Folierung, erfordert jedoch einen weiteren Coextrusions-Schritt. Gruner: „Es handelt sich hierbei um Gealan-Acrylcolor. Diese bewährte Oberflächentechnologie ist eines unserer Alleinstellungsmerkmale. Wir bieten sie in jeder Systemplattform in einer Vielzahl von Geometrien und Farben an.“

Heute sorgt KI für die optimale Werkzeugauslegung

Die komplexen Werkzeuge sind modular aufgebaut, wobei in verschiedenen Plattenstufen, von einem groben runden Durchmesser angefangen, immer präziser das Profil ausgebildet wird. Eine besondere Herausforderung ist dabei die Herstellung der Luftkammern im Inneren des Fensterprofils. Für bestmögliche Dämmwerte müssen möglichst viele solcher Kammern mit Stegen hergestellt werden (**Bild 3**). Diese dünnen Innenwandungen müssen aber mit derselben Prozessgeschwindigkeit durch die Düse wie die starken Außenwandungen des Profils. Gruner erklärt: „Schlecht ist beim Extrusionsprozess immer, wenn be-



Bild 2. Norbert Gruner, Leiter des internen Werkzeugbaus von Gealan, kennt die Herausforderungen bei der Planung der Produktionsmittel. © Gealan

stimmte Sektionen des Profils schneller fließen als andere. Ziel ist es, einen gleichmäßigen Kunststoffaustritt bereits in der Auslegung zu bewerkstelligen.“ Dies wird zum größten Teil durch die Form des Werkzeugs ermöglicht, zusätzlich werden Heizzonen integriert, die eine Feinjustierung im Einfahrprozess ermöglichen.

Die Konstruktion der Werkzeuge beginnt heute wie früher mit einer 2D-Kontur, doch die darauf folgenden Arbeitsschritte haben sich in den letzten Jahren stark verändert. Während früher viel individuelle Handarbeit gefragt war, erstellen die Konstrukteure nun 3D-Modelle der einzelnen Bauteile und fügen diese zu einer Baugruppe zusammen. In diesen Baugruppen lässt sich mit Fließsimulationen dann berechnen, ob Druck-, Temperatur- und Fließverhalten mit vorgegebenen Parametern übereinstimmen. Erst wenn dies der Fall ist, beginnt die tatsächliche Produktion des Werkzeugs. Zukünftig möchte Gealan diese Simulationen von künstlicher Intelligenz optimieren lassen. Nach Vorgabe der Zielparameter und der Definition eines variablen Konstruktionsbereichs kann die KI dann durch Bildung von Hunderten leicht abgewandelten Prototypen, die allesamt separat simuliert und miteinander verglichen werden, die optimale Konstruktionsvariante ermitteln. Dies wird möglich durch hoch-effiziente Algorithmen und einen externen Entwicklungspartner, der die nötige Rechenleistung bereitstellt.

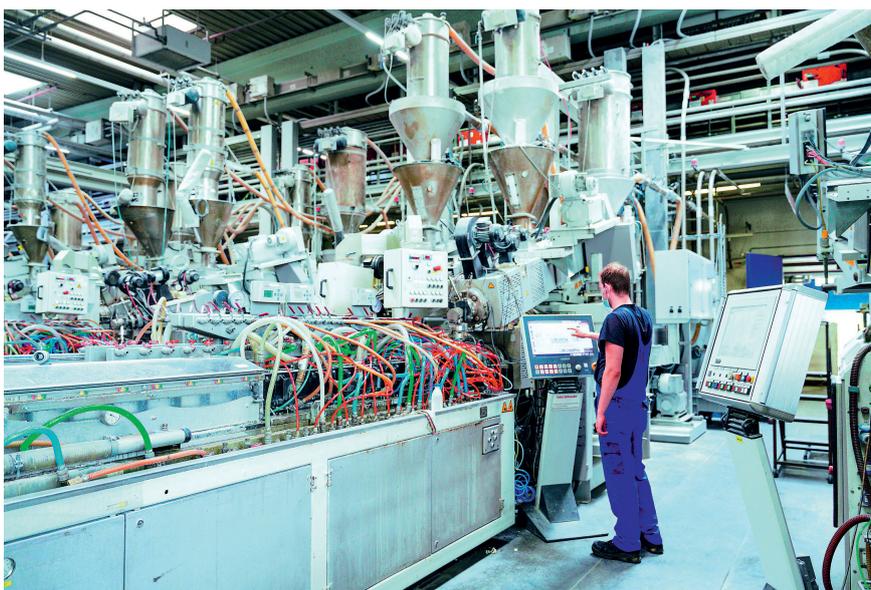


Bild 1. Nach dem Schmelzeaustritt aus der Profildüse folgt die Kalibrierung. Dabei kühlt das System die noch plastische Polymermasse ab, hält sie in Form und bringt sie auf ein spezifikationsgerechtes Maß. © Gealan

Diese 3D-Konstruktion bildet dann die Basis für die Fertigung des Werkzeugs. Neben dem klassischen Fräsen und Bohren setzt Gealan dabei vor allem auf das Drahterodieren, bei bestimmten Bauteilen für die Kalibrierungen mittlerweile aber auch auf den metallischen 3D-Druck. Sowohl bei den sogenannten Luftplatten als auch bei den Glättplatten können damit Verlauf, Form und Abstand von Luft-, Vakuum- und Kühlkanälen so konturoptimiert eingebracht werden, wie es bei konventioneller Herstellung der Platten nie möglich wäre. Nach der Herstellung des Werkzeugs wird dieses im eigenen Einfahrtechnikum mit fünf Extrusionsanlagen abgenommen, bevor es an die Produktionswerke geliefert wird. Nach Inbetriebnahme läuft das Werkzeug in 95 Prozent der Fälle ohne weitere Korrekturmaßnahmen an.

Die Extrusion insbesondere von Recyclingwerkstoffen ist ein abrasiver Prozess. Um die Lebensdauer der Werkzeuge zu erhöhen und die Qualität über den gesamten Produktionszyklus des Werkzeugs zu sichern, setzt Gealan auf moderne Beschichtungsverfahren bei den Kalibrierungsteilen und den bis zu 36 Tankplatten, die das Profil bei der Abkühlung in Sprühtanks in Form halten. Die entsprechenden Bauteile werden mit einer 5 bis 7 µm dicken Chrom-Nitrit-Beschichtung versehen, die das Trägermaterial vor Verschleiß schützt (**Bild 4**).



Bild 3. Die Geometrie aktueller Fensterprofile resultiert aus den Anforderungen an Dämmung, Stabilität und Funktionalität. Zum Dämmen wird ein System aus drei bis acht Luftkammern genutzt, für die Stabilität wird das Profil durch bis zu 0,7 mm dünne Stege im Inneren gestützt. © Gealan

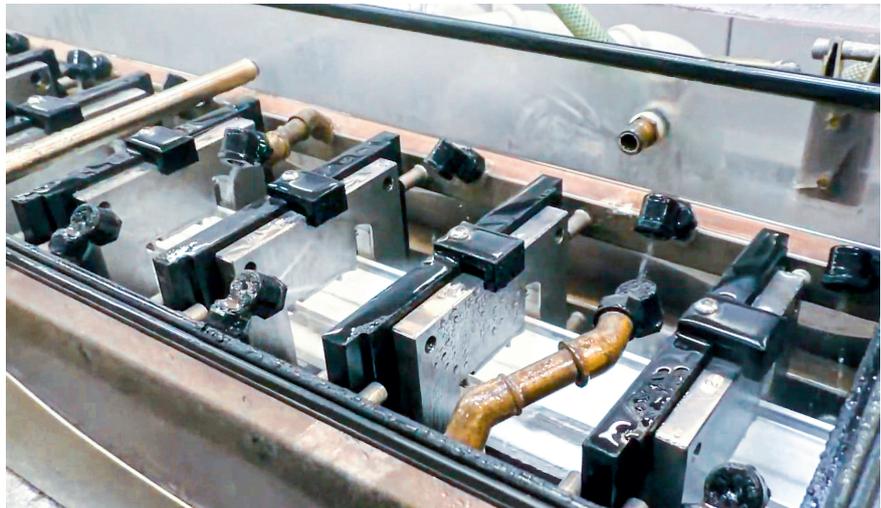


Bild 4. Um die Lebensdauer der Werkzeuge zu erhöhen und die Qualität des Profils zu sichern, sind die Kalibrierungsteile und die Tankplatten, die das Profil bei der Abkühlung in den Sprühtanks in Form halten, mit einer Chrom-Nitrit-Beschichtung versehen. © Gealan

Mit einer Beschichtung kann das Werkzeug durchschnittlich 1,5 Mio. Profilmeter produzieren. Der Prozess des Neubeschichtens kann bis zu dreimal wiederholt werden. Dadurch sind Produktionsleistungen von 6 Mio. Profilmeter mit einem Werkzeug möglich.

Digitalisierung ist im Werkzeugbau heute ein Must-have

Seine Wettbewerbsfähigkeit gegen günstige Produzenten aus Asien und Osteuropa sichert sich Gealan vor allem durch Optimierung und Digitalisierung seines Werkzeugbaus und durch komplexe Oberflächensysteme. So investierte das Unternehmen in den vergangenen zwei Jahren unter anderem in Tablets und Bildschirme für alle Mitarbeiter im Werkzeugbau und arbeitet inzwischen papierfrei. Der Umstieg auf ein durchgängiges CAD/CAM-System, mit einem Produktdatenmanagement als Backbone, war dabei der erste Schritt, mit dem Ziel, einen digitalen Zwilling zu erstellen. Inzwischen ist der Umstieg geschafft und die ersten rein digital geplanten Werkzeuge sind gefertigt.

Der große Vorteil durchgängiger Digitalisierung ist die Möglichkeit, Änderungen am Werkzeug rückführend in das CAD-Modell einzupflegen. So kann der digitale Zwilling immer auf dem aktuellen Stand des realen Werkzeugs gehalten werden. Dies ermöglicht die Konstruktion von Folgewerkzeugen per Copy-und-Paste-Strategie. Da Profilverhersteller wie

Gealan an der Grenze der technisch möglichen Abzugsgeschwindigkeiten der Kunststoffextruder arbeiten, müssen Innovationen und Wettbewerbsvorteile in anderen Arbeitsbereichen gefunden werden. Während der Dämmwert eines Fensters inzwischen beinahe dem einer Hauswand ähnelt, gibt es immer neue Herausforderungen: Der Markt verlangt nach größeren Fenstern, die von immer schmalere Rahmen mit immer geringerer Einbautiefe getragen werden sollen. Die Fensterprofile sollen leichter werden, visuelle Oberflächenveredelungen gehören inzwischen zum Standard. Gealans Antwort darauf: trotz steigender Komplexität den Konstruktionsaufwand weiter senken und noch effizienter arbeiten. ■

Info

Text

Tarvo Schwager ist Maschinenbauer (Verfahrenstechnik) und freier Fachjournalist; tarvo.schwager@rwth-aachen.de

Service

Infos unter www.gealan.de

Digitalversion

Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/onlinearchiv