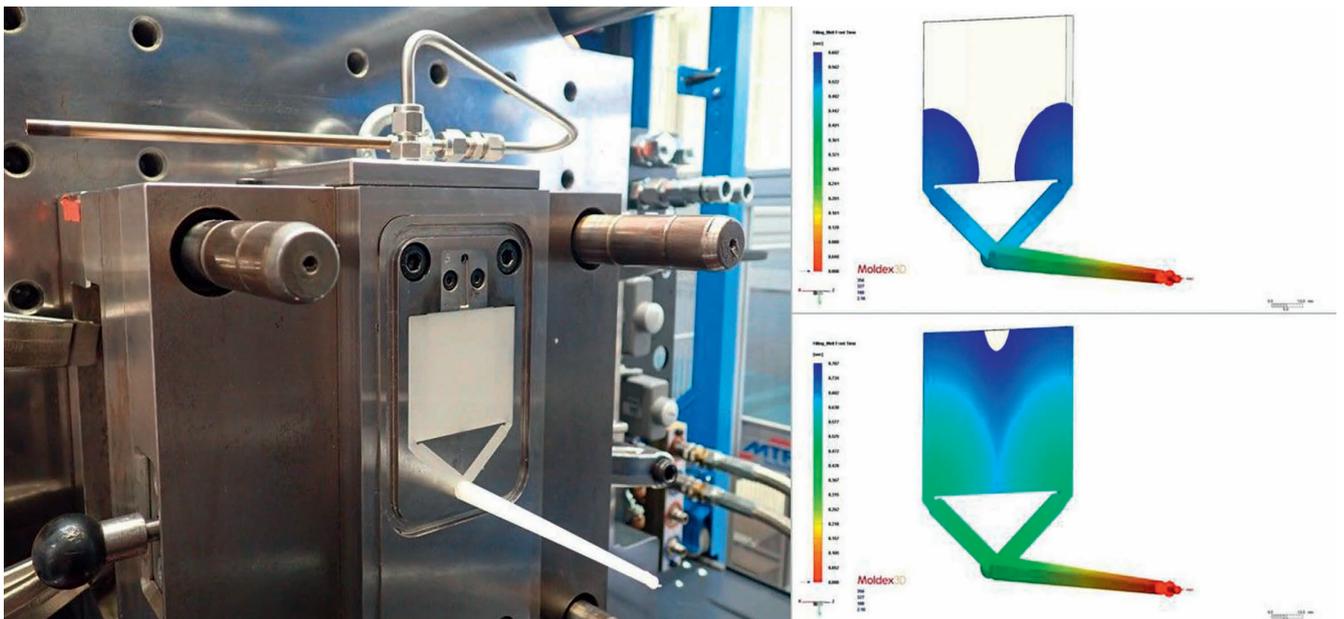


Belag und Entformung analysieren

Probleme durch Emissionen im Spritzgießprozess vermeiden

Ausgasungen während des Spritzgießprozesses können zu Belägen an den Werkzeugen und zu Problemen bei der Entformung der Bauteile führen. Die korrekte Optimierung des Spritzgießprozesses bezüglich dieser Problemstellungen verlangt eine strukturierte und effiziente Vorgehensweise. Das Kunststoff-Institut Lüdenscheid hat hierzu Prüfstände entwickelt, die eine detaillierte Analyse belagsbildender Stoffe sowie der Haft- und Gleiteigenschaften von Kunststoffen ermöglichen.



Die Auswerferseite des Emissionswerkzeugs mit Gasführung und Probenaufnahme und daneben die Füllsimulation mit Bindenahtbildung und Entlüftung in der Bauteilmitte © Kunststoff-Institut Lüdenscheid

Die Emissionsbildung von Kunststoffen ist nicht nur für den Automobilen Innenraum relevant, sondern auch für die Prozessgestaltung. Während das Fogging-Verhalten von produzierten Kunststoffteilen bereits durch Normen wie die DIN 75201 oder Verordnungen der OEMs reglementiert ist, verhält sich dies für den Spritzgießprozess gänzlich anders. Hier sorgt die hohe Temperatur-, Druck- und Scherbelastung im Prozess für einen nicht zu unterschätzenden Abbau von Polymerketten oder Additiven. Diese Ausgasungen bilden Beläge, verstopfen Entlüftungswegen und können durch den sogenannten Dieseleffekt zum Werkzeugausfall führen. In Kombination mit den zahlreichen Zu-

sammensetzungen der vielen Polymertypen ergibt sich daraus mit jedem neuen Werkzeug, Material oder Prozessänderung auch eine neue Herausforderung. Am Kunststoff-Institut Lüdenscheid werden mit einem einfachen Prüfstand die Emissionen im Spritzgießprozess und deren Auswirkungen analysiert.

Im Prüfstand wird über eine geteilte Anbindung eine Bindenaht erzeugt. An der Entlüftungskante werden die Ausgasungen aus der Kunststoffschmelze über einen definierten Entlüftungseinsatz in eine Probenaufnahme geleitet und dort mit einem Filter für die Gaschromatographie aufgefangen. Die Kavität ist dabei möglichst scherungsarm gestaltet, um

weitestgehend den Einfluss des Plastifiziervorgangs auf das Emissionsverhalten nachzubilden. Abhängig vom Kunststofftyp und den Prozessparametern, die der Kunde übernimmt, kann so mit bis zu 60 Zyklen eine Probe für die Analyse „gefüllt“ werden.

Zur Sicherheit werden stets zwei Messungen je Kunststoff und Parametersatz nach einem Einfahrzeitraum durchgeführt. Mit etwa 9,5 cm³ Formteilmengen ist diese Vorgehensweise auch bei teuren Materialtypen sehr effizient. Die Analyse der Emissionen erfolgt mittels Thermodesorptions-Gaschromatographie und anschließender Massenspektroskopie im akkreditierten Labor des Kunststoff-Instituts.

Die Ergebnisse werden dabei nach ihrer Wirkungsweise klassifiziert.

Rückstände von Vorstufen

In einem Versuch wurde ein PA12 dreifach analysiert (Bild 1). Jeder Peak im Diagramm stellt eine detektierte Substanz dar. Das Granulat, dargestellt in grün, und das fertige Formteil, dargestellt in gelb, zeigen einen nahezu deckungsgleichen Verlauf. Diese Ergebnisse ließen keine Rückschlüsse auf die vorhandene Belagsbildung zu. Zusätzlich im Diagramm dargestellt ist in roter Farbe die Messung des Emissionswerkzeugs, die die Problemstellung deutlich macht. Eine Vielzahl an Verbindungen, Kettenabbauprodukten und anderen Ausgasungen entweichen aus der Schmelze und können, auch unter Druck- und Temperatureinfluss im Werkzeug, mit der vorhandenen Atmosphäre reagieren und neue Verbindungen bilden.

Diese Emissionen sollten theoretisch über die Entlüftung aus dem Werkzeug herausgeführt werden. In der Praxis bildeten sich in diesem Fall allerdings weiße, klebrige Beläge auf der Werkzeugoberfläche. Der Grund dafür waren Rückstände von Cyclododecen in einer der untersuchten Chargen des Materials. Cyclododecen ist eine Vorstufe von PA 12. Bei der Materialherstellung wurde es nicht vollständig umgesetzt und sorgte innerhalb der Chargen immer wieder für diese Belagsbildung.

Belagsbildung und Entformungsprobleme

Die Analyse und Interpretation dieser Ergebnisse hinsichtlich der unterschiedlichen Effekte kann dem Nutzer viele Informationen für seine Werkzeug- und Prozessgestaltung geben. Auf diese Weise können etwa frühzeitig korrosive oder leicht entzündliche Substanzen identifiziert und ein entsprechend resistenter Stahl ausgewählt oder Beläge mithilfe einer zu den Substanzen passenden Beschichtung reduziert werden. Außerdem arbeitet das Kunststoff-Institut Lüdenschied zusammen mit der Fachhochschule Südwestfalen, Iserlohn, innerhalb des Forschungsprojekts „eMission“ weiter mit diesem Werkzeug, um Emissionen durch eine bewusste und strukturierte Prozessgestaltung zu reduzieren.

Wie gezeigt, haben die Emissionen und belagsbildenden Stoffe nicht mehr viel mit dem ursprünglich eingesetzten Kunststoff und den späteren Bauteileigenschaften gemein. Eine Beschichtung zur Reduzierung der Belagsbildung verringert deshalb nicht zwangsläufig etwaige Entformungsprobleme. Um diese strukturiert zu analysieren, nutzt das Kunststoff-Institut Lüdenschied einen zweiten Prüfstand (Bild 2).

Die Haft- und Gleiteigenschaften von Kunststoffen werden am Kunststoff-Institut Lüdenschied mit einem Tribome- »

SIKORA
Technology To Perfection

Qualität in innovativster Form.

Das **CENTERWAVE 6000** ist ein berührungsloses System für die online Messung von Wanddicke, Innenprofil, Durchmesser, Ovalität, sowie des Saggings großer Kunststoffrohre. Eine innovative Lösung, basierend auf Millimeterwellentechnologie, welche die Produktqualität erhöht und signifikante Material- und Kosteneinsparungen während der Extrusion ermöglicht.

- Einfache Bedienung ohne Voreinstellung der Produktparameter
- Präzise, lückenlose online Messung über den gesamten Umfang, unabhängig von Material und Temperatur
- Messergebnisse in Echtzeit verfügbar zur Anzeige und Regelung
- Zuverlässig ohne Kalibrierung

www.sikora.net/centerwave6000

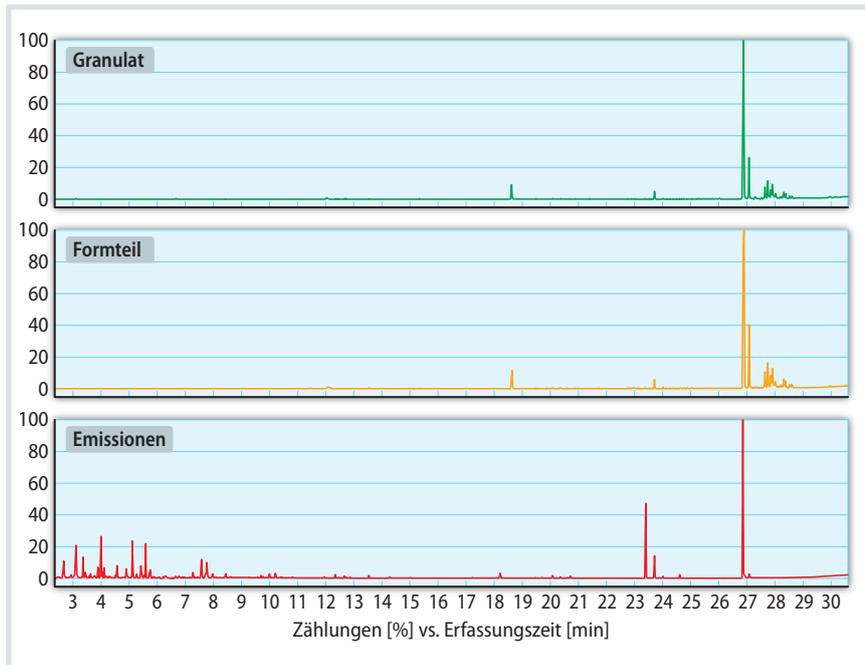


Bild 1. Ergebnisse der Thermodesorptions-Gaschromatographien bei verschiedenen Zuständen von PA 12. Oben: Granulat, Mitte: Formteil, unten: Emissionen im Spritzgießprozess

Quelle: Kunststoff-Institut Lüdenscheid; Grafik: © Hanser

ter vermessen, das in ein Spritzgießwerkzeug integriert wurde. Das ermöglicht die Vermessung der adhesiven Eigenschaften des Kunststoffs auf diversen Werkzeugoberflächen im spritzfrischen Zustand unter Industriebedingungen. Dabei ist die Übernahme von Temperaturen und anderen Parametern möglich, um eine praxisnahe Aussage zu treffen. Das Tribometer besteht aus einer Messwelle, an dessen Spitze eine Ronde sitzt. Dieser

Probekörper wird an die Anforderungen des Kunden angepasst. Die Ronde kann beispielsweise aus diversen Metallen mit unterschiedlichen Werkzeugoberflächen oder sogar aus Kunststoffen bestehen oder Beschichtungen aufweisen, die schließlich auf dem Prüfstand vermessen werden.

Die Messwelle kann pneumatisch in Richtung Trennebene auf den eingespritzten Kunststoff gepresst werden, so-

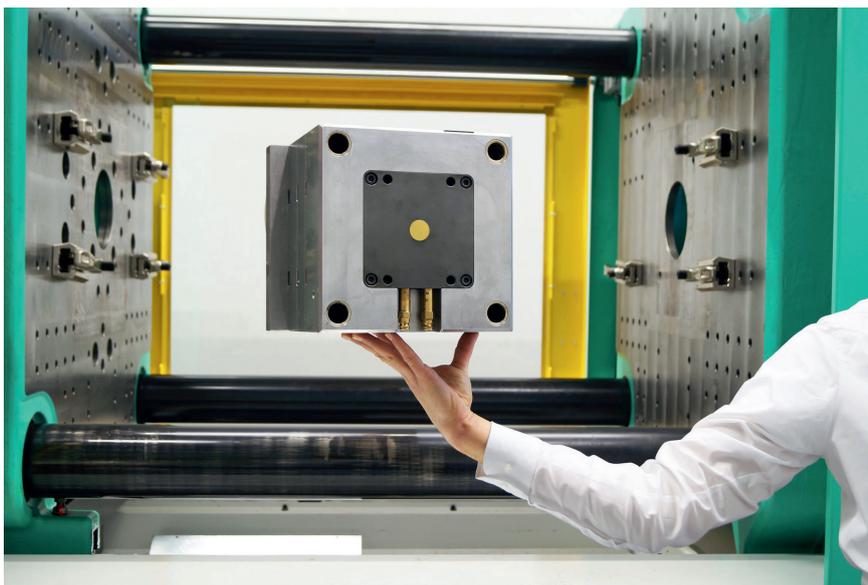


Bild 2. Prüfstand zur Vermessung des Entformungsverhaltens: Das Bauteil in der Mitte besitzt eine zu prüfende Oberfläche mit einer Titanitrid-Beschichtung © Kunststoff-Institut Lüdenscheid

dass dieser nicht von der Messoberfläche wegschwindet. Nach Ablauf der Restkühlzeit erfolgt ein Zwischenhub zum Öffnen des Werkzeugs, der dafür sorgt, dass die Ronde auf der Messwelle und das durch den Federauswerfer aus der Düsenseite gehobene Formteil frei von anderen Einflüssen vermessen werden können (**Bild 3**). Das Formteil, im Pressverband mit der Messwelle, wird auf dem Federauswerfer nur noch an den Rippen gehalten. Die Messwelle wird durch einen Motor um 180° gedreht und dabei das zur Drehung benötigte Drehmoment gemessen. Anhand dieser Kurven lassen sich Haft- und Gleiteigenschaften eindeutig zuordnen.

Ablösemoment und Gleitreibung erheblich verringert

Die eingesetzten Oberflächen reduzieren die Belagsbildung und sorgen für eine ausreichende Resistenz gegenüber den korrosiven Substanzen aus der Emissionsmessung. Es handelt sich dabei um PVD-Beschichtungen (Physical Vapour Deposition) aus Chromnitrid (CrN) oder Titanitrid (TiN) und diverse eigens vom Kunststoff-Institut entwickelte CVD-Beschichtungen (Chemical Vapour Deposition). Die Auswertung zeigt bei Beschichtungen aus amorphem Zirkonoxid (ZrO_2) und Siliziumdioxid kombiniert mit Aluminiumoxid ($SiO_2 + Al_2O_3$) die besten Ergebnisse (**Bild 4**).

Beispielsweise konnte das Ablösemoment, also das zur Überwindung der Haftwirkung benötigte Drehmoment, jeweils um die Hälfte reduziert werden. Auch die Gleitreibung, symbolisiert durch ein Integral aller aufgenommenen Drehmomentwerte während der 180°-Drehung, wurde signifikant verringert. Sollte eine höhere Korrosionsresistenz benötigt werden, so ist auch die CrN-Schicht trotz geringfügig höherer Werte eine gute Alternative.

Die Auswahl der jeweils passenden Schicht kann anhand von wirtschaftlichen Faktoren und Verfügbarkeiten nun verfeinert werden. Die Ergebnisse demonstrieren auch, wie spezifisch eine Veränderung der Oberflächen mit einem eingesetzten Kunststoff interagiert. Beispielsweise ist eine kristalline Struktur einer ZrO_2 -Beschichtung bei dem angesprochenen PA 12 schlechter geeignet als ihre amorphe Variante.

Jeder Prozess ist einzigartig

Die Versuche zeigen, wie eine strukturierte und analytische Vorgehensweise zu einem eindeutigen Ergebnis führt. Entscheidend zur Analyse der vorliegenden Problemstellung, um beispielsweise eine passende Beschichtung auszuwählen, ist die Übertragung aller relevanten Faktoren auf die Prüfung selbst. Das Ergebnis lässt sich mit anderen Materialtypen oder Einstellungen nicht einfach nachstellen. Die vielen Unterschiede, etwa bei einzelnen Materialien aufgrund der Additivierung oder anderer Prozessparameter, sorgen dafür, dass die Einzigartigkeit jedes Prozesses und Werkzeugs auch eine individuelle Entscheidung bei den entsprechenden Problemstellungen verlangt.

Eine Generallösung existiert nicht. Die Übertragung von individuellen Lösungen auf andere Werkzeuge oder Prozesse führt im Zweifelsfall zum Verlust von Zeit und Kapital. Das lässt sich mit einer strukturierten Vorgehensweise und einer genauen Analyse aller Faktoren vermeiden. Das Kunststoff-Institut Lüdenscheid hilft seinen Kunden sowohl in der Planungsphase als auch während der Produktion, solche Herausforderungen zu meistern und Prozesse sicher und effizient zu gestalten. ■

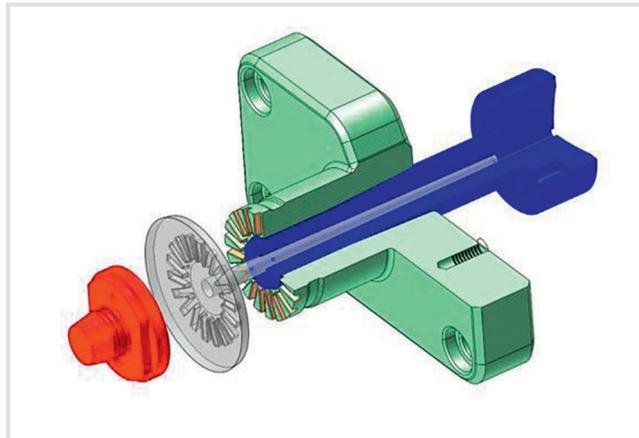


Bild 3. Schematische Darstellung des Pressverbands aus Ronde, Formteil und Federauswerfer
© Kunststoff-Institut Lüdenscheid

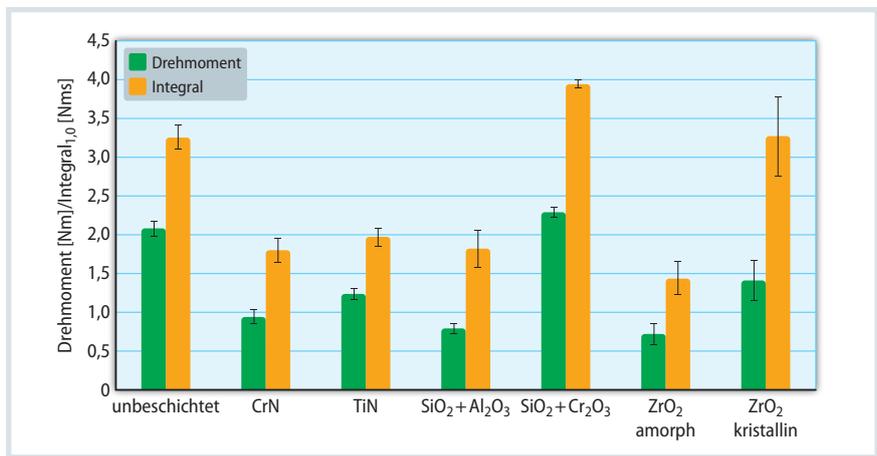


Bild 4. Haft- und Gleiteigenschaften in Form des Ablösemoments und des Integrals der Gleitreibungsbewegung von PA 12 auf diversen beschichteten Hochglanzoberflächen (R_a = 0,02 µm). Fehlerindikator entspricht ± 1 S Quelle: Kunststoff-Institut Lüdenscheid; Grafik: © Hanser

Präzision macht den Unterschied



Auch in der modernen Fertigung spielt die präzise Regelung eine entscheidende Rolle. Sensoren und Systeme von Kistler sorgen für eine optimale Teilequalität im Spritzgießen.

Wo auch immer Sie produzieren: Wir bieten Ihnen Komplettlösungen nach Maß und unterstützen Sie weltweit mit unserer umfassenden Servicekompetenz.