

Optisches Bauteil in polarisiertem Licht

(Bilder: Arburg)

„Prägen nicht erfolgreich“

Prozessoptimierung. Nicht selten lautet so das Fazit der versuchten Inbetriebnahme eines Spritzprägewerkzeugs mit gefedertem Kavitätenrahmen, denn der dafür benötigte Zeitaufwand wird in der Praxis regelmäßig unterschätzt. Die Musterteile sind unbrauchbar, weil der Prägeprozess ohne ausreichende Grundinformationen ausgelegt wurde. Dabei lassen sich solche Pannen vermeiden, wenn der Anwender einige Grundsätze beachtet.

ROLF-UWE MÜLLER

Viele kennen die Situation: Bei der Inbetriebnahme eines Spritzgießwerkzeugs stehen Konstrukteur und Produktmanager erwartungsvoll an der Spritzgießmaschine, um erste Musterteile des neuen Produkts zu erhalten. Der Kunststoffformgeber konzentriert sich beim Anfahren des neuen Werkzeugs auf die Einstellung der Spritzparameter, Plastifizierparameter, der Zylinderheizung und der Werkzeugtemperierung. Der Schließeinheit wird keine besondere Beachtung geschenkt, solange die Spritzgießmaschine ausreichend Schließkraft zur Verfügung stellt.

ARTIKEL ALS PDF unter www.kunststoffe.de
Dokumenten-Nummer KU111211

Nicht selten handhaben Kunststoffverarbeiter die Inbetriebnahme eines Spritzprägewerkzeugs wie die eines Spritzgießwerkzeugs und unterschätzen damit den für diesen Fall erheblich höheren Zeitaufwand. Dies hat zur Folge, dass der Kunststoffformgeber an der Maschine unter Zeitdruck gerät, um die ersten Musterteile zu liefern, und nun versucht, einen Prägeprozess ohne ausreichende Grundinformationen zu installieren. Wenig verwunderlich, ist die Inbetriebnahme unter solchen Voraussetzungen in erster Instanz oft nicht erfolgreich und steht der Kunststoffformgeber als unfähig da.

Speziell bei der Inbetriebnahme von Spritzprägewerkzeugen mit gefedertem Kavitätenrahmen, die in Kombination

mit dem Hauptachsenprägen in der Industrie weit verbreitet sind, sollte der Konstrukteur dem Kunststoffformgeber bei der Werkzeugbemusterung die Werkzeugkennwerte zur Verfügung stellen. Die Werkzeugkennwerte sind im Wesentlichen:

- der maximale Prägehub des Werkzeugs,
 - die ausgelegte Gesamtfederkraft und
 - die maximal zulässige Prägekraft.
- Zum Zeitpunkt der Werkzeugkonstruktion sollten diese Daten theoretisch bekannt sein. Es zeigt sich in der Praxis aber immer wieder, dass zum einen die Federkraft überhaupt nicht oder nicht richtig berechnet wird und dass zum anderen die Konstrukteure sich keine Gedanken über die maximal zulässige Prägekraft machen.

Speziell auf die drei genannten Schlüsselinformationen soll hier näher eingegangen werden.

Die Prägekraft wirkt direkt auf die Schmelze

Beim konventionellen Spritzgießen hat eine zu hoch programmierte Schließkraft prinzipiell keinen Einfluss auf den Prozess, wenn man von einer schlechteren Entlüftung der Kavitäten absieht. Die Zuhaltkraft wirkt auf die Haupttrennebene des Werkzeugs und hat einzig die Aufgabe, die Kavität unter den im Werkzeug herrschenden Druckverhältnissen

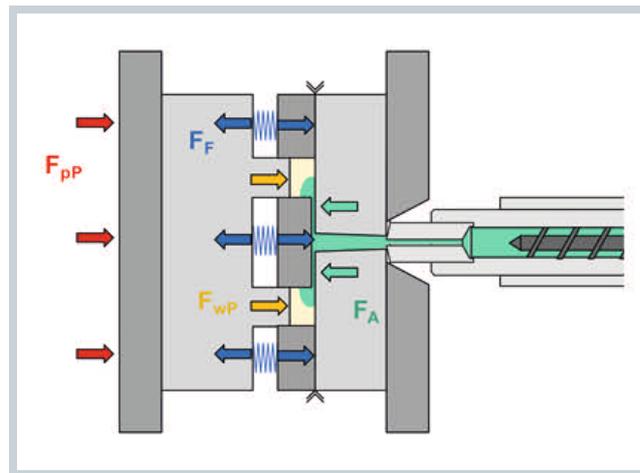


Bild 1. Wirksame Kräfte: Befinden sich im Kavitätenrahmen auftreibende projizierte Flächen, so muss das Federpaket gemäß dem maximal zu erwartenden Werkzeuginnendruck ausgelegt werden. F_{PP} = programmierte Prägekraft; F_{WP} = wirksame Prägekraft; F_A = Auftreibkraft; F_F = Federkraft

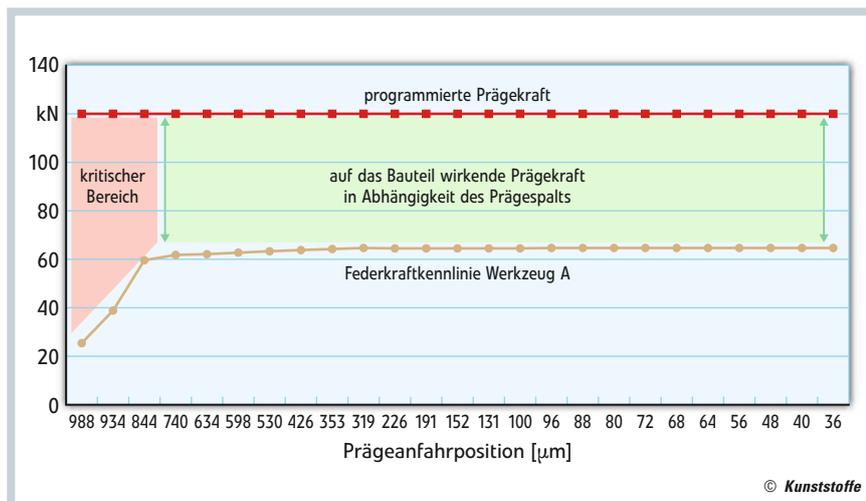


Bild 2. Im Trockenlauf aufgezeichnete Federkraftkennlinie (Werkzeug A). Konstruktive Federkraft: linear 60 kN über 1000 µm. Beim kraftregulierten Prägevorgang stehen bei einer programmierten Prägekraft von 120 kN über den gesamten Prägeweg ca. 60 kN Prägekraft zur Verfügung

gegen das Austreten von Schmelze abzu-dichten.

Beim Spritzprägen wirkt die Zuhaltkraft bzw. die Prägekraft über die Prägestempel direkt auf die Kunststoffschmelze und kann bei unsachgemäßer Programmierung in Einzelfällen leicht zu Innendrücken führen, die die zulässige Flächenpressung des Werkzeugstahls überschreiten – dies kann im ungünstigsten Fall eine Deformation der Werkzeugeinsätze oder der abstützenden Werkzeugplatte zur Folge haben.

Beinhaltet der Kavitätenrahmen auftreibende projizierte Flächen wie zum Beispiel Angussverteiler oder Kavitäten-Teilflächen, so kann eine zu hoch programmierte Prägekraft dazu führen, dass der Werkzeuginnendruck in besagten projizierten Flächen eine Auftreibkraft hervorruft, welche die Kraft des Federpakets übersteigt. Als Konsequenz überspritzt das Werkzeug in der Trennebene. Der wirkliche Grund der Überspritzung wird meist nicht erkannt, in der Regel

wird sie einem Fehlverhalten der Spritzgießmaschine oder der mangelnden Qualifikation des Kunststoffformgebers zugeschrieben. So wird, ohne Aussicht auf Besserung, wertvolle Zeit vergeudet.

Ausgelegte Gesamtfederkraft und Prägehub

In der Phase der Werkzeugkonstruktion lässt sich anhand der produktspezifischen projizierten Flächen und unter Berücksichtigung des für den verwendeten Kunststoff typischen Werkzeuginnendruckbereichs die erforderliche Prägekraft berechnen, die auf das Bauteil in der Prägephase wirken soll. Befinden sich im Kavitätenrahmen auftreibende projizierte Flächen, die den beim Prägen entstehenden Werkzeuginnendruck mit aufnehmen, so muss das Federpaket, das die Abdichtung der Haupttrennebene sicherstellt, gemäß dem maximal zu erwartenden Werkzeuginnendruck ausgelegt werden (Bild 1).

Um in der Anfahrphase eine Überspritzung des Prägewerkzeugs und somit eine Beschädigung der Dichtflächen zu verhindern, empfiehlt es sich, die Federkraftkennlinie des Werkzeugs aufzunehmen, bevor die Kavität mit Schmelze beaufschlagt wird. Wie die Erfahrung zeigt, ist die gemessene reale Federkraft oft geringer als die vom Konstrukteur vorgegebene Federkraft; zudem ist sie in vielen Fällen über den Prägehub nicht konstant. Zur Überprüfung der vorgegebenen Daten kann der Kunststoffformgeber mithilfe eines Trockenlaufprogramms der Spritzgießmaschine eine werkzeugspezifische Federkraftkennlinie erstellen, die die Gesamtfederkraft in Abhängigkeit der Prägeposition aufzeigt.

Inbetriebnahme des Werkzeugs und Federkraftkennlinie

Die folgenden Grafiken stellen reale Aufzeichnungen von Federkraftkennlinien dar, die bei der Inbetriebnahme zweier unterschiedlicher Produktionswerkzeuge (A und B) für optische Bauteile aufgezeichnet wurden. Im einen Fall (Bild 2) lassen sich ein maximaler Prägehub von 988 µm und ein nahezu linearer Verlauf der Federkonstante ab einem Prägespalt kleiner 844 µm ablesen. Beim kraftregulierten Prägevorgang stehen somit bei einer programmierten Prägekraft von →

120 kN über den gesamten Prägweg ca. 60 kN Prägekraft zur Verfügung. Für die Prozessfindung bedeutet das, dass unabhängig von der angefahrenen Prägeposition schließseitig die Prozessbedingungen gleich bleiben und somit bei der Prozessoptimierung der Einfluss spritzseitiger

bereichsübergreifende Kommunikation zwischen der Produktion und der Konstruktion erfordern. Idealerweise wird ein Werkzeug in zwei Etappen in Betrieb genommen. Im ersten Teil wird im Trockenlauf das Verhalten des Werkzeugs in Kombination mit der Schließseinheit

als Reaktion der Schließseinheit auf den Werkzeuginnendruck an und optimierte deshalb auch dahingehend den Prozess – ohne Erfolg. Eine eindeutige Zuordnung, wie einzelne Prozessparameter die Teilequalität beeinflussen, war jedoch nicht möglich.

Erst eine Prozessanalyse im Maschinentrockenlauf offenbarte, dass die Werkzeugbewegung nicht das Resultat des wirkenden Werkzeuginnendrucks ist, sondern das Werkzeug in der Einspritzphase durch das Federpaket des Kavitätenrahmens so weit aufgedrückt wird, bis sich ein Gleichgewicht zwischen programmierter Prägekraft und Federkraft einstellt (Bild 5). Die Steigung 1 stellt eine unkontrollierte Kavitätenvergrößerung in der Einspritzphase dar. Wandanhafende Schmelze, die unter gleichbleibendem oder steigendem Innendruck an die Oberfläche der Prägestempel gedrückt werden sollte, erfährt durch die Kavitätenvergrößerung eine Druckentlastung, was eine schlechtere Replikation der Werkzeugoberfläche zur Folge hat. Dass die Werkzeugbewegung (rote Linie) nicht linear weiterläuft, sondern in die Hori-

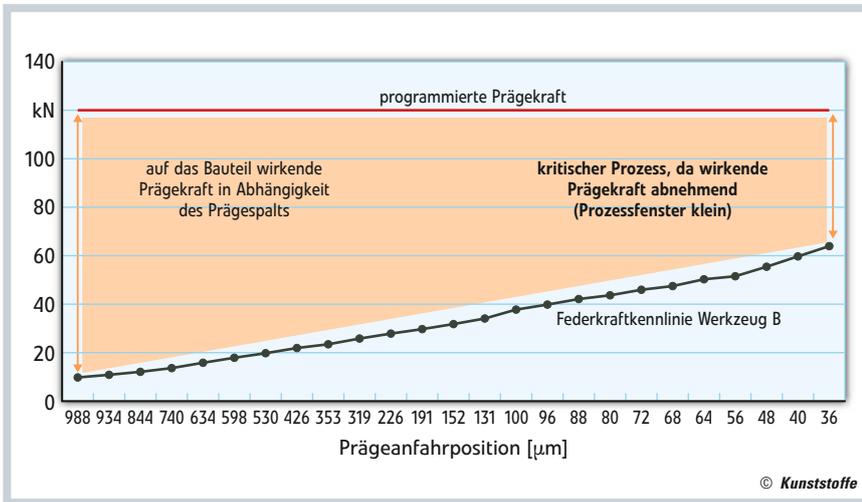


Bild 3. Die im Trockenlauf aufgezeichnete Federkraftkennlinie (Werkzeug B) ist nicht konstant, und die von der Konstruktion als erforderlich ermittelte Federvorspannkraft wird extrem unter- und überschritten. Konstruktive Federkraft: linear 40 kN über 1000 µm

Prozessparameter eindeutig einem spezifischen Parameter zugeordnet werden kann.

Im zweiten Fall, einem Werkzeug, das konstruktiv auf 40 kN Federkraft über 1000 µm Prägweg ausgelegt wurde (Bild 3), zeigt sich, dass das Werkzeug keine konstante Federkraftkennlinie aufweist und dass die von der Konstruktion als erforderlich ermittelte Federvorspannkraft extrem unter- und überschritten wird.

Prozessanalyse im Trockenlauf

Für die Prozessfindung bedeutet das ein hohes Risiko, dass zum einen in der Einspritzphase der Angussverteiler überspritzt wird und dass zum anderen in der ersten Prägephase alle Kavitäten aufgrund einer zu hohen Prägekraft überspritzt bzw. überprägt werden und in der zweiten Prägephase die Schwindung aufgrund der abnehmenden auf das Bauteil wirkenden Prägekraft unzureichend kompensiert wird. Problematisch für den Kunststoffformgeber ist bei einem solchen Verhalten der Federkraftkennlinie, dass die Einflüsse der spritzseitigen Prozessparameter nicht eindeutig bauteilspezifischen Qualitätsmerkmalen zugeordnet werden können.

Die Erfahrung aus der Praxis zeigt, dass speziell Spritzprägewerkzeuge eine



Bild 4. Aufzeichnung des Fertigungsprozesses: Der Anwender interpretierte beide Steigungen (Ziffern 1 und 2) als Reaktion der Schließseinheit auf den Werkzeuginnendruck

und dem gewählten Prägeverfahren untersucht, ehe der Werkzeugkonstrukteur die maximal zulässige Prägekraft festlegt. Im zweiten Teil erst wird das Werkzeug mit Schmelze beaufschlagt. Mit den Erkenntnissen aus dem Verhalten im Trockenlauf lässt sich nun in der Prozessgrafik eindeutig der Anteil des Formfüllvorgangs identifizieren.

Die dargestellte Prozessaufzeichnung (Bild 4) zeigt einen Spritzprägeprozess für die Herstellung eines dickwandigen Bauteils. Die Bewegung der Schließseinheit kann in zwei Steigungen aufgelöst werden. Der Anwender sah beide Steigungen

zontale übergeht, zeigt zudem, dass die Federkraftkennlinie des Werkzeugs nicht linear verläuft.

Fazit

Die Federkraftkennlinie des Federpakets eines Kavitätenrahmens visualisiert den als Startposition des Prägevorgangs programmierbaren Eingabebereich. Die in der Maschinensteuerung zu programmierende Prägekraft ist die Summe aus der gemessenen Federkraft des Federpakets und der errechneten auf das Bauteil wirkenden Prägekraft.

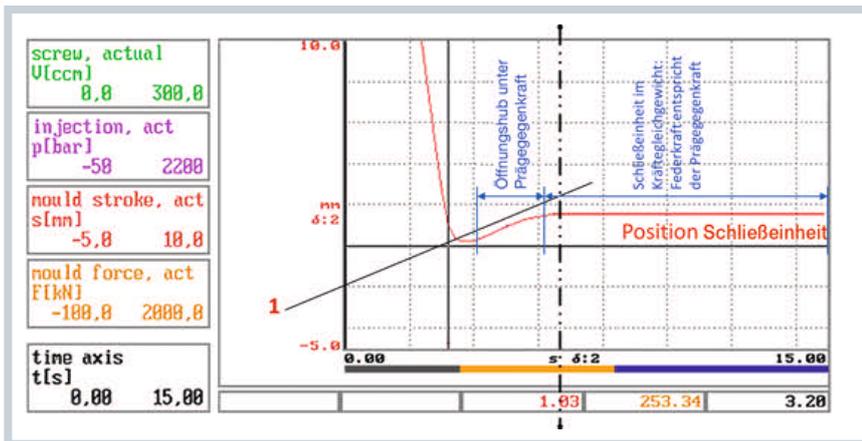


Bild 5. Erst eine Prozessanalyse im Trockenlauf offenbart, dass das Werkzeug in der Einspritzphase durch das Federpaket des Kavitätenrahmens aufgedrückt wird, bis sich ein Gleichgewicht zwischen programmierter Prägekraft und Federkraft einstellt

Diese Grundinformationen – Prägekraft und Federkraft – sowie die Erkenntnisse aus dem Maschinentrockenlauf ermöglichen dem Kunststoffformgeber die fachkompetente, werkzeugschonende Inbetriebnahme eines Spritzprägewerk-

zeugs. Zu beachten ist jedoch, dass bis zu diesem Zeitpunkt nur der Werkzeugfunktion, nicht aber dem Prägeprozess Bedeutung geschenkt wurde. Nun muss der Konstrukteur das zu programmierende Prägeverfahren an den Kunststoffform-

geber kommunizieren, sodass dieser den gewünschten Prozessablauf programmieren kann. ■

DER AUTOR

DIPL.-ING. (FH) ROLF-UWE MÜLLER, geboren 1961, ist seit 2001 bei der Arburg GmbH + Co KG, Loßburg, in der anwendungstechnischen Beratung mit Schwerpunkt Optik tätig.

SUMMARY

"INJECTION-COMPRESSION MOLDING UNSUCCESSFUL"

PROCESS OPTIMIZATION. This is frequently the result of an attempted commissioning of an injection-compression mold with spring-loaded cavity frame, because the time required for this work is regularly underestimated. The test samples are failures because the injection-compression process was set-up without sufficient basic information. But such disappointments can be avoided if the user observes a few basic principles.

Read the complete article in our magazine

Kunststoffe international and on

www.kunststoffe-international.com