



Bild: iStock

Atemübung für die Prozessoptimierung

Software ermittelt anhand der Werkzeugatmung die erforderliche Schließkraft

Sich selbst adaptierende, dezentrale Systeme steigern die Prozessfähigkeit und Produktqualität und sind ein wichtiger Baustein der smarten Fabrik, die im Zentrum des Programms „inject 4.0“ von Engel steht. Mit „iQ clamp control“ präsentiert der Spritzgießmaschinenhersteller auf der Fakuma 2015 eine neue Software, die auf Basis der Werkzeugatmung automatisch die für das jeweilige Werkzeug optimale Schließkraft ermittelt.

Die Software „iQ clamp control“ ist bereits das zweite Produkt der iQ-Produktfamilie. Als erstes brachte die Engel Austria GmbH, Schwertberg/Österreich, auf der Fakuma 2012 „iQ weight control“ auf den Markt [1]. Dass die Steuerung der Spritzgießmaschine den Umschaltzeitpunkt und das Einspritzprofil im laufenden Einspritzprozess in Echtzeit regelt und damit Schwankungen im Rohmaterial und in

den Umgebungsbedingungen automatisch ausgleicht, war damals eine Neuheit. Inzwischen hat sich die Software mit mehr als 600 Installationen auf Spritzgießmaschinen mit elektrischen Spritzaggregaten erfolgreich am Markt etabliert [2, 3]. Die im Praxiseinsatz gesammelten Erkenntnisse fließen kontinuierlich in die Weiterentwicklung ein. So bietet die Software in der neuesten Generation zusätz-

lich zur Anpassung von Umschaltzeitpunkt und Einspritzprofil die Möglichkeit, auch den Nachdruck im laufenden Prozess automatisch zu justieren.

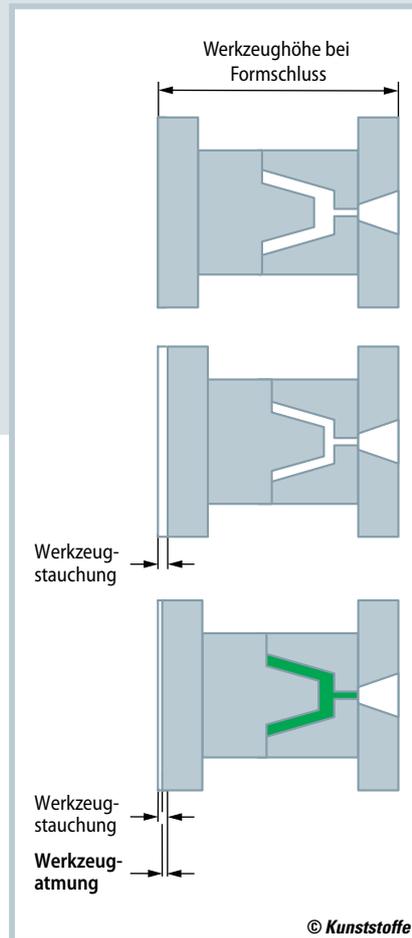
Von Beginn an war es das Ziel, mit dieser Entwicklung den Grundstein für eine Familie von Softwareprodukten zu legen. Das Präfix „iQ“ steht für „intelligente Qualität“ und meint die Integration von Expertenwissen in die Steuerung der

Werkzeugatmung kurz erklärt

Ausgangspunkt ist die Werkzeughöhe beim kraftfreien Formschluss der beiden Werkzeughälften.

Beim Aufbau der Schließkraft wird das Werkzeug verformt. Die Werkzeughöhe sowie das Volumen des Formhohlraums verringern sich in Folge der Werkzeugstauchung.

Ein Teil der Verformungen wird beim Einspritzen durch den Auftreibdruck der Schmelze zurückgestellt. Die dabei auftretende Vergrößerung des Formhohlraums wird als Werkzeugatmung bezeichnet. Die daraus resultierende Änderung der Werkzeughöhe, die näherungsweise der Werkzeugatmung entspricht, kann von „iQ clamp control“ ermittelt werden.



Spritzgießmaschine mit dem Ziel, die Qualität des Produktionsprozesses und damit der hergestellten Produkte nachhaltig zu verbessern.

Die Familie bekommt Zuwachs

Die iQ-Softwareprodukte unterstützen den Anwender durch mindestens einen der folgenden drei Faktoren:

- **Transparenz** – durch die verständliche Visualisierung des Prozesszustands mithilfe von aussagekräftigen Parametern und einer übersichtlichen Darstellung;
- **Assistenz** – im Sinne einer Entlastung des Maschinenbedienpersonals zum Beispiel durch die automatische Einstellung von Sollwerten;
- **Effizienz** – durch die Erhöhung der Produktivität und Reproduzierbarkeit und die Reduktion von Ausschuss, zum Beispiel durch das automatische Nachjustieren von Prozessparametern in Echtzeit.

Die Besucher des Engel Symposiums 2015 bekamen das neue Mitglied der iQ-Produktfamilie schon vorab zu sehen [4]. Auf der Fakuma 2015 wird die Software nun erstmalig einer breiten Öffentlichkeit vorgestellt. Der Entwicklungsfokus lag bei „iQ clamp control“ auf der Schließeinheit der Spritzgießmaschine. Die Funktionalitäten der Software lassen sich so zusammenfassen: Sie berechnet und überwacht die Werkzeugatmung, optimiert automatisch die Schließkraft und regelt bei Prozessänderungen den Spitzenwert

der Werkzeugatmung durch Adaption der Schließkraft.

Neues Prozesssignal ohne zusätzliche Hardware

Während des Einspritzvorgangs werden durch den Auftreibdruck der Schmelze die beiden Werkzeughälften um einige Tausendstel- bis Hundertstelmmillimeter auseinandergedrückt. Dieser Vorgang wird als Werkzeugatmung bezeichnet (**siehe Kasten**).

Die Entwicklungsingenieure bei Engel haben einen Weg gefunden, unter Verwendung der bestehenden Sensorik der Spritzgießmaschine die Werkzeugatmung im laufenden Prozess zu berechnen. Dafür wird das gesamte Schließsystem einschließlich Werkzeug als Feder betrachtet und die Federsteifigkeit während des Schließkraftaufbaus ermittelt. »

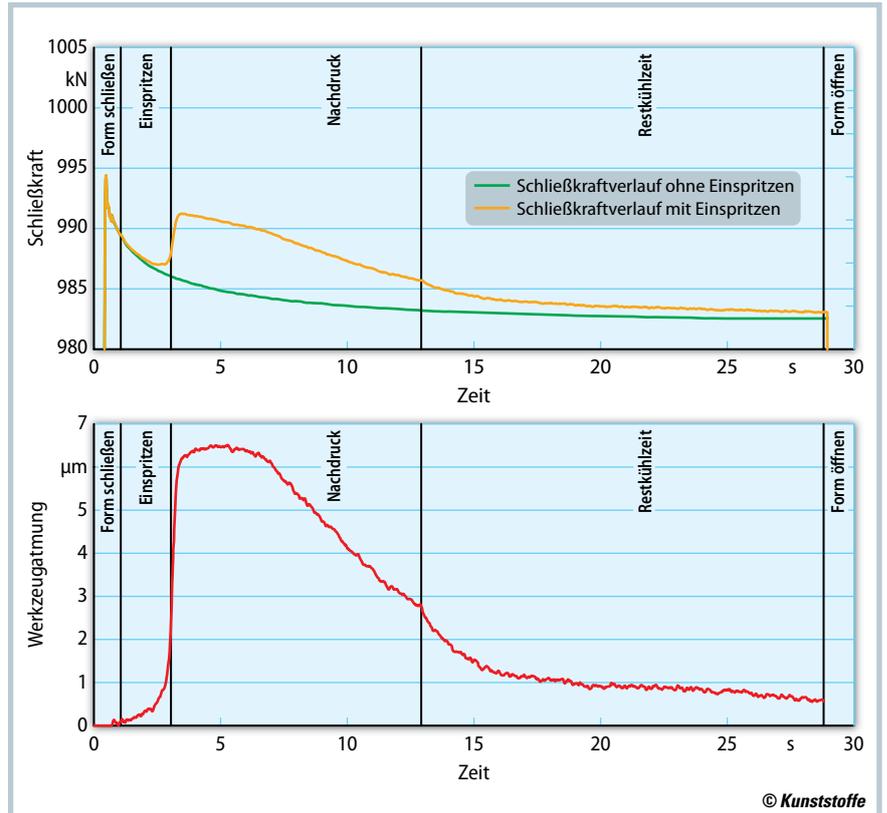


Bild 1. Ermittlung der Werkzeugatmung. Oben: Durch den Auftreibdruck der Schmelze erhöht sich die Schließkraft während des Einspritzens um wenige kN gegenüber dem Referenzkraftverlauf ohne Einspritzen. Unten: Die Differenz der Schließkraftverläufe lässt sich mithilfe der Federsteifigkeit des Gesamtsystems in die Werkzeugatmung umrechnen. Die erreichbare Genauigkeit liegt im Bereich weniger Zehntel Mikrometer

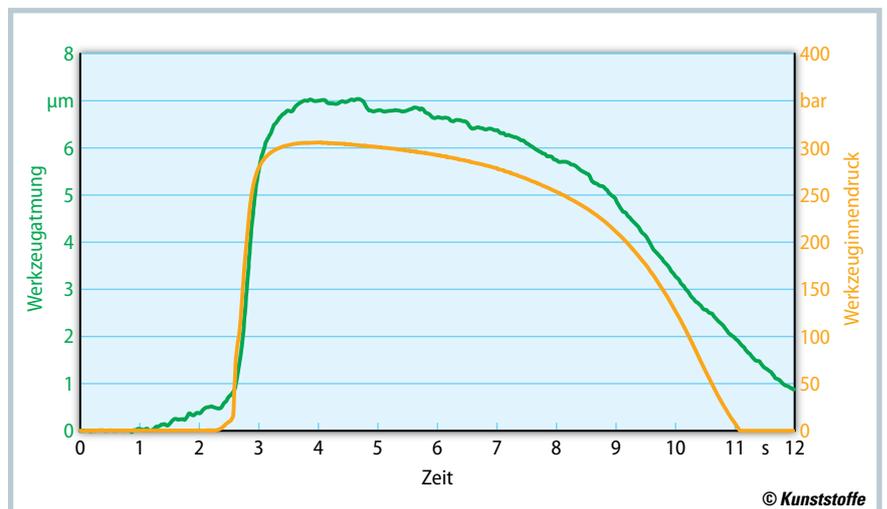


Bild 2. Gegenüberstellung des Verlaufs der Werkzeugatmung und des Werkzeuginnendrucks. Da die Werkzeugatmung ihren Ursprung im Auftreibdruck hat, zeigt der Verlauf der beiden Signale eine ähnliche Charakteristik

Beim Einspritzen nimmt die Spannung der Feder durch die Werkzeugatmung geringfügig zu, die Schließkraft erhöht sich gegenüber dem eingestellten Sollwert minimal. Diese Erhöhung gilt es möglichst genau zu bestimmen.

Hierfür werden zu Produktionsbeginn mehrere Trockenlaufzyklen durchgeführt, um Referenzverläufe der Schließkraft zu erfassen und zu speichern. In der laufenden Produktion wird dann der aktuelle Schließkraftverlauf mit den Referenzverläufen verglichen.

renzyklen verglichen und die Schließkraftdifferenz mithilfe der bekannten Federsteifigkeit in die Werkzeugatmung umgerechnet (**Bild 1**).

Auf diese Weise steht ohne zusätzliche Hardware ein neues, aussagekräftiges Prozesssignal direkt in der Maschinensteuerung zur Verfügung. Da die Werkzeugatmung durch den in der Kavität wirkenden Werkzeuginnendruck entsteht, ähnelt deren Verlauf stark einem über die projizierte Formteillfläche gemittelten Werkzeuginnendruckverlauf (**Bild 2**). Sie bildet somit für den Spritzgießer eine gute Grundlage für die Analyse, Optimierung und Überwachung des Spritzgießprozesses. Mit den Überwachungspaketen der Steuerung Engel CC300 kann entweder der zeitliche Verlauf der Werkzeugatmung durch eine Hüllkurve oder der Spitzenwert der Atmung mit entsprechenden Warn- und Eingriffsgrenzen überwacht werden. Dadurch lässt sich das Risiko von Qualitätsmängeln wie Gratbildung deutlich reduzieren und das Werkzeug zuverlässig vor Überspritzen schützen.

Schließkraftoptimierung – automatisch und objektiv

Bislang erfolgt die Optimierung der Schließkraft – wenn überhaupt – durch die Beobachtung der Werkzeugatmung über eine an der Trennebene montierte Messuhr. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass das Messergebnis stark von der Platzierung der Messuhr am Werkzeug sowie von der Art des Werkzeugs abhängt. Hinzu kommt, dass jeder Einrichter das Ergebnis auf Basis seiner persönlichen Erfahrung unterschiedlich interpretiert. Während der eine einen Atmungswert von 0,03 mm für zulässig erachtet, hält ein anderer einen Wert von 0,01 mm für zu viel. Das Ergebnis ist somit sehr subjektiv, weshalb häufig einfach mit der maximal möglichen Schließkraft gearbeitet wird. Dies kann jedoch zu einer mangelhaften Werkzeugentlüftung, erhöhtem Verschleiß und unnötigem Energieeinsatz führen.

Basierend auf der ermittelten Werkzeugatmung stellt „iQ clamp control“ ein objektives Verfahren zur Verfügung, das die erforderliche

Schließkraft innerhalb der vom Bediener vorgegebenen Grenzen ohne Vorgabe weiterer Sollwerte vollautomatisch ermittelt. Die Optimierung kann im laufenden Prozess aktiviert werden. Auf Knopfdruck verändert die Maschine über mehrere Zyklen automatisch den Schließkraftsollwert und registriert die Veränderung des Spitzenwerts der Werkzeugatmung. Anhand eines hinterlegten Algorithmus wird aus den gewonnenen Daten automatisch die erforderliche Schließkraft ermittelt, ohne dass die

Schließkraft bzw. die Werkzeugatmung zu irgendeinem Zeitpunkt in einen kritischen Bereich gelangen (**Bild 3**). Für den Bediener und den Prozess ergeben sich daraus einige Vorteile:

- die Kenntnis der unter den aktuellen Prozessbedingungen tatsächlich erforderlichen Schließkraft,
- eine maximale Schonung von Werkzeug und Maschine,
- eine verbesserte Entlüftung (**Bild 4**) und
- eine Reduktion des Energieverbrauchs. »

Bauteileigenschaften über die Werkzeugatmung gezielt einstellen

Natürlich verringert sich durch die Optimierung die verfügbare Schließkraftreserve. Durch Prozessabweichungen und Anpassungen, die der Bediener vornimmt, verändert sich im laufenden Prozess auch die Werkzeugatmung. Die Software merkt sich den nach der Schließkraftoptimierung erreichten Atmungsspitzenwert und legt automatisch passende Toleranzgrenzen fest. Verlässt die Werkzeugatmung den zulässigen Bereich, so wird die Schließkraft jeweils im Folgezyklus automatisch angepasst, bis der Atmungswert wieder im Toleranzfeld liegt.

Die Autoren

Dr. Georg Pillwein ist Projektleiter in der Abteilung Entwicklung Prozesstechnologie der Engel Austria GmbH, Schwertberg/Österreich; georg.pillwein@engel.at

Dr. Johannes Lettner ist Projektleiter in der Abteilung Entwicklung Prozesstechnologie bei Engel; johannes.lettner@engel.at

Dipl. Ing. Josef Gießauf leitet die Abteilung Entwicklung Prozesstechnologie bei Engel; josef.giessauf@engel.at

Prof. Dr.-Ing. Georg Steinbichler ist Leiter Forschung und Entwicklung Technologien bei Engel und Vorstand des Instituts für Polymerspritzgießtechnik und Prozessautomatisierung an der Johannes Kepler Universität, Linz/Österreich; georg.steinbichler@engel.at

Service

Literatur & Digitalversion

- Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/1136656

English Version

- Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at www.kunststoffe-international.com

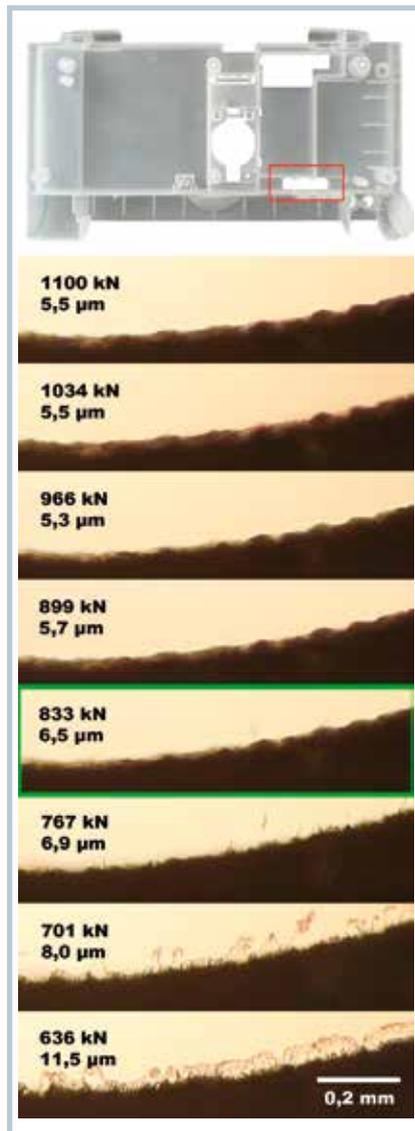


Bild 3. An einem medizintechnischen Gehäuseteil wurde die Gratbildung im Bereich des markierten Durchbruchs untersucht. Erst in der Durchlichtaufnahme im Mikroskop (Bildreihe unten, mit Angabe der Schließkräfte und Atmungsspitzenwerte) wird der feine Grat bei Schließkraftreduktion sichtbar. Die durch „iQ clamp control“ optimierte Schließkraft liegt bei 830 kN (Bilder: Engel)

Ebenso kann der Bediener einen von ihm gewünschten Atmungsspitzenwert manuell vorgeben, den die Maschine

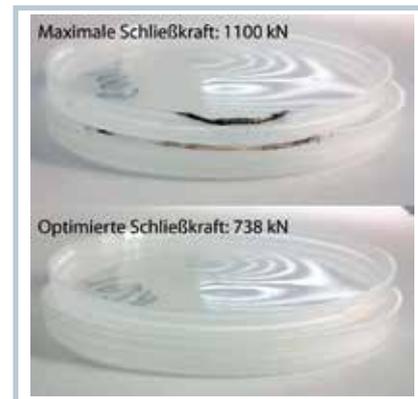


Bild 4. Verpackungsschüssel aus Polypropylen: Bei der maximalen Schließkraft von 1100 kN ist die Entlüftung der Kavitäten unzureichend – gravierende Brenner am Fließwegende sind die Folge (oben). Mit „iQ clamp control“ wurde die Schließkraft automatisch auf etwa 740 kN reduziert, wodurch die Entlüftung verbessert und die Brenner eliminiert werden konnten (unten)

durch das automatische Anpassen der Schließkraft innerhalb vorgegebener Grenzen erreicht. Dies kann beispielsweise hilfreich sein, um gezielt Bauteileigenschaften einzustellen oder die Entlüftung weiter zu verbessern.

Fazit

Die Software „iQ clamp control“ wird allen drei Kriterien für iQ-Produkte gerecht. Sie erhöht durch die Einführung des aussagekräftigen Prozessparameters Werkzeugatmung die Transparenz des Prozesses, assistiert dem Maschinenbediener durch das vollautomatische Ermitteln der Schließkraft und steigert die Fertigungseffizienz, indem die Werkzeugatmung bei veränderten Prozessbedingungen durch automatische Anpassung der Schließkraft konstant gehalten wird. Engel bietet die neue Software in einem ersten Schritt für eigene Spritzgießmaschinen mit elektrischen Schließeinheiten und Schließkräften von bis zu 2200 kN an. ■