

Optimale Qualität durch Prozessoptimierung mit Stasa QC

Ein Ausweg aus dem Dilemma

Die Fertigung hochpräziser Bauteile aus Kunststoff stellt hohe Anforderungen. So ist es Aufgabe des Einrichters, in der Bemusterungsphase eines Werkzeugs die bestmögliche Maschineneinstellung zu finden, sodass optimale Produktqualität bei kleinstmöglicher Zykluszeit und bestmöglicher Prozessstabilität und Energieeffizienz erreicht wird.

Prof. Dr. Günter Haag
Geschäftsführer
Steinbeis Angewandte
Systemanalyse GmbH
(Stasa GmbH)
D-70599 Stuttgart
haag@stasa.de
www.stasa.de

Die genannten vielfältigen Aspekte unter einen Hut zu bringen, stellt eine Herausforderung für jeden Einrichter dar. Wie kann man nachweislich begründen, dass der gefundene Arbeitspunkt den bestmöglichen Kompromiss darstellt? Wie kann man begründen, dass die Produktivität nicht doch noch gesteigert werden kann – sagen wir um mindestens 10 Prozent – und daher Produktionskosten eingespart werden können

bei gleich akzeptabler Produktqualität?

Ein Ausweg aus diesem Dilemma besteht in der Einführung einer ausgereiften Systematik in die Arbeitspunkt- und Prozessoptimierung – und zwar von Anfang an. Die Einführung einer Systematik bedeutet, herkömmliche und eingefahrene Vorgehensweisen neu zu überdenken und durch andere Verfahren zu ersetzen, die nachweislich und objektiv im Zu-

sammenhang von Qualität, Zykluszeit und Maschineneinstellparametern den optimalen Arbeitspunkt für das Bauteil liefern. Anders formuliert bedeutet in diesem Sinne optimal, dass ich keine Maschineneinstellung finde, mit welcher Bauteile der gleichen guten Qualität bei noch kürzerer Zykluszeit und noch geringerer Ausschussquote gefertigt werden können. Damit kann der Prozesseinrichter den gewünschten



Wir sind an der
SWISS PLASTICS
Halle 2a/Stand: A 111

Nachweis führen. Ebenso häufig stellt sich für jeden Werkzeugmacher und Kunststoffspritzer die Frage, ob mit einem vorhandenen neuen Werkzeug überhaupt Bauteile mit der geforderten Qualität gefertigt werden können oder ob Werkzeugkorrekturen erforderlich sind. Hier hilft das bei der Stasa GmbH, Stuttgart, entwickelte Verfahren weiter.

Systematische Auswertung der Bemusterungsdaten

Ermöglicht wird dies durch die automatische Ermittlung der Zusammenhänge zwischen Einstellgrößen, Qualitätsmerkmalen, Prozessstabilität und Zykluszeit auf Basis einer systematischen Auswertung der Bemusterungsdaten mithilfe völlig neuartiger mathematischer Verfahren.

Zur Verdeutlichung des Unterschieds zwischen üblicher Praxis und der systematischen Vorgehensweise ein kurzer Rückblick: Bislang

ist es üblich, den Arbeitspunkt der Fertigungsmaschine durch sukzessives Verändern der Maschineneinstellungen so lange anzupassen, bis alle Qualitätsvorgaben erfüllt sind. Dann kann das Werkzeug eingesetzt werden und die Serienfertigung beginnen. Man orientiert sich dabei in der Einstellphase vorwiegend an der vorliegenden Erfahrung mit Bauteilen ähnlicher Grösse, der Werkstoffauswahl und der verwendeten Spritzgiessmaschine. In der Regel findet eine Dokumentation der Zwischenschritte während der Einstellphase nicht statt, da die Bauteile ja nicht den Qualitätserfordernissen entsprechen. Zumeist wird daher nur der so gefundene Arbeitspunkt notiert.

Zur Unterstützung des Einrichters und zur Kostenminimierung wurde bei Stasa die Software Stasa QC entwickelt. Mit dieser Software kann schon in der Einrichtungsphase der optimale Arbeitspunkt bestimmt werden. Auch lässt sich da-

mit feststellen, ob Werkzeugkorrekturen erforderlich sind.

Erreicht wird dies durch eine systematische Versuchsauswahl in der Einrichtungsphase (Design of Experiment = DoE). Die durchzuführenden Versuche werden von der Software auf Basis der Einstellparameter der Spritzgiessmaschine vorgeschlagen. Selbstverständlich können auch andere Versuchspläne gefahren und ausgewertet werden. Ebenso lassen sich bereits durchgeführte Versuche in den vorgeschlagenen Versuchsplan integrieren oder vorgeschlagene Versuche ersetzen, wenn dies sinnvoll erscheint. Das System ist in dieser Hinsicht äusserst flexibel. Nach diesem Versuchsplan wird eine variable Anzahl von Teilen (5-20) zu jeder Maschineneinstellung gefertigt. Auch attributive Merkmale, wie Oberflächen-glanz, Gratbildung, Verzug, um nur einige Beispiele zu benennen, können bewertet werden. Dafür kann



Wie finanzieren Sie Ihre neue Produktionsmaschine? Mit Raiffeisen Leasing.

Sie steigern Ihre Produktivität und Wettbewerbsfähigkeit und bleiben dabei liquid.

www.raiffeisenleasing.ch Telefon 071 225 94 44

Wir machen den Weg frei

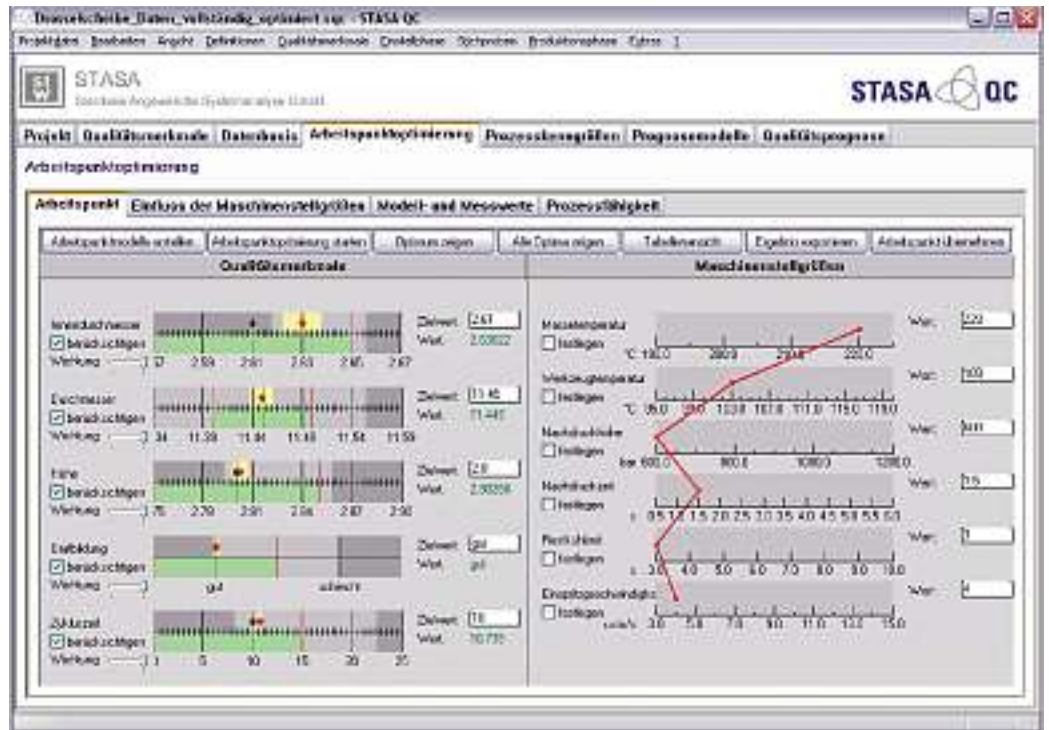
RAIFFEISEN

zum Beispiel ein Bewertungssystem nach Schulnoten verwendet werden oder eine gut/schlecht Einteilung.

Auch in Teilen minderer Qualität steckt Prozesswissen

Die nach dem Versuchsplan gefertigten Bauteile kommen anschliessend zur Qualitätsbewertung in das Messlabor und werden, nachdem diese ihre «endgültigen» Masse erreicht haben, vermessen. Wichtig ist, dass eine Bewertung sämtlicher Bauteile zu allen Versuchen erfolgt und nicht nur zu den «erfolgreichen» Versuchen, welche qualitätsmässig in Ordnung sind. Auch in Bauteilen schlechter/unzureichender Qualität steckt Prozesswissen. Diese Information wird ebenfalls benötigt, damit die optimale Maschineneinstellung gefunden werden kann.

Die so ermittelten Messwerte und attributiven Werte der Bauteile werden in die Software zu den jeweiligen Versuchen eingelesen. Damit verfügt Stasa QC über alle Informationen, die die Einstellphase betreffen, nämlich zu jeder Maschineneinstellung des Versuchsplans die erhaltenen Bauteilmasse, die Schwankungen der Bauteilmasse, wenn mehrere Bauteile zur gleichen Maschineneinstellung gefertigt werden und die zu-



Interaktive Simulation der Änderung der Maschineneinstellung. Die Modellwerte der Qualitätsmerkmale sind als rote Punkte dargestellt. Das Toleranzband ist grün hinterlegt. Die gelben Balken um die Modellwerte geben die Prozessunsicherheit (Mass für die Streuung der Qualitätsmerkmale) an.

gehörigen attributiven Merkmale. Diese Information nützt die Software, um damit einen Zusammenhang zwischen der Maschineneinstellung und der zugehörigen Bauteilqualität herzustellen. Dabei werden völlig neuartige Verfahren zur da-

tengetriebenen Modellbildung eingesetzt, die bei Stasa in Stuttgart entwickelt wurden (selbstgenerierende neuronale Netzwerke) und sich in zahlreichen Praxistests bewährt haben. Die verwendeten lernfähigen Verfahren zeichnen sich durch grosse Robustheit und Anpassungsfähigkeit an die nichtlinearen Prozesse beim Kunststoffspritzgiessen aus. Gerade im Bereich der Kunststofffertigung sind nichtlineare Verfahren unabdingbar. Erst wenn der ermittelte Zusammenhang zwischen verschiedenen Maschineneinstellungen und der jeweiligen Bauteilqualität stimmt, kann der wirklich optimale Arbeitspunkt ermittelt werden. Auch die Stärken der Abhängigkeiten der einzelnen Qualitätsmerkmale von den verschiedenen Maschineneinstellparametern werden ermittelt und grafisch dargestellt. Stasa QC hilft damit dem Einrichter, den gesamten Prozess bewerten zu können.

Die Software bietet dem Anwender nun die weitere Möglichkeit, interaktiv die Maschineneinstellungen zu verändern (anklicken mit der Maus und verschieben einer bestimmten Stellgrösse) und die Aus-

→ Praxisbeispiel: Drosselscheibe, elfo ag, Sachseln



Im gezeigten Beispiel konnte Stasa QC bei einem bereits eingerichteten Prozess einen optimalen Arbeitspunkt ermitteln, der bei gleicher Teilequalität eine um 2,3 s, entsprechend 18 Prozent, reduzierte Zykluszeit gegenüber der bisherigen als optimal erachteten Serieneinstellung (13,0 s Zykluszeit) aufweist.

Drosselscheibe von elfo (oben). Automatische Ermittlung des Einflusses der Maschineneinstellgrössen auf die Qualitätsmerkmale. Die Länge der Balken gibt die Grösse des Einflusses an.

Maschineneinstellgröße	Einfluss auf das ausgewählte Qualitätsmerkmal	kumuliert
Nachdruckzeit	27.34%	27.34%
Werkzeugtemperatur	24.42%	51.75%
Nachdruckhöhe	23.23%	74.98%
Restkühlzeit	16.05%	91.03%
Einspritzgeschwindigkeit	4.51%	95.54%
Maschinenpestr	3.55%	100.00%

wirkungen des eingestellten Arbeitspunkts auf jedes Qualitätsmerkmal direkt zu ermitteln. Das heisst, die Spritzgiessmaschine wird durch die Software abgebildet. Gewünschte Maschineneinstellungen können damit direkt in ihren Auswirkungen auf die Qualität und Zykluszeit bewertet werden, ohne dass die Spritzgiessmaschine zum Einsatz kommt.

Auf Knopfdruck errechnet Stasa QC die optimale Maschineneinstellung, bei der die Sollwerte der Qualitätsmerkmale bestmöglich erreicht werden. Dabei werden auch die statistischen Schwankungen der Bauteilmasse berücksichtigt. Der optimale Arbeitspunkt ist damit auch der stabilste Arbeitspunkt, das heisst der Arbeitspunkt mit der geringsten Ausschussquote. Inwieweit Prozessfähigkeit bei der gefundenen Prozesseinstellung erwartet werden kann, wird errechnet und im Protokoll ausgegeben.

Auch die Zykluszeit wird berücksichtigt

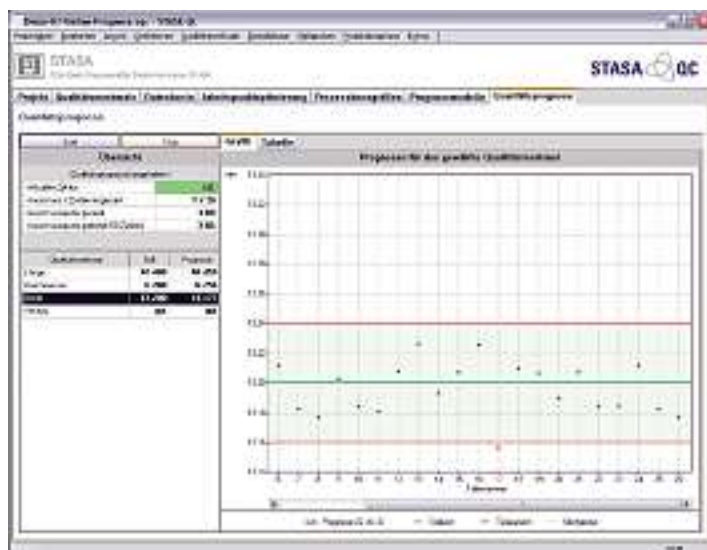
Neben den Qualitätsmerkmalen kann auch die Zykluszeit bei der Optimierung berücksichtigt werden, um damit auch die Fertigungszeit zu minimieren. Beim optimalen Arbeitspunkt wird damit der Energie-, Material- und

Kostenaufwand während der Fertigung möglichst klein gehalten.

Der Hauptvorteil liegt auf der Hand: Man kann in kürzester Zeit sehr viele mögliche Maschineneinstellungen bewerten. Dadurch werden zuverlässig die Einstellungen gefunden, die eine Einhaltung der Qualitätstoleranzen gewährleisten und gleichzeitig zu einer möglichst geringen Zykluszeit führen. Mithilfe der Software kann auch direkt die optimale Einstellung errechnet werden und der erfahrene Maschineneinrichter kann sicher sein, den optimalen Arbeitspunkt für seinen Prozess gefunden zu haben.

Ein automatisch erstelltes Protokoll belegt den gesamten Einstellvorgang sowie die Ergebnisse der durchgeführten Optimierung. Die eingangs genannten Fragen sind damit belegbar geklärt.

Die bisherigen Erfahrungen aus dem praktischen Einsatz der Software zeigen, dass auch bei bereits eingerichteten Spritzgiessprozessen in der Regel eine Reduzierung der Zykluszeit um rund 10 Prozent möglich ist. Stasa QC wurde mit dem do-it Software Award ausgezeichnet.



Online-Qualitätsprognose mit Stasa QC. Lückenlose Bewertung der Teilequalität in der Fertigung.

Dr. Brehm mit der Peripherie im Zentrum

SOMOS®-Trockenlufttrockner

Neue Generation T/TF eco
Trocknen und Fördern 1–60 kg/h

Ökonomisch

Die Preise der neuen Baureihe «eco» konnten deutlich gesenkt werden!

Optimale Ergebnisse durch Closed-Loop-Förderung mit Trockenluft und Trockenluftbeschleunigung der Materialvorlage.

Ökologisch

Die T/TF gehören dank Anpassung der Trockenluft und Regeneration an die aktuellen Bedingungen nach wie vor zu den energieeffizientesten Geräten.

Hervorragende Isolationswerte des Edelstahl-Trocknungstrichters.



INGENIEURBUREAU DR. BREHM AG
AUFBEREITUNG, VERFAHRENSTECHNIK, WÄRME-KÄLTETECHNIK
Lettenstrasse 2/4, 6343 Rotkreuz/ZG
Telefon 041 790 41 64, Telefax 041 790 43 03
www.brehm.ch