

Jährlich 20'000 Fr. mehr Produktivität beim Warmfliesspressen

Bei gleich bleibender Qualität schneller zu produzieren verschafft Wettbewerbsvorteile. Das gilt auch beim Warmfliesspressen, einem Umformprozess für grossflächige Kunststoffteile mit hohen Qualitätsansprüchen. Doch wie sollen die Prozessparameter an der Presse gewählt werden, damit die Zykluszeit kürzer wird, ohne Einbusse von Qualität?

Wir erwarten, dass ein moderner Automotor leise vor sich hin schnurrt und nicht dröhnt wie ein Formel 1 Triebwerk. Und dass man beim Autofahren keine nassen Füsse bekommt, ist seit längerem Stand der Technik. Für beides ist die Unterbodenverkleidung zuständig: Sie verbessert die Aerodynamik und bildet einen Schutz gegen Spritzwasser und Lärm. Rieter Heatshields in Sevelen fertigt in Grossserien Unterbodenverkleidungen aus Polypropylen für Fahrzeuge von BMW, Renault und Daimler.

Der Prozess

Unterbodenverkleidungen für den Smart (Abbildungen 1) werden bei Rieter Heatshields durch Kunststoff-Warmfliesspressen hergestellt. Die Dieffenbacher-Presse (Abbildung 2) hat eine maximale Schliesskraft von 2500t und enthält ein Werkzeug, dessen beide Hälften eine Hohlform definieren, das Negativ des Bauteils. Die Abmessungen des Werkzeugs sind beeindruckend: Eine gehärtete, polierte Stahloberfläche von 1.5m auf 2m.

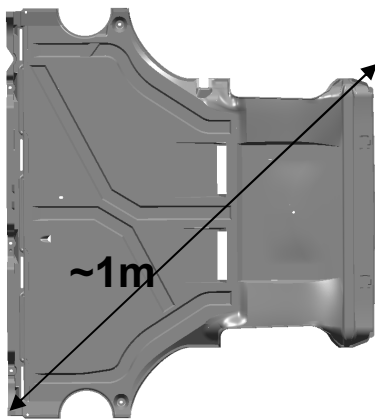


Abbildung 1: Das Fahrzeug und seine Unterbodenverkleidung

Werkzeug eingelegt. Der Kunststoff hat eine Temperatur von 200°C und ist deshalb plastisch. Die Presse schliesst sich und innerhalb von etwa 5 Sekunden wird das Plastifikat auf die 10-fache Fläche zum gewünschten Bauteil umgeformt. Wegen der etwas tieferen Werkzeugtemperatur erstarrt der Kunststoff. Die Presse öffnet sich, der Roboter entnimmt das Bauteil. Die für die Montage notwendigen Aussparungen werden gestanzt. Schliesslich wird es von Hand entgratet und verpackt.

Bereits bei dieser groben Prozessbeschreibung wird der Zielkonflikt klar: Kurze Zykluszeiten erfordern kurze Erstarrungs- und Zuhaltezeiten und damit tiefe Kunststoff- und Werkzeugtemperaturen. Beides ist problematisch für die Teilequalität. In diesem Zielkonflikt einen optimalen Kompromiss zu finden – das ist die Herausforderung.



Abbildung 2: Dieffenbacher Warmfliesspresse

Mit einem Roboter werden von einem Extruder kleinflächige Kunststoffplatten in das offene

Versuch und Irrtum oder statistische Versuchsplanung - der gewohnte Weg!

Wie soll die optimale Einstellung des Prozesses gefunden werden, bei der die Zykluszeit minimal und die Qualität innerhalb der Spezifikation liegt? Der gewohnte Weg des Prozessexperten ist, mit viel Prozessverständnis eine Einstellgrösse nach der anderen zu variieren und anhand der Ergebnisse sich in Richtung Optimum zu tasten. Diese zeit- und damit kostspielige Strategie ist stark von der Erfahrung des Experten abhängig. Ausserdem ist der Erfolg ungewiss: In diesem hochdimensionalen Suchraum verliert ein Mensch leicht den Überblick.

Die statistische Versuchsplanung (Design of Experiments, DoE) wäre für bestimmte Prozesse eine Alternative. Sie ist aber experimentell aufwendig und oft nicht genügend flexibel: Die Methode versagt z.B. wenn Einflussgrössen zwar gemessen, nicht aber eingestellt werden können. Zudem ist das erforderliche know-how nicht in jedem KMU vorhanden.

Alternative: GlobalOptimize

Das Institut für Modellbildung und Simulation (IMS) an der Fachhochschule St.Gallen hat eine Methode und eine darauf aufbauende Software entwickelt, die die Flexibilität von „Versuch und Irrtum“ mit der Systematik von DoE kombiniert. Der Prozess wird als Black-Box mit Ein- und Ausgängen aufgefasst. Gestartet wird mit einigen wenigen, vom Experimentator definierten Versuchen. GlobalOptimize berechnet daraus einen voraussichtlich optimalen Arbeitspunkt. Der entsprechende Versuch wird durchgeführt. Bei Bedarf wird eine neue Versuchseinstellung vorgeschlagen – bis in wenigen Schritten der Prozess im Zielgebiet liegt. GlobalOptimize kommt in der Regel mit deutlich weniger Versuchen aus als herkömmliche Verfahren.

Konkret: Unterbodenverkleidungen

Folgende Einflussgrössen wurden als voraussichtlich relevant betrachtet:

- Kunststofftemperatur
- Werkzeugtemperatur oben
- Werkzeugtemperatur unten
- Restkühlzeit
- Schliessprofil: legt fest ob die Presse langsamer oder schneller geschlossen wird.

Als Zielgrössen wurden festgelegt:

- keine Blasenbildung
- 100% Füllgrad
- keine Ausstösserabdrücke
- Ausstanzlöcher: ausgestanztes Material muss von der Unterbodenverkleidung zuverlässig abgetrennt sein.
- Masshaltigkeit: damit die Unterbodenverkleidung montiert werden kann, werden die Distanzen der Verschraubungslöcher mittels einer Lehre geprüft.
- minimale Zykluszeit

Die Optimierung wurde mit einem teilfaktoriellen 2^{5-1} Versuchsplan gestartet. Während eines Nachmittags wurden die 16 Versuche gefahren und die entstanden Bauteile ausgewertet.

Dabei waren Blasenbildung, Füllgrad, Ausstösserabdrücke Zielgrössen, die von einem Experten je nach Erfüllungsgrad mit den Zahlen 1, 2 oder 3 charakterisiert wurden.

Kundennutzen

Das Ergebnis überzeugt: Die Zykluszeit konnte um 2 Sekunden reduziert werden. 2 Sekunden bedeuten jährliche Einsparungen von CHF 20'000.-. Verglichen damit, ist der Engineering-Aufwand von CHF 3000.- geradezu bescheiden.

Das Kompetenzzentrum GlobalOptimize der FHS St.Gallen analysiert und optimiert datenbasiert industrielle Produktionsprozesse.
Kontakt: Roland Furrer, roland.furrer@fhsg.ch