

# Wie man vorzeitigen Werkzeugausfall verhindert

Wird durch Simulation gewonnene Information genutzt in Verbindung mit Prozessüberwachungs-Systemen, lassen sich Werkzeug-Fehleinstellungen gut aufzeigen. So kann die Standzeit der Tools verlängert werden. Die zunehmende Vernetzung verschiedener Unternehmensbereiche begünstigt diese Entwicklung.

For our English-speaking readers

## How to prevent premature tool failure

Where simulation data is used in conjunction with process monitoring systems, it's possible to display incorrect tool settings. This can increase the service life of tools. This trend is favoured by the introduction of more comprehensive networks between company divisions.

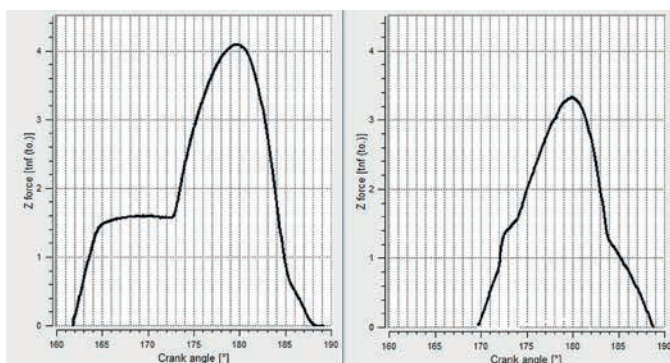


Bild 2: Die hohe Übereinstimmung von simuliertem und gemessenem Presskraftverlauf ist möglich, weil die Elastizität der Maschine in die Simulation einbezogen ist. Bild: Simufact

Die Simulation industrieller Kaltumformung hat sich zu einem genauen, benutzerfreundlichen Werkzeug entwickelt, das in vielen Betrieben eingesetzt wird zur Werkzeugkonstruktion und -auslegung. Prozessüberwachungs-Systeme werden in der Fertigung von der Mehrheit der Kaltumformer eingesetzt, um Überlastungen von Maschine und Werkzeug zu verhindern, Qualitätsmängel am Bauteil zu erkennen oder eine unbemannte Fertigung abzusichern. In Verbindung mit modernen Maschinen können Prozessüberwachungs-Systeme darüber hinaus regelnd in die Fertigung eingreifen, beispielsweise zur Regelung der Spurlage beim Gewindewalzen.

Da mit zunehmender Genauigkeit der Simulationsmodelle und der vorausberechneten Presskraftverläufe der Wunsch

vieler Umformbetriebe entstand, Simulationsergebnisse in der realen Praxis an der Maschine überprüfen zu können, liegt es nahe die beiden Welten – Simulation und Prozessüberwachung – zusammenzuführen. Basierend auf der steigenden Vernetzung der einzelnen Unternehmensbereiche – Industrie 4.0 – wird es künftig viel einfacher werden, Daten aus der Werkzeugkonstruktion auf Produktionsebene herunterzuladen. Ergebnisse und Informationen aus unterschiedlichen Abteilungen stehen somit dem Bediener direkt an der Maschine zur Verfügung. So können simulierte Presskraftsignale zum Einrichten von Werkzeug oder Maschine genutzt werden. Bereits vor dem Pressen des ersten Teils ist sichtbar, wie die Presskraftverläufe der Umformoperationen bei fehlerfreier Fertigung zu ver-

laufen haben, in welchem Presskraftbereich sie liegen dürfen und mit welchen prozessbedingten Streuungen zu rechnen sein wird. Übermäßige Presskräfte werden durch den Vergleich von Simulation und Presskraftmessung von Fertigungsbeginn an erkennbar. Gleichzeitig verbessert sich das Verständnis des Maschinenbedieners für die auftretenden Signalverläufe.

Die Werkzeugentwicklung kann frühzeitig erkennen, wo und in welcher Größe in der Praxis Abweichungen zwischen FEM-Simulation, Werkzeugeinstellung und Presskraftmessung auftreten. Für die durchgeführten Untersuchungen wurde ein Kaltumformprozess simuliert und die ideale Prozesskraft bestimmt, bei der vollständige Gesenkfüllung erreicht wird ohne die Werkzeuge zu überlasten.

## Maschinenelastizität einbezogen

Diese numerisch vorausberechnete optimale Presskraft wird zur Einrichtung der Werkzeuge und des Pressenhubes mit einer kalibrierten Presskraftmessung des Prozessüberwachungs-Systems verwendet. Bei dem untersuchten Prozess werden bei der Möhling GmbH Tauchkerne auf einer zweistufigen Nakashimada „TH2“ Presse hergestellt. Umformstufe 1 besteht aus dem Reduzieren und Anpressen einer Fase. In der zweiten Stufe wird die endgültige Kontur des Teils ausgepresst. Die me-

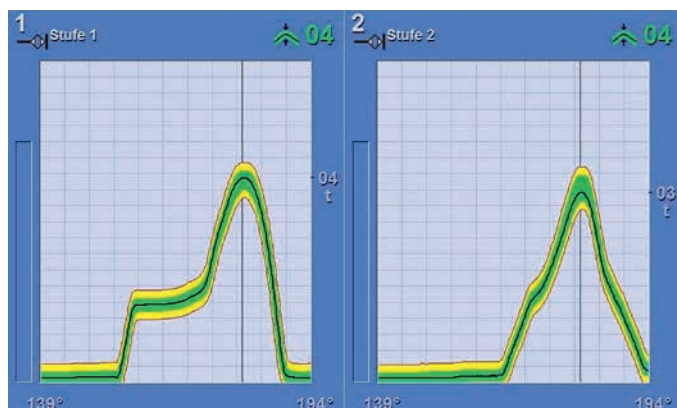


Bild 1: Gemessene Presskraftverläufe. Bild: Prokos

chanischen Kenngrößen des Werkstoffs dienen als Basis für die Umformsimulation. Berechnete Fließkurven werden in das Simulationsprogramm importiert. Die FEM Simulation der Stadienfolge erfolgt mit dem Programm „Simufact.forming 13.0“ von Simufact. Als Prozessüberwachung werden Überwachungssysteme der „X“-Serie von Brankamp eingesetzt. Prozessüberwachungs-Systeme verwenden in der Umformtechnik im Wesentlichen prozessbedingte Kraftsignale. Die kalibrierte Gesamtpresskraft einer Maschine wird meist am Rahmen gemessen. Stufenbezogene Presskräfte werden durch piezoelektrische Sensoren erfasst. Wegen der Zuverlässigkeit und des Schutzes des Sensors in einer Bohrung werden vorzugsweise Variosonden eingesetzt. Sie werden in eine Bohrung ähnlich einem Dübel eingebracht und verspannt. Die Sensorbohrungen gehören bei vielen Herstellern zum Standard in Neumaschinen. Eine Kalibrierung dieser Sensoren ist allerdings problematisch, da diverse Einflussfaktoren das Messergebnis verfälschen können.

### Sensoren erfassen Presskräfte

Deshalb müssen prozessnähere Messorte verwendet werden. Es bieten sich Stellkeile an oder davorliegende Druckstücke für eine kalibrierte Presskraftmessung. Die im Bild 1 gemessenen Presskraftverläufe wurden durch beidseitige „Triflex“-Sensoren im Stellkeil erfasst, die zusammen mit eingelernten doppelten Hüllkurven dargestellt sind. Ihr Verlauf und die Größe entsprechen den erwarteten simulierten Kurvenverläufen, die in Bild 2 dargestellt sind. Die absoluten Kräfte wie auch der Verlauf der gemessenen und simulierten Kräfte weisen gute Übereinstimmung auf. Entscheidend hierfür sind die Modellierung der Elastizität bei Maschine und Werkzeug sowie eine präzise Messung der Presskräfte. Der Bereich optimaler Werkzeugeinstellung und zugehör-



Bild 3: Prozessüberwachungs-System „X7“ auf einer Stufenpresse.  
Bild: Carlo Salvi

rige Presskraftverläufe können durch Simulation vor Fertigungsbeginn berechnet und die Kraftverläufe ins Prozessüberwachungs-System geladen werden. Damit steht dem Bediener vor dem Pressen des ersten Teils ein Sollkraftverlauf auf dem Bildschirm zur Verfügung, der in der Nähe seiner optimalen Werkzeugeinstellung liegt. Er kann als jederzeit einblendbarer Soll-Presskraftverlauf auf dem Überwachungssystem dargestellt werden, damit die aktuelle Situation mit den simulierten Presskraftverläufen verglichen werden kann. Per Netzwerkverbindung und einen eindeutigen Werkzeugnamen werden die Soll-Presskraftverläufe für jede Umformstufe in das Prozessüberwachungs-Gerät geladen. Damit steht erstmalig ein Prozessüberwachungs-System zur Verfügung, das den Brückenschlag zwischen Werkzeugentwicklung und Prozessüberwachung ermöglicht, siehe Bild 3. Der experimentell untersuchte Umformprozess wurde mit Simufact.forming 13.0 numerisch mit der Finite-Elemente-Methode modelliert. Bild 4 zeigt die beiden Prozessstufen in einem vereinfachten 2D-Modell.

Die Abbildung der verschiedenen Werkzeug- und Maschinenelastizitäten ist entscheidend für die Realitätstreue der simulierten Kraftverläufe. Würde man diese Elastizitäten im Simulationsmodell vernachlässigen, so würden zwar fast die gleichen Maximalkräfte vorhergesagt werden, jedoch wäre der zeitliche Verlauf anders. Üblicherweise werden die hier abgebildeten Elastizitäten nicht modelliert. Ausgehend von dem Simulationsmodell mit starr gelagerten Matrizen und Auswerfern wurde dieses Modell um die federnd gelagerte Matrize und Auswerfer ergänzt und die Federsteifigkeit variiert, bis eine zufriedenstellende Übereinstimmung der simulierten mit den gemessenen Kräften erreicht worden ist.

Der Einsatz der Prozesssimulation in Verbindung mit dem Einsatz von Prozessüberwachungs-Systemen ist geeignet, den vorzeitigen Ausfall der Werkzeuge weitgehend zu verhindern. Die fortwährende Überwachung während der Fertigung stellt sicher, dass die optimierte Einstellung auch während der Produktion eingehalten wird. Dieses Projekt veranschaulicht, dass der gemeinsame Einsatz der prozessintegrierten Kraftmessung und der numerischen Prozesssimulation geeignet ist, die Abbildungsgenauigkeit der Prozesssimulation zu erhöhen. Das Einrichten der Werkzeuge wird genauer als

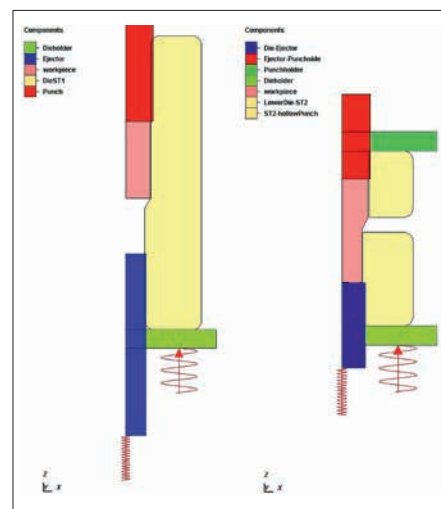


Bild 4: Simulationsmodelle der Stufe 1 und Stufe 2.  
Bild: Simufact

dies allein auf Basis der erzielten Bauteilgeometrie möglich wäre. Die Kenntnis einer hinsichtlich der Werkzeugbelastung optimierten Prozessauslegung, deren Einstellung bereits bei der Ersteinrichtung der Produktion und die laufende Kontrolle, dass diese auch im rauen Produktionsalltag eingehalten wird, sind Voraussetzungen, um die geplante Werkzeugstandzeit zu erreichen.

Gabriel Mc Bain, Simufact Engineering, Thomas Terzyk, Prokos, sowie Bernhard Tönnemann, Möhling: Der Beitrag der Autoren ist redaktionell bearbeitet. Die Originalfassung finden Sie nach Erscheinen der *UMFORMtechnik* 1/2016 unter [www.umformtechnik.net/whitepaper/](http://www.umformtechnik.net/whitepaper/)

### Simufact Engineering GmbH

wire 2016, Halle 15 Stand D 13  
Tempowerkring 19, 21079 Hamburg  
Ansprechpartner ist Gabriel Mc Bain  
Tel.: +49 40 790128-000  
[info@simufact.de](mailto:info@simufact.de)  
[www.simufact.de](http://www.simufact.de)

### Prokos Produktions-Kontroll-System GmbH

Spichernstraße 22a, 30161 Hannover  
Ansprechpartner ist Thomas Terzyk  
Tel.: +49 511 9357-400  
[info@prokos.de](mailto:info@prokos.de)  
[www.prokos.de](http://www.prokos.de)

### Möhling GmbH+Co. KG

Altenaer Straße 49, 58762 Altena  
Ansprechpartner ist Bernhard Tönnemann  
Tel.: +49 2352 976-0  
[info@moehling.com](mailto:info@moehling.com)  
[www.moehling.com](http://www.moehling.com)