

ISF-TAGUNG IN DORTMUND

Der Rechner im Mittelpunkt

Um ›Innovative Prozesse im Werkzeug- und Formenbau‹ ging es auf der gut besuchten zweitägigen Veranstaltung, die Mitte März vom ISF der Universität Dortmund veranstaltet wurde. Die insgesamt 17 Vorträge beschäftigten sich vorwiegend mit dem Thema Zerspanung und den vor- und nachgelagerten Prozessen. Dabei wurde deutlich, dass der Einsatz des Rechners, der die komplette Produktentstehungskette begleitet, noch mehr an Bedeutung gewinnt und die Wirtschaftlichkeit zunehmend mitbestimmt.



Erfahrungsaustausch: Rund hundert Vertreter aus Industrie und Hochschule waren am 14. und 15. März 2007 der Einladung des ISF nach Dortmund gefolgt. An den 24 Versuchsständen bestand unter anderem die Möglichkeit, die Thematiken am realen Prozess zu diskutieren. Neben Untersuchungen zu den Themen 5-Achs-Bearbeitung, Dynamikanalyse von Fräsprozessen, Mikrobearbeitung und Zerspanung von Sonderwerkstoffen wurden den Teilnehmern zudem aktuelle Forschungsergebnisse des ISF sozusagen live präsentiert.

IN SEINEM EINFÜHRUNGSVORTRAG stellte Professor Klaus Weinert die Notwendigkeit der Simulation als vorbereitende Arbeitsschritte heraus. Nur mit Hilfe genauer Modellbildung sei der Erkenntnisgewinn auf reale Prozesse übertragbar, so der Leiter des Instituts für Spanende Fertigung (ISF) der Universität Dortmund, der zuvor bei der Begrüßung der rund 100 Teilnehmer auch gleich die Gelegenheit genutzt hatte, seinen künftigen Nachfolger als Institutsleiter Prof. Dirk Biermann vorzustellen. Ein Highlight in Weinerts Ausführungen war die Präsentation einer am ISF entwickelten Software, mit der es möglich ist, NC-Dateien für die dreiachsige Fräsbearbeitung in NC-Programme für die 5-Achs-Fräsbearbeitung zu konvertieren. Das

Tool erlaubt neben der Harmonisierung der Bewegungsabläufe, welche die Achsdynamik berücksichtigt, auch die Kollisionskontrolle, die sich für die 5-achsige Bearbeitung natürlich ungleich komplexer darstellt als für den 3-Achs-Betrieb. Die Kollisionsprüfung arbeitet dabei mit neuen Methoden und berücksichtigt Kollisionsprofile, welches die Achszustände, die kollisionsgefährdet sind, für die anschließende Bahngenerierung zur fünfachsigen Bearbeitung ausscheidet.

5-Achs-Fräsen mit viel Entwicklungspotenzial

Überhaupt scheint sich im Werkzeug- und Formenbau die 5-achsige Fräsbearbeitung in den letzten Jahren komplett

etabliert zu haben. Trotzdem sind die Potenziale, die in diesem Fertigungsverfahren liegen, noch längst nicht ausgeschöpft. Eine Technologie, die zwar nach wie vor hauptsächlich in der typischen Einzelfertigung komplexer Teile zum Tragen kommt, die aber auch bei bestimmten Arten der Serienfertigung klare Vorteile bietet, worauf Tobias Schwörer von Hermle hinwies. Und 5-Achs-Fräsen stellt natürlich nach wie vor eine spezielle Auslegung der CNC, auf die Dr. Jens Kummetz von Heidenhain einging. Bewegungsführung und Vorschubregelung müssen sicherstellen, dass vorgegebene Konturtoleranzen bei zeitoptimierter Bewegung der fünf Vorschubachsen eingehalten werden. Kummetz präsentierte exemplarisch Steuerungsfunktionen zur Optimierung von Bauteilgenauigkeiten, Oberflächengüte und Bearbeitungszeiten bei der Fünfbearbeitung. Dazu zählen beispielsweise die Anpassung der Bewegungsführung an die Maschinendynamik über verschiedene Filtersysteme oder die Rastmomentkompensation, die zur Reduzierung des Schleppfehlers beiträgt. Der Heidenhain-Philosophie folgend wies Kummetz darauf hin, dass auch die beste Technik nur dann zum Erfolg führen kann, wenn diese durch den Mitarbeiter akzeptiert werde, was wiederum eine bedienerfreundliche Gestaltung erforderlich macht.

Beim Thema 5-Achs-(Simultan-)Bearbeitung geht ohne leistungsfähige CAM-Software bekanntlich nichts. Und dass es bei den zahlreichen am Markt erhältlichen CAM-Produkten erhebliche Unterschiede gibt, erklärte Dr. Eike Jung von Open Mind in Wessling bei München, wo man mit dem Produkt ›Hypermill‹ in der Liga der CAM-Systeme sowohl bei der Performance als auch beim (möglichen) Funktionsumfang ganz vorne mitspielt. Interessant ist auch das Softwaretool zur Generierung von Fünfbearbeitungs-Fräsbahnen, das Dr. Marc Stautner von Module Works vorstellte. Damit ist es möglich, Werkzeugwege auf Basis von Höhenlinien zu berechnen, die wiederum auf Offsets von Freiformflächen beruhen. Die Software kommt dabei ohne zusätzliche Eingabe durch den Benutzer aus und vermeidet durch automatisches Ausschwenken des Werkzeugs mögliche Kollisionen.

Dr. Joachim Friedhoff von der Firma Formtec ergänzte das Thema 5-Achs-Bearbeitung um den Bereich der Optimierung von Fräsprozessen. Dabei legte Friedhoff den Schwerpunkt auf die Harmonisierung von Bewegungsabläufen. Dabei wurde deutlich, wie sich Bewegungsbahnen unter Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden Achsdynamik verbessern lassen. Von der Simulationsseite ging das The-

ma Fräsoptimierung Dr. Tobias Surmann vom ISF an. Die am Institut entwickelte Simulationssoftware bildet dabei die Effekte der Prozessdynamik beim Fräsen auf die entstehende Werkstückoberfläche ab. Damit ist man nun in der Lage, mit Methoden der geometrisch-physikalischen Modellierung die Werkzeugbewegung des Fräsprozesses zu berechnen und aus der Analyse der Bewegungsinformationen

Mit nur drei Prozent haben die Werkzeugkosten den geringsten direkten Anteil an den Gesamtfertigungskosten. Der Einfluss des Werkzeugs auf die sonstigen Kosten und deren mögliche Reduzierung ist jedoch extrem hoch.

die resultierende Oberflächenstruktur zu generieren. Wer als Teilnehmer wollte, konnte sich in der Gegenüberstellung von Simulationsergebnissen und real gefräster Oberflächen von der Genauigkeit des Simulationstools überzeugen.

Wechselwirkungen zwischen Prozess und Maschine

Die Interaktion von Maschine und Bearbeitungsprozess war in Dortmund ein weiterer Tagungsschwerpunkt. Prof. Knut Großmann ging der Frage nach, ob nun der Prozess auf das Maschinenverhalten wirkt, oder ob die Maschine das Prozessverhalten beeinflusst. Mit Hilfe mehrerer Simulationsbeispiele zeigte der Direktor des Instituts für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik der Universität Dresden, dass ein optimales Prozess- und Maschinendesign nur dann erreicht werden kann, wenn die Verhaltensanalyse die Wechselwirkungen zwischen Prozess und Maschine hinreichend berücksichtigt. Großmann schloss mit dem Fazit, dass mit virtuellen Mitteln sowohl die prozessgerechte Maschinengestalt als auch die maschinengerechte Prozessgestalt ermöglicht wird.

Peter Wagner, Leiter Maschinenentwicklung bei Heller in Nürtingen, schloss sich dieser Aussage an, wies aber unter anderem darauf hin, dass es weiterhin noch erhebliches Potenzial zur Steigerung der Modellgenauigkeiten bei der Abbildung dynamischer Maschinen- beziehungsweise Prozessinteraktionen gibt. Wagner machte in Dortmund deutlich, welche Bemühungen aktuell unternommen werden, um Werkzeugmaschinen simulationsgestützt optimal zu gestalten. Dabei gilt es, Maschinen, mit all ihren Eigenschaften als dynamisches System zu verstehen und sich mit diversen Problemfeldern auseinanderzusetzen. Wagner nannte unter anderem die Drehzahlabhängigkeit der modalen Systemeigenschaften.

Dr. Georg Hanrath diskutierte verschiedene Konzepte zur Bearbeitung von Großteilen im Werkzeug- und Formenbau. Der technische Leiter von Dörries Scharmann differenzierte dabei im Wesentlichen zwei Strategien und brachte

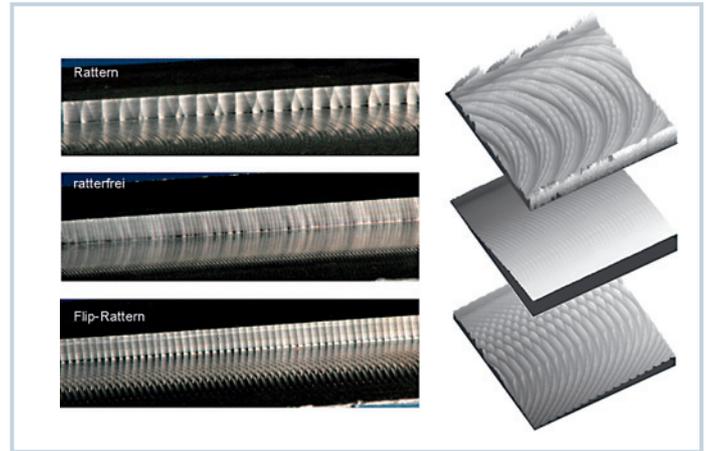


Prof. Klaus Weinert: »Eine erfolgreiche Optimierung der Prozesse setzt das Verständnis des Maschinenverhaltens und die Modellierung des Einflusses der Prozessparameter voraus.«

dabei auch deren Vor- und Nachteile zur Sprache. Im Gegensatz zu der normalerweise vorzufindenden ›Ein-Maschinenstrategie‹ finden bei der ›Zwei-Maschinenstrategie‹ die Schrupp- und die Schlichtbearbeitung auf zwei unterschiedlichen Maschinen statt. Bei Dörries Scharmann setzt man in diesem Zusammenhang auf Portal- oder Gantrybauweise mit zeitgemäßen Ausstattungsmerkmalen, beispielsweise Ferndiagnosemöglichkeiten. Aufspannplatten bis zu einer Breite von bis zu sechs Metern Breite und Verfahrwege von teilweise über 15 Metern sprechen für sich.

Werkzeuge fertigungsgerecht optimieren

Dass bei einem optimalen Prozess Fertigungsverfahren und Bearbeitungsaufgabe aufeinander abgestimmt sein sollten, versteht sich von selbst. Doch was so einfach klingt, erweist sich in der Praxis als Herausforderung. Ein Beispiel ist die Temperierung von Druckguss- oder Spritzgusswerkzeugen, beispielsweise in Form von Kühlbohrungen. Mit deren auch fertigungstechnisch optimalen Auslegung beschäftigte sich der Vortrag von Thomas Michelitsch vom ISF. Eine optimales thermisches Zeitprofil wirkt sich bekanntlich nicht nur günstig auf die Prozessqualität sondern auch auf die Produktionszeiten (Zykluszeiten) und damit auf die Herstellungskosten aus. Aufgrund der verschiedenen, teilweise auch gegenläufig wirkenden Zielkriterien wird dieses Problem als ›multikriterielle Optimieraufgabe‹ bezeichnet. Dabei gilt es die spezifischen Eigenschaften der dabei eingesetzten Werkzeugmaschine zu berücksichtigen. Michelitsch beschrieb, wie mit Methoden der Modellbildung und dem Einsatz von Optimierverfahren – beispielsweise Evolutionärer Algorithmen – Kühlsysteme auch nach fertigungstechnischen Gesichtspunkten optimal ausgelegt werden können. Wer als Teilnehmer wollte, konnte dies anschließend auch in Form einer 3D-Visualisierung im Virtual-Reality-Labor des Instituts live besichtigen. Rolf Krack von Schaufler Tooling beschäftigte sich mit der gießgerechten Gestaltung von Druckgussformen. Auch hier ist die Auslegung des Kühl- und Temperiersystems ein zentrales Thema. Vorrangiges Ziel ist es, eine optimale Teilequalität durch den Gießprozess bei möglichst hoher Standzeit des Werkzeugs zu erreichen. Dazu wird zunächst eine Erstarrungssimulation des Bauteils mit einheitlicher Formtemperatur auf Basis der FEM durchgeführt und analysiert. Die so gewonnenen Daten dienen dem Konstrukteur als

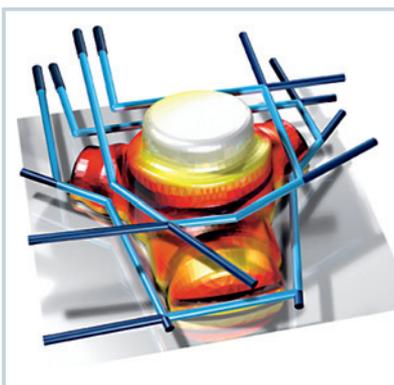


Auf Zeile: Beim Zeilenfräsen mit Schaftfräsern entstehen sowohl auf der Planfläche als auch auf der Flanke Oberflächenstrukturen, deren Ausprägung stark drehzahlabhängig ist. Hauptsächlich können aber drei unterschiedliche Oberflächentypen unterschieden werden, die durch die drei möglichen Schwingungstypen von Fräsworkzeugen (Rattern, ratterfrei und Flip-Rattern) hervorgerufen werden. Die Bilder links zeigen Flanken sowie die Planflächen, die durch diese drei Schwingungstypen hervorgerufen werden. Auf der rechten Seite sind die entsprechenden mikroskopischen Aufnahmen der Planflächenstruktur zu erkennen.

Hilfsmittel zur Gestaltung des Kühlsystems. Am Beispiel eines Motorblocks demonstrierte Krack, welche Wirkung Materialanhäufungen oder dünnwandige Bauteilstrukturen auf das Erstarrungsverhalten und den weiteren Temperaturverlauf haben. Da bei zu geringen Abständen zwischen Formfläche und Temperierbohrung die Gefahr von Spannungsrissen besteht, wurden die durch den Druckgießprozess im Werkzeug entstehenden thermischen Spannungen untersucht und die Simulationsergebnisse verifiziert.

Virtuell entwickeln und fertigen

Um den Prozess zur Serienreife zu optimieren, ist es unbedingt sinnvoll, das herzustellende Produkt selbst möglichst so perfekt zu entwickeln, dass der nachträgliche Änderungsaufwand – wovon der Werkzeugbau ja erheblich betroffen ist – reduziert wird. ›Virtual & Augmented Reality in der Produktentstehung‹ war das – in den Ohren vieler noch etwas futuristisch klingende – Thema von Jürgen Gausemeier vom Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn. Gausemeier demonstrierte am Beispiel eines Scheinwerfersystems, wie mit Hilfe von Virtual Prototyping die Produktentwicklung und Tests am virtuellen Prototypen unter Berücksichtigung der realen Gegebenheiten einer Teststrecke und der Witterungsbedingungen in das Labor geholt werden können. Darüber hinaus wurde eine Versuchsplattform vorgestellt, womit beispielsweise die Ergonomie ausgelegt und überprüft werden kann. Es handelt sich dabei um ein reales Fahrzeug, ohne Interieur, Säulen und Dach. Diese Fahrzeugkomponenten werden virtuell erzeugt und dem Fahrer durch eine 3D-Brille eingeblendet. Ein wichtiger Aspekt bei der Prozessoptimierung ist das Thema Automatisierung von Fertigungsschritten einhergehend mit der Organisation von Auftrags- und Fertigungsdaten. Dr. Claus Bremer von der BCT Steuerungs- und DV-



Evolutionär: Mit Methoden der Modellbildung und mit Hilfe sogenannter Evolutionärer Algorithmen lassen sich Kühlsysteme in Form von Temperierbohrungen auch nach fertigungstechnischen Gesichtspunkten optimal auslegen.

© 2007 Carl Hanser Verlag, München www.form-werkzeug.de Nicht zur Verwendung in Intranet- und Internet-Angeboten sowie elektronischen Verteilern.

Systeme in Dortmund erläuterte dies an Hand der Fertigung und Reparatur von Turbinenbauteilen. Ein spezielles Softwarepaket ermöglicht die Automatisierung der adaptiven Bearbeitungsprozesse und bietet so dem Bediener weitgehende Unterstützung bei der Überholung verschlissener Turbinenbauteile. Weiterhin ermöglicht das Konzept der ›virtuellen Werkstatt‹ ein internetgestütztes Datenmanagement, was die Verteilung einzelner adaptiver Reparatur-schritte auch auf unterschiedliche Standorte ermöglicht.

Werkzeugbau im Wandel

Natürlich ging es in Dortmund auch um Grundsätzliches im Werkzeugbau. Beispielsweise um die Frage, ob die Verlagerung von Produktionsstätten ins Ausland ein nicht aufzuhaltender Prozess darstellt, ein Aspekt, den Dr. Martin Kalveram von Seco Tools ansprach. Anhand der Zusammensetzung der Produktionskosten der letzten Jahre verdeutlichte Kalveram die Tatsache, dass die Werkzeugkosten mit nur drei Prozent der Gesamtfertigungskosten den geringsten direkten Anteil ausmachen, die Werkzeuge jedoch einen immensen Einfluss auf die sonstigen Kosten und deren mögliche Reduzierung haben. An die jeweilige Bearbeitungsaufgabe angepasste Werkzeugkonzepte bieten in Verbindung mit geeigneten Frässtrategien wie ›High Feed-Milling‹, Tauchfräsen oder trochoidalem Fräsen ein erhebliches Potenzial zur Steigerung der Produktivität. Beispielsweise lassen sich per ›High Feed‹ aufgrund veränderter Kraftbedingungen an der Wirkstelle Vorschubsteigerungen um den Faktor drei erzielen. So sei eine signifikante Produktivitätssteigerung erreichbar, die letztendlich zu einer beständigen Wettbewerbsfähigkeit auch in Hochlohnländern führt.

Welchem Wandel der moderne Werkzeugbau unterliegt, beschrieb Dr. Frank Albersmann von Volkswagen. Bislang war der Werkzeug- und Formenbau weitgehend auf die

wirtschaftliche Fertigung von Betriebsmitteln fokussiert. Künftig geht es auch darum, sich den Anforderungen von Mitgestaltung und Einbringung von Know-how in die Produktentstehung zu stellen. Das beinhaltet auch die komplette Ausarbeitung und Erprobung von Fertigungskonzepten. Auch hier ist der weltweite Wettbewerb in der Automobilbranche der Antrieb für ständig steigende Anforderungen. Kürzere Entwicklungszeiten und steilere Anlaufkurven halten den Druck zur Produktivitätssteigerung ständig aufrecht. Albersmann zeigte in Dortmund, wie man diesen Anforderungen durch intelligentere Fertigungsverfahren, Einbindung leistungsstarker Simulationswerkzeuge und detaillierter Produktionsplanung Rechnung tragen kann. Dabei ist die komplette Prozesskette, bei der das Betriebsmittel elementarer Bestandteil ist, zu betrachten. Der Einsatz der Simulationstechnik reicht dafür von Simu-

Bislang war der Werkzeug- und Formenbau weitgehend auf die wirtschaftliche Fertigung von Betriebsmitteln fokussiert. Künftig geht es auch darum, sich den Anforderungen von Mitgestaltung und Einbringung von Know-How in die Produktentstehung zu stellen. Das beinhaltet auch die komplette Ausarbeitung und Erprobung von Fertigungskonzepten.

lation des Umformprozesses bis hin zur Kinematiksimulation der Mechanisierung, durch die die Machbarkeit abgesichert und der Ablauf optimiert wird.

Dr. Patrick Damm von Thyssen Krupp Bielstein Suspension wies in diesem Zusammenhang darauf hin, dass Maßnahmen zur Erhaltung und Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit eines Werkzeugbaus nicht auf technische Bereiche beschränkt sind und möglicherweise organisatorische Änderungen notwendig machen. So lassen sich durch ständige Verbesserung der Geschäftsprozesse, konsequente Ausrichtung auf die Kernkompetenzen und Reorganisation der Aufbaustruktur der nachhaltige Markterfolg sicherstellen. Ein Benchmarking mit anderen aus der Branche kann dabei zur Erfassung des Ist-Zustandes und zur Erschließung von Verbesserungspotenzial dienen. ■