

# NCFertigung

DAS FACHMAGAZIN FÜR SPANGENDE METALLBEARBEITUNG

## ALLES IN EINER MASCHINE

Mechatronische Simulation  
überzeugt Investor von der  
Produktivität eines innovativen  
Maschinenkonzepts



SONDERDRUCK AUS HEFT 5, SEPTEMBER 2007

Mechatronische Simulation überzeugt Investor von der Produktivität eines innovativen Maschinenkonzepts

## ALLES IN EINER MASCHINE

von Peter Hofsäb Mit einer HSC-Maschine für Aluminium bei angepassten Vorschub- und Regelparametern auch Titan und Stahl bearbeiten – das spart Invest und Stellfläche, ganz besonders wenn es um die Fertigung richtig großer Teile geht. Doch so bestechend einfach die Grundidee, so anspruchsvoll ist ihre Umsetzung. Das wissen auch Investoren, und pochen auf einen Beleg für Funktionstüchtigkeit und Produktivität des Konzepts. Nun: Gibt es keine Referenzmaschine, dann kann man sie ja rechnen lassen ...

**D**ie Firma EiMa Maschinenbau aus Frickenhausen bei Stuttgart ist Spezialist für Sondermaschinen. Aus dem Baugroßholzbearbeitungszentren – in der Vergangenheit eines der wichtigs-

ten Geschäftsfelder des Unternehmens – hat man viel Erfahrung mit im Vergleich zur Stahlbearbeitung relativ leichten Konstruktionen gesammelt, ebenso mit Portalanlagen verschiedenster Größen

und mit hohen Abtragsleistungen. Als in den Holzbranchen der Bedarf an neuen Sondermaschinen zurückging, hat EiMa diese Erfahrungen sehr erfolgreich in Lösungen zur Bearbeitung von Aluminium,



Kunststoff und Verbundwerkstoffen umgesetzt.

Schwerpunkt dabei sind „High Speed Cutting“-Applikationen (HSC), denn Investoren legen verständlicherweise gerade bei Sondermaschinen Wert auf eine schnelle Amortisation: Hohe Abtragsleistungen sind neben schnellem Werkzeug- und Werkstückwechsel mit der wichtigste Beitrag zu hoher Produktivität.

Know-how bei der mechatronischen Abstimmung führt zu neuem Maschinenkonzept

Bei HSC-Maschinen ist die mechatronische Abstimmung von Konstruktion, Antrieben und Regelungstechnik besonders wichtig, damit ein für die erforderliche Präzision ausreichend steifes Gesamtverhalten erzielt wird. Die EiMa-Ingenieure nutzen hierbei die Freiheitsgrade, die Sinumerik-CNCs und durchgängige Antriebstechnik bieten. Sie haben einen offenen Blick entwickelt für die Perspektiven, die sich aus den regelungstechnischen Freiheitsgraden eines Automatisierungssystems ergeben. Dabei erkannte man, dass dank der heute zur Verfügung stehenden Steuerungstechnologie mit einer geschickt ausgelegten HSC-Maschine für Aluminium prinzipiell auch die Schwerbearbeitung von Stahl und anderen harten Werkstoffen möglich ist.

In einigen kleineren Projekten stellte EiMa überzeugend unter Beweis, dass die beiden grundlegend verschiedenen Bearbeitungstechnologien in einer Maschine vereinigt werden können.

Den größten Nutzen bringt die Fusion von HSC- und Schwerbearbeitung jedoch in einem Bearbeitungszentrum für wirklich großvolumige Teile. Hier wird sehr viel Geld und Platz eingespart, da sich Anschaffung und Aufstellung einer zweiten Großmaschine für die Schwerbearbeitung erübrigen. Die erste Gelegenheit, eine solche Maschine im großen Maßstab zu bauen, ergab sich anlässlich der Anfrage eines renommierten europäischen Luft- und Raumfahrtkonzern nach einer Fünf-Achs-HSC-Portalfräsanlage für großvolumige Teile aus Alu und CFK (Kohlefaser-Kunststoff). Gefordert waren ein Verfahrbereich von 9.800 x 4.000 x 1.500 mm (x, y, z) sowie eine Abtragsleistung von 5 l Aluminium pro Minute.

In der Luft- und Raumfahrtindustrie wird häufig auf Titan zurückgegriffen, wenn mit Aluminium die geforderte Festigkeit des Bauteiles nicht erreicht werden kann. Der Investor ist deshalb von dem Lösungsvorschlag begeistert, der auf der HSC-Maschine für das vorwiegend eingesetzte Alu auch die Schwerbearbeitung von Titan ermöglicht. Das erspart ihm eine separate Maschine für die Bearbeitung größerer Werkstücke aus Titan.

Doch will der Investor sichergehen, dass das innovative Konzept auch bei einer derart großen Portalspannweite und bei so weiten Verfahrenswegen funktioniert. Er verlangt den Nachweis, dass in dieser Skalierung die geforderte Produktivität, Präzision und Oberflächengüte zuverlässig erbracht wird. Eine Referenzmaschine

für das neue Maschinenkonzept in einer auch nur annähernd vergleichbaren Größenordnung gab es zu diesem Zeitpunkt aber nicht.

In dieser Situation sucht EiMa einen Partner, der das Maschinenkonzept prinzipiell bestätigt und die Auslegung der Maschine verantwortlich verifiziert. „Dabei kam der Siemens-Mechatronik-Support mit ins Boot“, berichtet Gunther Nagel. Er ist Konstruktionsleiter der Firma EiMa. „Das lag nahe, denn mit Steuerungs- und Antriebstechnik von Siemens haben wir gute Erfahrungen gemacht, und die Zusammenarbeit mit dem Support klappt reibungslos.“ Allerdings erntete man bei der Vorstellung des Maschinenkonzeptes angesichts der Dimensionen der geplanten Maschine auch beim Mechatronic-Support zunächst skeptische Reaktionen. Bei hausinternen Überschlagsberechnungen war man bei EiMa aber schließlich ebenfalls zu der sicheren Überzeugung gekommen: Es geht!

Anhand eines 3D-Modells der grundlegenden Maschinenstruktur und einer Grobskizze der Achsführungen erstellte Siemens ein erstes FEM-Modell, das die Funktionstüchtigkeit des von EiMa eingeschlagenen Wegs bestätigte. EiMa stellte dieses FEM-Modell dem Endkunden vor – und bekam den Zuschlag. Das positive Votum des Mechatronic-Supports und seine Einbindung in die strukturdynamische Optimierung der Maschine gaben dem Endkunden die Sicherheit, die er für seine Investitionsentscheidung braucht. Die me-



Mit diesem HSC-Fünf-Achs-Fräszentrum für großvolumige Alu- oder CFK-Teile können auch Titan und Stahl bearbeitet werden. Eine Simulation des Siemens-Mechatronik-Support überzeugte den Investor von der Funktionsfähigkeit und Produktivität der innovativen Idee.

chatronische Optimierung der geplanten Maschine anhand der FEM-Modelle des Mechatronic-Supports wurde Bestandteil des Vertrags zwischen Maschinenbauer und Luft- und Raumfahrt-Konzern.

Die mechatronische Optimierung einer Maschine setzt eine partnerschaftliche Kooperation zwischen dem Maschinenbauer und dem Mechatronic-Support voraus. Sobald die grundlegende Konstruktion eines Maschinenmoduls vorbereitet war, stellte EiMa die Konstruktionsdaten dem Mechatronic-Support für die Vorbereitung der FEM-Modelle zur Verfügung.

Anhand der Soll-Daten zu Maschinenproduktivität und Fertigungspräzision sowie den von EiMa geplanten Spindeldrehzahlen und Vorschubgeschwindigkeiten ermittelte der Mechatronic-Support die zur Konstruktion passende Antriebsauslegung. Die dynamischen Eigenschaften dieser Antriebe wurden dann in der mechatronischen Simulation der Strukturmechanik berücksichtigt. Eine solche Simulation gibt Aufschluss über die resultierende Eigenfrequenz der Maschine und die im Betrieb auftretenden Kräfte. Zudem wird deutlich, welche Details der Konstruktion oder der Antriebsauslegung die mit dem Maschinenkonzept mögliche Performance vorzeitig limitieren.

Die Simulationsergebnisse wurden von den Maschinenbauern und dem Mechatronic-Support-Team in zwei gemeinsamen Treffen diskutiert und bewertet. EiMa optimierte darauf hin die Konstruktion dort, wo es laut Simulation noch Spielraum für eine Performanceverbesserung gab. Diese Änderungen wurden dann in die FEM-Modelle der Maschinenelemente übernommen und die Simulation wiederholt.

Konstruktionsleiter Gunther Nagel: „Schon mit der ersten Optimierung unserer Konstruktion anhand der Simulationsergebnisse konnten wir die Eigenfrequenz der Maschine um über 15 Prozent erhöhen. Der zweite Zyklus brachte noch einmal gut 5 Prozent.“

Auf einen dritten Optimierungszyklus verzichtete man, da nur noch eine Verbesserung im Zehntelprozent-Bereich zu erwarten war. Bei der gemeinsamen Erörterung, was man tun könnte, um die Eigenfrequenz noch weiter zu erhöhen, stellte der Ansprechpartner beim Mechatronic Support, Dr. Berkemer klar: „Dazu müssten wir eine ganz neue Maschine bauen.“ Damit war für EiMa klar: Die strukturdynamische Optimierung der Maschine ist abgeschlossen.

Neue Simulationsverfahren bieten inzwischen sogar die Möglichkeit, aus dem FEM-Modell eine optimierte Bauteilstruktur unter vorgegebenen Randbedingungen automatisch generieren zu lassen und als CAD-Datensatz an den Kunden

zu liefern. Auch derartige Berechnungen können durch den Mechatronic-Support angeboten werden.

Aus den FEM-Berechnungen ergab sich, dass für die x- und y-Achse nur Linearantriebe in Frage kamen, die daraufhin entsprechend der Empfehlung von Siemens projektiert wurden. Es ging an die verbleibende Detailkonstruktion und den Bau der Maschine.

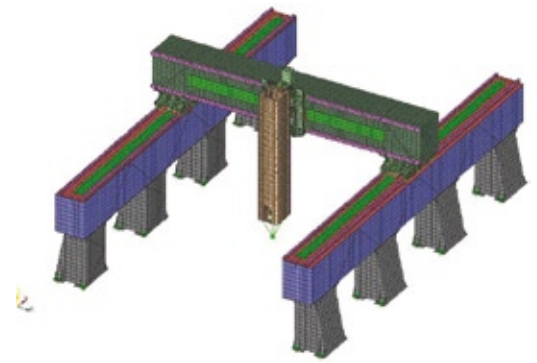
Auch für eine künftige Skalierbarkeit der Maschine ergeben sich beim Einsatz von Linearantrieben Vorteile für EiMa, da diese Antriebe ein gleichmäßiges dynamisches Verhalten selbst über lange Verfahrswege aufweisen. Darüber hinaus bietet das vorhandene FEM-Modell die Möglichkeit, die Auswirkungen auf die Maschinendynamik bei Änderung der Achslänge rasch zu überprüfen.

Irgendwann kommt der Tag X, an dem zu ersten Mal der Hauptschalter betätigt wird. Konstruktionsleiter Nagel erinnert sich: „Den geforderten Spindelvorschub haben wir sehr schnell erreicht. Die Antriebseinstellungen haben wir zusammen mit den Experten von Siemens optimiert: einerseits für die Leistungsbearbeitung und andererseits für die Fünf-Achsbearbeitung mit optimierter Oberflächenqualität.“

Schon die ersten Fräsversuche wurden vom Endkunden sehr positiv bewertet. Kein Wunder: Es wurde nicht nur die mit Spannung erwartete Spanleistung und Fertigungspräzision für Titan erreicht. Im HSC-Betrieb hatten die kooperierenden Partner statt der geforderten 5 l/min Aluminium volle 8 l/min Alu-Zerspanleistung aus der Konstruktionsidee herausgekitzelt.

„Das ging nur gemeinsam mit dem Mechatronic-Support“, betont EiMa-Geschäftsführer Markus Eisold. „Die neue Technologie, die schiere Größe der Maschine in Verbindung mit den Leistungsdaten, die der Endkunde forderte – alleine hätten wir diese Chance nicht bekommen.“ Und er hebt gleichzeitig die Qualität der Kooperation hervor: „Wir haben es sehr geschätzt, dass Dr. Berkemer nicht nur die Simulationstheorie, sondern auch die maschinenbauliche Praxis kennt. Er konnte die in den Sitzungen aufkommenden Ideen und Überlegungen zur weiteren konstruktiven Optimierung der Maschine sofort bewerten. Das hat das Vorgehen sehr beschleunigt.“

Mit der in beeindruckendem Maßstab realisierten Idee, auf einer HSC-Maschine auch Schwerbearbeitung durchzuführen, ist EiMa der sehr erfolgreiche Einstieg in ein neues, strategisch wichtiges Marktsegment gelungen. Für den Vertrieb hat sich die mechatronische Modellierung der Maschinenidee gegenüber einer Refe-

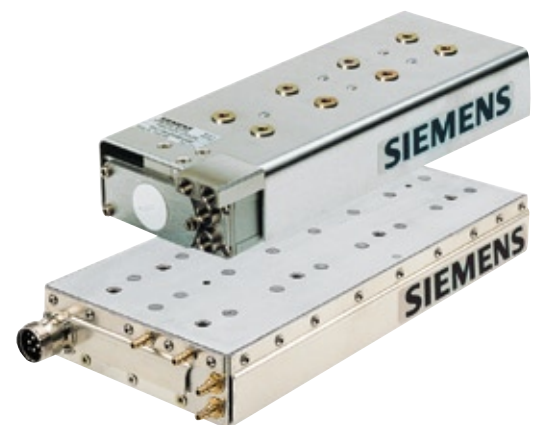


**Die strukturdynamische Simulation gibt Aufschluss über Eigenfrequenzen, im Betrieb auftretende Kräfte und limitierende Faktoren der Konstruktion oder Antriebsauslegung. Zudem ermöglicht sie sehr genaue Prognosen zu Produktivität und Fertigungsgenauigkeit.**

renzmaschine als gleichwertig oder sogar überlegen erwiesen, denn sie hat gleichzeitig den Bau eines Prototyps erübrigt, sowie Engineering und Inbetriebsetzung deutlich vereinfacht und beschleunigt.

Dabei trägt die Zusammenarbeit mit dem Mechatronic-Support in diesem Projekt für EiMa auch langfristig Früchte. So hat man inzwischen aus dem mechatronischen Modell der großen „Gamma XL linear“ mehrere Folgeprojekte für den Wachstumsmarkt Aerospace abgeleitet. Noch während der Bauphase der ersten Maschine wurden – allein mit dem FEM-Modell und der Maschinensimulation – neue, zusätzlich Aufträge akquiriert, unter anderem für den Kabinenbau eines russischen Flugzeugherstellers. ✓

[www.siemens.de](http://www.siemens.de)  
Halle 25, Stand C 19



**Nur mit Linearantrieben können auf der großen Maschine die Gesamtsteifigkeit und Bearbeitungsdynamik erreicht werden, die sowohl HSC- als auch Schwerbearbeitung ermöglichen.**