

Dr. Charles Clarke

NX CAM TURBOMACHINERY MILLING (FRÄSBEARBEITUNG FÜR TURBOMASCHINEN) – PRODUKTBESPRECHUNG

Markttreiber	3
Bestehende Spezialanwendungen	4
Software der neuen Generation für mehr Flexibilität.....	4
Spezielle Vorgänge für Blisks und Impeller	5
Gesteuertes Schruppen	6
Flexibilität bei der Musterauswahl	6
Restfräsen	7
Kontrolle der Werkzeugachse	7
Arbeiten mit qualitativ schlechten 3D-Geometrien.....	8
Der Wert einer umfassenden CAD-CAM-Lösung	8
Fazit.....	9

Einführung

Die Entwicklung von CAD/CAM-Technologie ist inzwischen so weit fortgeschritten, dass einstmals moderne Funktionen wie die 5-Achsen-Programmierung mittlerweile alltäglich sind. Die technologischen Fortschritte ermöglichen es Anbietern von Software jedoch, weiter in Spezialbereiche vorzustoßen und ihren Kunden dadurch noch wertigere Lösungen anbieten zu können. Das Ergebnis sind neue CAD/CAM-Erweiterungsanwendungen (oft als Add-Ons bezeichnet), die mit ihrer hohen Präzision und Leistungsfähigkeit auf besondere Anforderungen in speziellen Branchen ausgelegt sind. Diese Zusatzanwendungen verringern die Notwendigkeit spezieller eigenständiger Anwendungen, die außerhalb der Standardsysteme des Unternehmens betrieben werden müssen.

Diese Besprechung befasst sich mit einem Beispiel für diese neuartigen, modernen Anwendungen, und zwar mit NX Turbomachinery Milling, einem von Siemens PLM Software im Rahmen seiner Teilefertigungslösungen in NX 7 vorgestellten Zusatzmodul.

Die neue Software wurde in enger Zusammenarbeit mit wichtigen Kunden entwickelt. Dieser Markt wird hinsichtlich CAD/CAM-Lösungen von Siemens PLM Software dominiert. Unternehmen wie Pratt and Whitney, GE Aircraft Engines, Rolls-Royce sowie viele andere große Hersteller und Lieferanten für Flugzeugmotoren und Motoren zur Energieerzeugung zählen zu wichtigen Kunden von Siemens. Interne Abteilungen wie Siemens Power Generation arbeiten ebenfalls sehr viel mit der Software.

Dr. Charles Clarke

Charles Clarke ist ein anerkannter Berater und Verfasser von Arbeiten zu CAD/CAM/CAE- und PLM-bezogenen Themen. Mit Erfahrung in der Konstruktion, der CAD/CAM-Branche und mit direkter Erfahrung bei der Planung und Implementierung dieser Systeme für namhafte Unternehmen verfügt er über das nötige Wissen, das für Produktbewertungen erforderlich ist. Dr. Clarke schreibt regelmäßig für verschiedene Branchenzeitschriften in Großbritannien sowie in anderen Ländern.

Markttreiber

Die neuesten Turbinensysteme arbeiten überaus effizient in vielen Anwendungsbereichen von der Energieerzeugung bis hin zu Flugzeugantrieben. Dies ist einer der Gründe für die steigende Nachfrage nach Komponenten mit mehreren Schaufeln, die wichtiger Bestandteil von Turbinenmotoren sind.

In den letzten zehn Jahren ist man dazu übergegangen, die Turbinenschaufeln (oft als Blisks bezeichnet) für Flugzeugmotoren am Stück zu fertigen statt aus einzelnen Schaufeln, die dann an einer relativ komplexen Nabe befestigt werden mussten. Dieses einzelne Teil ist üblicherweise leichter, was eine weitere Effizienzsteigerung mit sich bringt. Der Trend zur Verwendung dieser Turbinenscheiben hat sich vom militärischen auf den kommerziellen Bereich ausgeweitet, was zu dieser zusätzlichen Nachfrage geführt hat.

Die Bearbeitung von Blisks oder Impeller mit mehreren Schaufeln stellt jedoch zusätzliche Anforderungen an die NC-Programme, die zur Steuerung der

Üblicherweise bietet die CAM-Software für 5-Achsen-Bearbeitungszentren nicht diejenigen Arbeitsvorgänge, die speziell für die einfache und effektive Programmierung von Komponenten für Turbomaschinen entwickelt wurden.

modernen mehrachsigen Werkzeugmaschinen erforderlich sind, die für diese Arbeit verwendet werden. Obwohl viele Anbieter von CAM-Systemen diese anspruchsvollen Komponenten zur Illustration ihrer Software für 5-Achsen-Bearbeitungszentren verwenden, stellt erst die Programmierung für die Produktion die wahre Bewährungsprobe dar. Leider ist eine Software für 5-Achsen-Bearbeitungszentren in vielen Fällen nicht nur für diesen Aufgabenbereich bestimmt, sondern als Mehrzwecklösung konzipiert. Üblicherweise bietet die CAM-Software für

5-Achsen-Bearbeitungszentren nicht diejenigen Arbeitsvorgänge, die speziell für die einfache und effektive Programmierung von Komponenten für Turbomaschinen entwickelt wurden.

Bestehende Spezialanwendungen

Für einige Zeit wurde die Programmierung und Bearbeitung komplexerer Turbinenschaufeln, Blisks und Impeller mithilfe spezieller Werkzeugmaschinen und NC-Programmiersoftware durchgeführt, die entweder zusammen mit der Werkzeugmaschine geliefert oder von einem spezialisierten Anbieter von Software erworben wurde. Für viele Unternehmen ist dies kein ideales Szenario, zumindest hinsichtlich der Software, da sie bevorzugt eine Anwendung verwenden würden, die mit dem Rest ihrer Vorgänge konsistent ist. Das Problem hierbei sind nicht nur die vielen verschiedenen Anbieter sowie Datenübertragungen und -umwandlungen, sondern auch Probleme mit der Datenverwaltung und der Revisionskontrolle. Für größere Unternehmen stellt es ein Problem dar, dass diese Anwendungen normalerweise nicht in das System für das Produktdatenmanagement (PDM) integriert sind und somit zusätzliche Kosten für eine effiziente Datenverwaltung verursachen. Außerdem können diese einzigartigen und speziellen Pakete sehr teuer in der Anschaffung und der Wartung sein.

Software der neuen Generation für mehr Flexibilität



*Beispiel eines Bliskmodells,
das mit NX CAM
Turbomachinery Milling
programmiert werden kann.*

Mit der aktuellsten Version von NX hat Siemens PLM Software eine spezielle Zusatzanwendung für die etablierte NX CAM-Software vorgestellt, die ausschließlich für die Bearbeitung der Komponenten für Turbomaschinen konzipiert wurde. Wenn Siemens PLM von Turbomaschinen spricht, dann bezieht sich das nicht nur auf Blisks und Impeller. Die Anwendung könnte selbstverständlich auch für Propeller oder andere Rotationsteile mit mehreren Schaufeln verwendet werden. Turbomaschinen ist der Oberbegriff für alle diese Bereiche.

Ein wichtiges Ziel der neuen Software NX Turbomachinery ist es, den Benutzern diese komplexe Programmierung so einfach wie möglich zu machen. Das System bietet zweckgerichtete Optionen, die den Benutzer Turbomaschinen besser verstehen lassen. Der Grundgedanke ist, einfach die Geometrie auszuwählen und in der Software die gewünschten Schaufeln sowie den erforderlichen Arbeitsvorgang einzugeben. Anschließend müssen Sie nur noch auf „Los“ klicken und schon liefert das System eine komplett schadens- und kollisionsfreie Werkzeugbahn für die gesamte Komponente, ohne dass weitere Bearbeitungen oder Änderungen nötig sind. Mit generischer Software

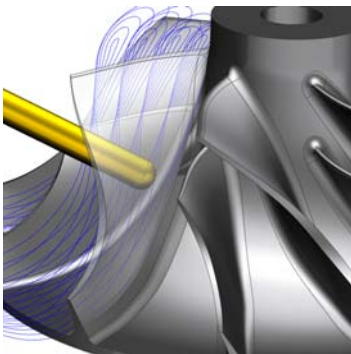
würde vermutlich bereits die Erstellung einer Werkzeugbahn zwischen zwei Schaufeln mit einem Splitter Stunden dauern. Mit NX Turbomachinery Milling dauert es nur etwa zwei Minuten.

Da alle Hersteller üblicherweise anders arbeiten, wurde bei NX Turbomachinery Milling darauf geachtet, das Bearbeitungsmodul für die Schaufeln so flexibel wie möglich zu gestalten. Bei einigen CAM-Softwareanwendungen kann nur dann zwischen den Schaufeln gearbeitet werden, wenn die Schaufeln gerade sind. Wenn die Schaufeln vom Mantel zur Nabe hin eine Krümmung beschreiben, können sie mit dem System nicht gefertigt werden. In NX CAM gibt es keine derartigen Einschränkungen. Bei einigen Laufrädern befinden sich zwischen den Hauptschaufeln des Laufrads kleinere Schaufeln, die sogenannten Splitter. Einige Systeme lassen die Programmierung von Splitttern überhaupt nicht zu und im Allgemeinen kann selbst mit den leistungsstärksten Systemen maximal ein Splitter gefertigt werden. Mit NX können bis zu sechs Splitter programmiert werden.

Spezielle Vorgänge für Blisks und Impeller

Mit der neuen NX-Anwendung gestaltet sich die Arbeit mit dem System für den Programmierer einfach und intuitiv, da er aus Menüs mit Namen wie „Schaufel“, „Splitter“ und „Nabe“ auswählen kann. Das System ist darauf ausgelegt, bestimmte Geometrietypen zu verarbeiten. Sie müssen also lediglich angeben, wo sich diese Geometrietypen befinden, und das System erledigt den Rest.

Wenn sich ein Splitter zwischen den Hauptschaufeln befindet, müssen Sie dem System sagen, wo die Hauptschaufeln sind. Anschließend geben Sie das zu verwendende Werkzeug an und dass mit einem Schrappvorgang gearbeitet werden soll. Sie müssen prüfen, ob die Vorschubrate und die Schrittweite passen und wie viel Material am Werkstück verbleiben soll. Die Eingabe dieser Daten dauert etwa eine bis zwei Minuten und dann können Sie von der Software eine Werkzeugbahn erstellen lassen. Die Verarbeitung der Daten dauert wiederum eine bis zwei Minuten und schon ist die Werkzeugbahn berechnet.



Beispiel einer Werkzeugbahn für einen Schruppvorgang.

Gesteuertes Schruppen

Beim Schruppen können Sie beispielsweise die zu entfernende Materialmenge für jede Werkzeugbahn beschränken, so dass Sie zum Beispiel die obere Hälfte der Schaufel in einem einzigen Arbeitsvorgang fertigen können. Da die Schaufeln von Impeller in der Regel lang sind, haben Sie es am Ende der Schaufel praktisch mit einem langen Hebelarm zu tun, bei dem es bei der Bearbeitung zu erheblichen Abweichungen von der Schaufelform kommen kann. Wenn die Schaufel bei diesen Bearbeitungsvorgängen nun durch den Großteil des Rohteils so gut wie möglich stabilisiert wird, dann kann diese Abweichung aufgrund der Bearbeitung minimiert werden.

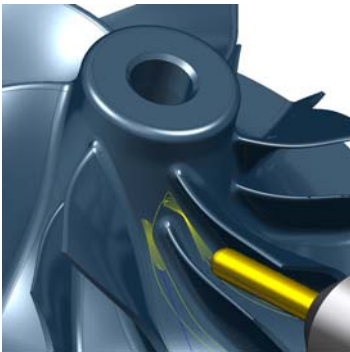
Normalerweise werden zuerst die oberen 50 % des Werkstücks geschruppt und anschließend die oberen 40 % geschlichtet. Dann werden die unteren 50 % geschruppt und die restlichen 60 % geschlichtet. Bei harten Titanlegierungen wird üblicherweise mit zwei Schnitttiefen gearbeitet. Folglich werden zwei Schrupp- und zwei Schlichtvorgänge durchgeführt.

Flexibilität bei der Musterauswahl

Obwohl die Automatisierung für eine schnellere und einfachere NC-Programmierung wichtig ist, müssen Sie flexibel genug sein, um so arbeiten zu können, wie Sie es möchten. In NX stehen Ihnen zahlreiche Optionen zur Verfügung, die Sie auf Wunsch verwenden können. So findet NX beispielsweise die Ein- und Austrittskanten der Schaufel zwar automatisch, aber Sie haben dann die Möglichkeit, diese Positionen entsprechend der von Ihnen gewünschten Werkzeugbahn anzupassen. Sie können festlegen, welche Ecke Sie als Ausgangspunkt für das Bearbeitungsmuster verwenden möchten, Sie können die Art des Musters bestimmen (Gleichlauf oder Zickzack), Sie können angeben, ob der Übergang von der linken zur rechten Schaufel erfolgen soll, dass die Bearbeitung in 20 Schnittbewegungen durchzuführen ist, oder Sie können eine Bogenkantenhöhe von 0,2 mm, eine Schnitttiefe von 6 mm oder einen Werkzeugeingriff von 20 % definieren usw.

Restfräsen

Ein Bereich, in dem die Anwendung von Siemens einen besonderen Vorteil gegenüber einigen anderen Systemen verspricht, ist das Restfräsen. Die NX-Software verwaltet ein aktives oder „sich in Bearbeitung befindendes“ Modell des Werkstücks, so dass das System stets genau weiß, wie viel Material bereits abgetragen wurde und wie viel noch übrig ist. Wenn beispielsweise ein größeres Schneidwerkzeug Material zwischen der Basis des Splitters und einer Hauptschaufel stehen lässt, kann NX CAM dieses nicht abgetragene Material durch einfaches Klicken auf eine Schaltfläche automatisch erkennen. Dadurch verringert sich der Programmieraufwand und die Bearbeitung ist effizienter. Diese Vorgehensweise funktioniert auch für Dreh- und Fräsvorgänge, was für Turbomaschinen sehr hilfreich ist, da für viele Rotationsteile beide Arten von Bearbeitungen erforderlich sind.



Beispiel einer Werkzeugbahn für Restfräsen.

Kontrolle der Werkzeugachse

Sie können auch die Werkzeugachse beschränken und festlegen, wie stark das Werkzeug gekippt werden soll. Besonders wichtig ist dies bei der Verwendung von Kugel- und Schafffräsern, bei denen die untere Spitze keine Schneidkante hat, damit Sie durch Kippen des Werkzeugs eine Eintrittskante fertigen können. Sie können den Kippwinkel für die Ein- und Austrittskanten separat festlegen und die Werkzeugachse wird dazwischen interpoliert. Sie können diese Parameter am Mantel und an der Nabe festlegen und die Software interpoliert die erforderlichen Schritte für den Übergang von einem zum anderen.

Die größten Abweichungen der Werkzeugachse treten an den Ein- und Austrittskanten auf, da ihre größte Krümmungsänderung in diesem Bereich auftritt. Um diese Abweichungen zu minimieren, können Sie die Werkzeugachse auf den Wert nahe der Ein- bzw. Austrittskante der Schaufel einstellen. Sie können angeben, dass innerhalb von 20 mm um die Ein- bzw. Austrittskante die Stellung der Werkzeugachse für den restlichen Schneidvorgang beibehalten werden soll. Was Sie auf jeden Fall vermeiden möchten, sind schnelle Stellungsänderungen der Werkzeugachse, da dies zu einer Beschädigung der Oberfläche des Werkstücks bzw. des Werkzeugs führen kann. Oftmals kann schon eine kleine Stellungsänderung der Werkzeugachse zu einer beträchtlichen Änderung an der Schneidkante des Werkzeugs führen. NX hilft Ihnen beim Umgang mit der Änderungsrate für die Stellung der Werkzeugachse. Siemens plant die Implementierung einer speziellen Funktion zur Bearbeitung

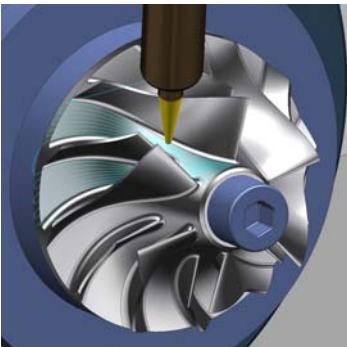
von Schaufelkanten, damit diese Arbeit ebenso schnell und einfach durchgeführt werden kann wie die anderen Arbeiten, die in der neuen Software bereits durch eine spezielle Funktion für Schaufeln und Blisks abgedeckt sind.

Arbeiten mit qualitativ schlechten 3D-Geometrien

Andere CAM-Systeme sind bei der Art der als Grundlage zur NC-Programmierung für diese komplexen Teile verwendbaren 3D-Geometrien sehr eigen. Das Finden und Beheben von Problemen mit der CAD-Modellmathematik kann eine aufwändige und zeitraubende Aufgabe sein. Hier ermöglicht die neue NX-Software eine enorme Zeitersparnis, da diese geometrischen Probleme mit dem Modell vor der Programmierung nicht behoben werden müssen. NX CAM kann diese importierten Geometrien ohne die übliche Beseitigung von Problemen und ohne Neumodellierung direkt zur Erstellung einwandfreier Werkzeugbahnen verwenden. Dadurch entfällt die stundenlange Modellvorbereitung vor der NC-Programmierung.

Der Wert einer umfassenden CAD-CAM-Lösung

Ein Vorteil der NX-Lösung liegt darin, dass die CAM-Software Bestandteil einer umfassenden Suite von Anwendungen ist, die in der Fertigungsplanung verwendet werden kann, in der alles mit einem gemeinsamen Teilemodell in Verbindung steht. Mit NX kann der NC-Programmierer auf ein komplettes Portfolio von NX CAD-Tools zugreifen, das falls nötig die Erstellung eines 3D-Modells aus einer Zeichnung ermöglicht. Durch den konsistenten Modellansatz werden bei der Aktualisierung der Geometrie auch die abhängigen Daten wie die NX CAM-Werkzeugbahn oder die NX CMM-Inspektionsprogramme aktualisiert. Des Weiteren können Sie mit denselben CAD-Funktionen auch alle anderen für den Abschluss des Prozesses erforderlichen Objekte modellieren, von Werkzeugen und Haltevorrichtungen bis hin zu vollständigen 3D-Modellen der Werkzeugmaschine inklusive kompletter Kinematik zur Simulation der Bearbeitung.



Beispiel einer Simulation auf G-Code-Basis mit einem Werkzeugmaschinenmodell in NX CAM.

Fazit

Angesichts der Anzahl an Demonstrationen von CAM-Systemen, in denen Simulationen der 5-Achsen-Software an Impeller gezeigt werden, könnte man meinen, dass jedes CAM-Paket zur Programmierung dieser komplexen Teile verwendet werden kann. Obwohl die Verfügbarkeit von CAM-Software zur Programmierung mehrerer Achsen in den letzten fünf Jahren enorm zugenommen hat, gibt es nach wie vor große Unterschiede bei der Leistungsfähigkeit der verschiedenen verfügbaren Angebote. Diese Unterschiede werden noch deutlicher, wenn etablierte Systeme wie NX CAM (ehemals Unigraphics CAM) für sehr spezielle Anwendungsbereiche wie das Fräsen von Turbomaschinen verwendet werden.

Mit dieser Version setzt Siemens neue Maßstäbe in puncto Leistungsfähigkeit. Siemens kündigt jedoch bereits weitere Sonderfunktionen an, die noch hinzugefügt werden sollen. So ist beispielsweise von einem speziell für die Verrundungen der Schaufeln konzipierten Fräsvorgang die Rede, damit Sie nicht länger mit den derzeit in NX CAM verfügbaren Standardfräsoptionen arbeiten müssen.

NX CAM mit seinen bewährten Funktionen sollte vor allem Kunden ansprechen, die sich eine leistungsstarke Programmierung von Komponenten mit mehreren Schaufeln wie Impeller und Blisks wünschen, dabei aber nicht auf die zusätzlichen Funktionen verzichten möchten, die von einem großen Anbieter von CAD/CAM-Lösungen wie Siemens angeboten werden.