

Probleme früh erkennen und vermeiden

Worst Case Maschinenschaden: Wenn Maschinenkopf und Werkstück, Werkzeug und Spannmittel oder Spindel und Maschinentisch zusammenstoßen, wird es teuer. Schon das Erkennen und Vermeiden möglicher Kollisionen führt oft zu ungewollten Ausfallzeiten. Das muss nicht sein.

VON FABIAN JUD

BEI EHER einfachen Maschinen gelingt es dem aufmerksamen Maschinenbediener in der Regel, mögliche Kollisionen visuell zu erkennen und rechtzeitig den Notaus-Knopf zu drücken. Bei modernen Hochleistungsmaschinen wie Dreh-Fräs-Zentren oder simultanen 5-Achs-Maschinen aber machen es schnelle und komplexe Bewegungen unmöglich, die Bearbeitung manuell zu unterbrechen. Deshalb wird die Maschine bei Kollisionsgefahr durch integrierte Schutzmechanismen automatisch angehalten. Doch gleich, ob die Maschine manuell oder automatisiert gestoppt wird – das Ergebnis ist dasselbe: Die Maschine steht still.

Um Maschinenstillstandszeiten zu verhindern, sollten Kollisionen noch vor der realen Bearbeitung erkannt und vermieden werden. In diesem Zusammenhang

konkurrieren bei Anbietern von CAD/CAM- und Simulationssoftware drei unterschiedliche Lösungsansätze. Alle drei Modelle nutzen für die Verifikation der Werkzeugwege digitale Zwillinge der realen Fertigungsumgebung.

Kollisionen vor der Bearbeitung vermeiden – drei Modelle

Modell 1: Bei diesem Lösungsansatz wird das NC-Programm zunächst in der CAM-Umgebung unabhängig von der Maschine erzeugt. Erst bei der NC-Ausgabe werden die postprozessierten Daten um die Informationen der Maschine ergänzt, auf der gefertigt wird. Anschließend verifizieren der CAM-Programmierer, der Fertigungsleiter oder der Maschinenbediener den NC-Code mit einer eigenen Simulations-Software.



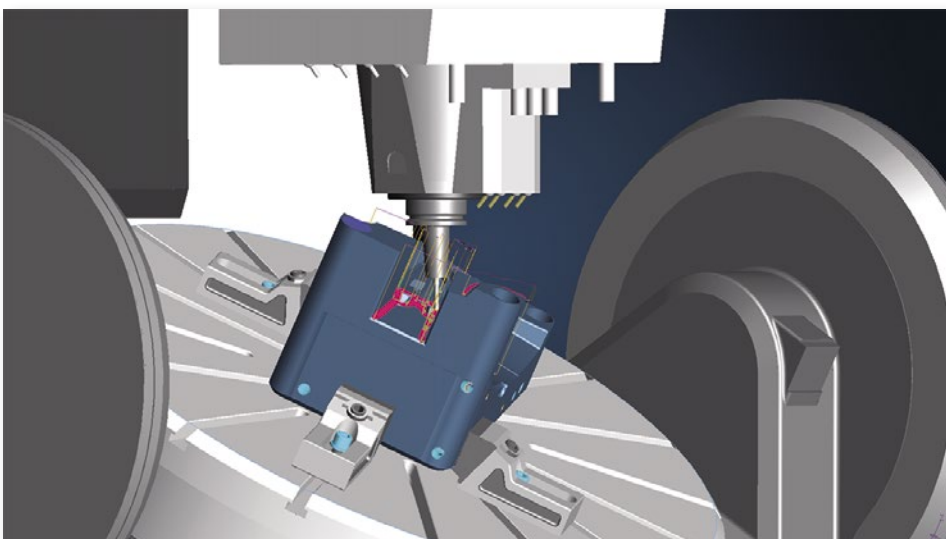
Um die reale Bearbeitungssituation virtuell exakt darstellen zu können, müssen alle Eigenschaften der Maschine präzise vermessen und in das CAM-System transferiert werden.

Bilder: Tebis

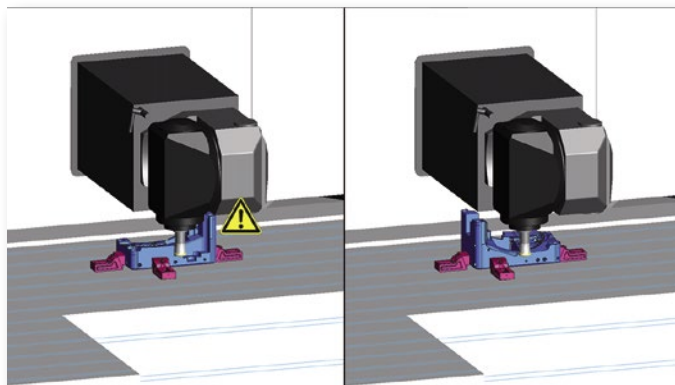
Bei Auffälligkeiten gibt es zwei Möglichkeiten: Der NC-Code wird manuell korrigiert und danach erneut simuliert. Bei größeren Korrekturen wird der Fehler in der CAM-Umgebung behoben und das NC-Programm anschließend erneut ausgegeben. Wenn keine Kollisionen mehr auftreten, kann das Bauteil bearbeitet werden.

Modell 2: Auch bei diesem Lösungsansatz erzeugt der CAM-Programmiere das NC-Programm zunächst unabhängig von der Maschine. Anschließend werden die Programme noch in der CAM-Umgebung verifiziert und dabei um die Daten der tatsächlich verwendeten Maschine ergänzt. Mögliche Fehler werden in der CAM-Umgebung behoben. Das Programm wird erneut verifiziert. Sind keine Kollisionen mehr feststellbar, wird der NC-Code erzeugt und zur Bearbeitung des Bauteils an die Fertigung übergeben.

Modell 3: Beim dritten Lösungsansatz wird direkt in der CAM-Umgebung mit digitalen Zwillingen der realen Fertigungsumgebung geplant, programmiert und verifiziert: Der CAM-Programmierer nutzt alle fertigungsrelevanten Daten der verwendeten Maschinen und Werkzeuge, prüft die Bearbeitung direkt im System auf Kollision und korrigiert mögliche Fehler. Die Programme, die ausgegeben werden, sind daher vollständig kollisionsgeprüft. Der NC-Code wird ohne Umwege an die Fertigung zur Bear-



Bei der integrierten Simulation werden alle Anstellungen, Werkzeugkomponenten und die komplette Maschine mit sämtlichen Bewegungen und Werkzeugwechseln berücksichtigt.



Lassen sich die einzelnen Aspekte der Bearbeitung – wie hier die Spannsituation – bereits bei der Arbeitsvorbereitung optimieren, dann sind Kollisionen effizient vermieden.

beutung des Bauteils übergeben.

Stellt man die drei Varianten gegenüber, zeigt sich, dass der dritte Lösungsansatz – die integrierte Simulation und Kollisionsprüfung – viele Vorteile hat:

- Zusätzliche Schnittstellenläufe und Korrekturschleifen werden vermieden.
- Sie ist einfacher, da der CAM-Programmierer keine speziellen Kenntnisse zum Maschinencode oder zu einer zusätzlichen Simulations-Software benötigt.
- Manuelle Korrekturen am NC-Code, die die Prozesssicherheit gefährden, entfallen.
- Es lässt sich leichter planen, da der CAM-Programmierer Zugriff auf alle virtuellen Fertigungskomponenten hat, die in virtuellen Prozessbibliotheken abgebildet sind.
- Sämtliche Korrekturen fließen automatisch zurück in die CAM-Umgebung, so dass ein Fehler niemals wiederholt wird.

Digitaler Zwilling nicht gleich digitaler Zwilling

Damit Modell 3 – also die vollintegrierte Lösung – auch bei komplexen Hochleistungsmaschinen und bei Maschinen mit speziellen Zusatzeinrichtungen sicher funktionieren kann, muss sich die reale Bearbeitungssituation in der virtuellen Welt mit allen Geometrien – inklusive Maschinen, Komplettwerkzeugen, Spannmitteln und Endschaltern – absolut exakt reproduzieren lassen. Vereinfachte Ersatzgeometrien – zum Beispiel von symmetrischen und asymmetrischen Maschinenköpfen – reichen als digitale Zwillinge nicht aus. Ebenso müssen kinematische Informationen erfasst sein: Also Bezugspunkte,

Zwilling des realen NC-Codes erzeugen.

Vollintegrierte Lösung: Planung, CAM-Programmierung, Simulation

Ein weiterer Vorteil der vollintegrierten Lösung: Da der CAM-Programmierer direkt an seinem Arbeitsplatz auf alle Komponenten zugreift, die auch bei der realen Fertigung zum Einsatz kommen, hat er bereits während Planung und CAM-Programmierung – also bereits vor der Simulation – umfassende Möglichkeiten, Kollisionen entgegenzuwirken. So lässt sich noch einmal zusätzlich Zeit sparen. Vieles wird behoben, bevor es überhaupt zum Problem werden kann.

Während der Planungsphase zum Beispiel verfährt der CAM-Programmierer mit eingespanntem Werkzeug an die Position, die kritisch werden könnte. Stellt er fest, dass die Spannsituation aufgrund der Kopfgeometrie unpraktisch ist, dreht er den Tisch – oder das Bauteil – um 180 Grad.

Intelligente Kollisionsvermeidungsstrategien

Kollisionen, die während der Berechnung des NC-Programms erkannt werden, lassen sich mit Kollisionsvermeidungsstrategien erkennen und vermeiden. Welche Strategie sich am besten eignet, hängt maßgeblich von der speziellen Bauteilgeometrie, der Bearbeitungsaufgabe und vor allem von der verfügbaren Maschine ab. Dieses Wissen sollte in NC-Schablonen hinterlegt sein: So muss der CAM-Programmierer nur Maschine und Bearbeitungselemente auswählen. Die passende Kollisionsvermeidungsstrategie – mit Bereichsverkleinerung, simultanem 5-achsigen

Ausweisfräsen oder indexierter Bearbeitung – wird automatisch zugewiesen.

Die automatische Bereichsverkleinerung kommt in der Regel beim 3-achsigen Schruppen zum Einsatz: Fräsbereiche, die sich mit dem verwendeten Werkzeug – zum Beispiel aufgrund von Kollision mit dem Maschinenkopf – nicht bearbeiten lassen, werden automatisch abgeschaltet.

Beim Schlichten bietet es sich an, das kurze Werkzeug für beste Oberflächenqualitäten möglichst durchgängig einzusetzen. Wenn es die Kinematik der Maschine zulässt, ist das 5-achsige simultane Ausweichfräsen eine geeignete Kollisionsvermeidungsstrategie.

Restmaterialbereiche werden häufig indexiert bearbeitet. Die indexierte Kollisionsvermeidung empfiehlt sich zum Beispiel für Mehrachsenmaschinen, die sich aufgrund ihrer Dynamik nicht für eine 5-achsige Simultanbearbeitung eignen. Teilweise ist die Bearbeitung sogar performanter und die Oberflächenqualität besser als beim 5-achsigen Ausweichfräsen.

Den Bearbeitungsraum simulieren

Nachdem alle Strategien berechnet wurden, lässt sich die gesamte Fertigung mit dem gesamten Bearbeitungsraum als zusätzliche Option im Batch-Betrieb vollständig prüfen. Auch Rückzugsbewegungen sind individuell anpassbar.

Zusammenfassend lässt sich festhalten: Je früher Kollisionen entlang der Prozesskette vermieden werden, desto besser. Dazu müssen alle virtuellen Komponenten exakte Abbilder ihrer realen Zwillinge sein. So lassen sich – von der Planung, über die CAM-Programmierung bis hin zur Simulation – alle Möglichkeiten zur Kollisionsvermeidung optimal ausnutzen. **jbi** ■

Fabian Jud ist Produktmanager bei der Tebis AG in Planegg bei München.