

Strategie zur Fortführung der Bearbeitung nach intraoperationeller Unterbrechung des NC-FräSENS¹

Dipl.-Ing. Lee, Seok Won

1 Anforderungen

Vor allem im typischen Fall der Einzelfertigung, wie z.B. zur Herstellung von Formen und Werkzeugen bei kmU führen die genannten Prozessunterbrechungen zu erheblichem Zeitverlust und ungeplanten Kosten sowie erhöhtem Personalaufwand.

Wie kann man dem begegnen? Man muss an der Stelle des Geschehens eingreifen können. Grundlage ist eine objektorientierte, z.B. die neue NC-Programmiersprache nach ISO 14649 (auch STEP-NC genannt) [ISO04]. Dadurch können die geometrischen und technologischen Daten objektorientiert bis in NC-Steuerung geführt werden (Abbildung 1).

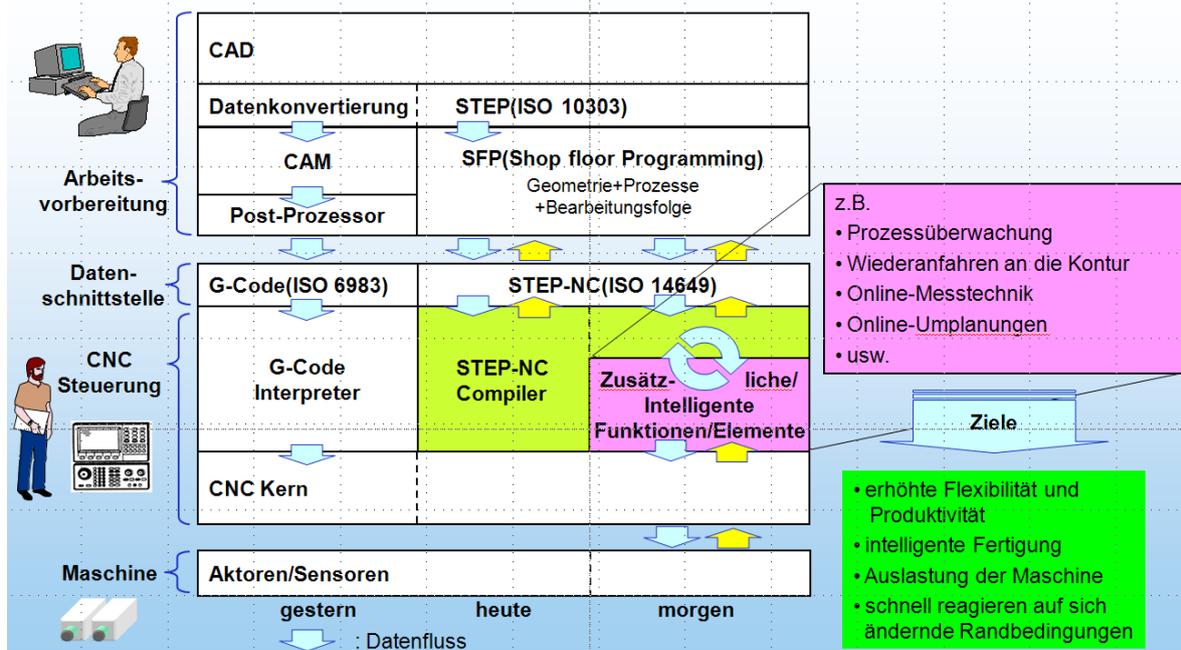


Abbildung 1. Vergleiche unterschiedlicher CAD/CAM/CNC Verfahrensketten

In der Steuerung stehen dadurch nicht mehr allein Befehle für Achsbewegungen und Schaltvorgänge zur Verfügung. Mittels STEP-NC ist der Bearbeitungsprozess mit technologischen Schritten beschrieben. Das vermeidet die Nachteile des G-Codes und ermöglicht den Austausch der Fertigungsdaten zwischen verschiedenen Maschinen und Steuerungen. Gemäß diesem Standard wird auch die Geometrie an die Steuerung übergeben, auf deren Basis dann die Bahnberechnung erst zur Laufzeit der Bearbeitung in der NC-Steuerung erfolgt. STEP-NC baut auf der objektorientierten Darstellungsweise von STEP auf. Der Bearbeitungsprozess wird

¹ Arbeitspaket im AIF-Projekt „Strategie zur flexiblen Fortführung der Bearbeitung nach intraoperationeller Unterbrechung des NC-FräSENS, basierend auf STEP-NC-Informationen“ 2007-2009

durch die so genannten "Workingsteps" spezifiziert. Workingsteps sind Bearbeitungsdefinitionen mit Bearbeitungsfeatures und assoziierten Prozessparametern. Sie sind also typische Bearbeitungsschritte mit einem definierten Werkzeug für ein Feature (z.B. eine Freiformfläche, Bohrung, Tasche usw.) und einer anzuwendenden Bearbeitungsstrategie. Die Steuerung erzeugt aus den Workingsteps oder Funktionen die Befehle für Achsbewegungen, Werkzeug- und Spindeleinsatz usw., und das erst kurz vor der auszuführenden Bearbeitung. In diesen Ablauf ist auch die Berechnung der Fräsbahn integriert. Ein Vorteil ist bei einer solchen Schnittstelle, dass die Geometrie des Fertigteils in der Steuerung zur Verfügung steht und für notwendige Berechnungen aus Gründen von Veränderungen, z.B. der Fräsbahn, und bei der Behebung der oben genannten Probleme verwendet werden kann.

2 Geometrieorientierte Überwachungsstrategie

Werkzeugmaschinen sind unterschiedlichen Störungen ausgesetzt. Für den Maschinenanwender erweisen sich unkalkulierbare prozessbedingte Störungen wie ein spontaner Werkzeugbruch als besonders problematisch, da durch sie die technische Verfügbarkeit und damit die Produktivität der Maschinen beeinträchtigt werden. Da die Ursachen einer Vielzahl der Störungen, wie z. B. Aufmaßschwankungen oder Materialinhomogenitäten, nicht vermieden werden können, ist eine aktive und weitgehend automatisierte Analyse und Überwachung der Zerspan- und Fräsprozesse erforderlich.

Ziel des Arbeitspakets ist es deshalb, eine Strategie zu erarbeiten, die sich anhand geometrischer Informationen aus dem Bearbeitungsprozess für die Werkzeugbruchüberwachung von Fräsbearbeitungen einsetzen lässt. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde zunächst eine detaillierte Analyse der Anforderungen an ein Überwachungssystem durchgeführt, dass als Software für eine Verbindungsstelle zwischen Maschinensteuerung und übergeordneter CAM-Anwendung in Betracht kommt. Dazu wurden die Anforderungen an das Softwarekonzept und an das methodische Vorgehen einzeln untersucht (siehe Abbildung 2). Basierend auf den Anforderungen wurde anschließend ein Konzept zur Realisierung einer Überwachungssoftware [WAG07] erstellt. Für den Entwurf wurde die strukturierte Analyse [TOM79] verwendet, um Strukturen und das Verhalten des Softwaresystems mittels grafischen Modellierungstechniken zu beschreiben.

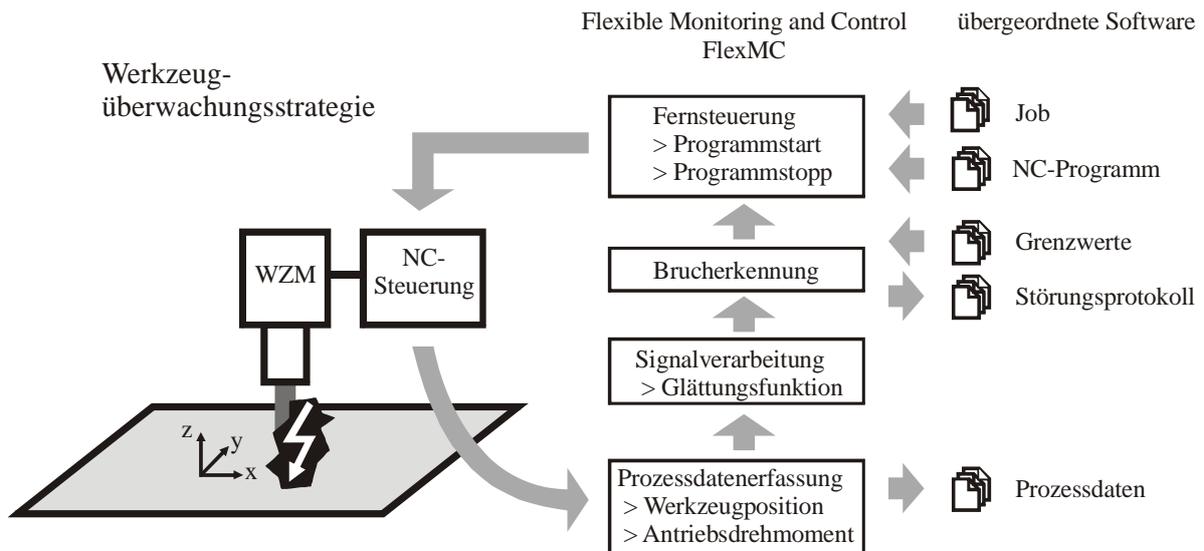


Abbildung 2. Konzept der Überwachungssystem FlexMC

Die Strategie besteht darin, Prozesssignale, die der Steuerung zur Verfügung stehen, aufzunehmen und für eine Zustandsbeschreibung auszuwerten. Voraussetzung dafür ist, dass die erforderlichen Prozessdaten wie das Drehmoment der Hauptspindel und die aktuellen Achspositionen des Werkzeuges aus antriebsintegrierter Sensorik in der Steuerung liegen. An die Offenheit der Benutzerschnittstelle anknüpfend, wurde mit Hilfe des Antriebsdrehmoments als Erkennungssignal für einen Werkzeugbruch der Weg eines Softwareentwurfs zur Werkzeugbruchüberwachung aufgezeigt. Eine Ähnlichkeit zu Systemen, die auf Lernkurven basieren ist bei der Zustandsbeschreibung erkennbar. Um sich davon zu unterscheiden, lag der Ansatz darin, eine Grenzwertdatei zu verwenden, die für das auszuwertende Drehmoment der Antriebsspindel, Sollwertkurven enthält. Der Aufbau dieser Grenzwertdatei, deren Inhalt sich aus Lernkurven, empirisch ermittelten Werten und auch aus Berechnungen ergeben kann, wurde dazu definiert.

Es kann festgestellt werden, dass mit dem vorliegenden Arbeitspaket ein Anforderungsprofil an Überwachungssysteme zur Werkzeugbruchererkennung ausgearbeitet wurde. Dem erarbeiteten Konzept zur Werkzeugüberwachung liegt zugrunde, antriebsinterne Signale von einer NC-Steuerung zu erfassen und über eine benutzeroffene Schnittstelle selbst entwickelter Überwachungssysteme bereitzustellen. Abbildung 3 zeigt die entwickelte Benutzungsoberfläche des Systems FlexMC: die GUI von FlexMC erwartet Eingaben bezüglich der Auswahl von NC-Steuerung, grafischen Anzeigeelementen, Prozessdatenerfassung, Überwachung und Datenaufzeichnung. Ausgegeben werden Statusmeldungen des Überwachungstools, der Kommunikationsablauf durch Remote Control und Prozessdaten während einer Fräsbearbeitung. Prozessdatenerfassung, Protokollierung und Methoden der Signalauswertung zur Bruchererkennung, die sich im Wesentlichen an der aktuellen Bearbeitungsposition orientieren, können so nach entsprechenden Vorstellungen weiterhin ergänzt und dem System NC-Steuerung – Werkzeugmaschine zugeordnet werden.

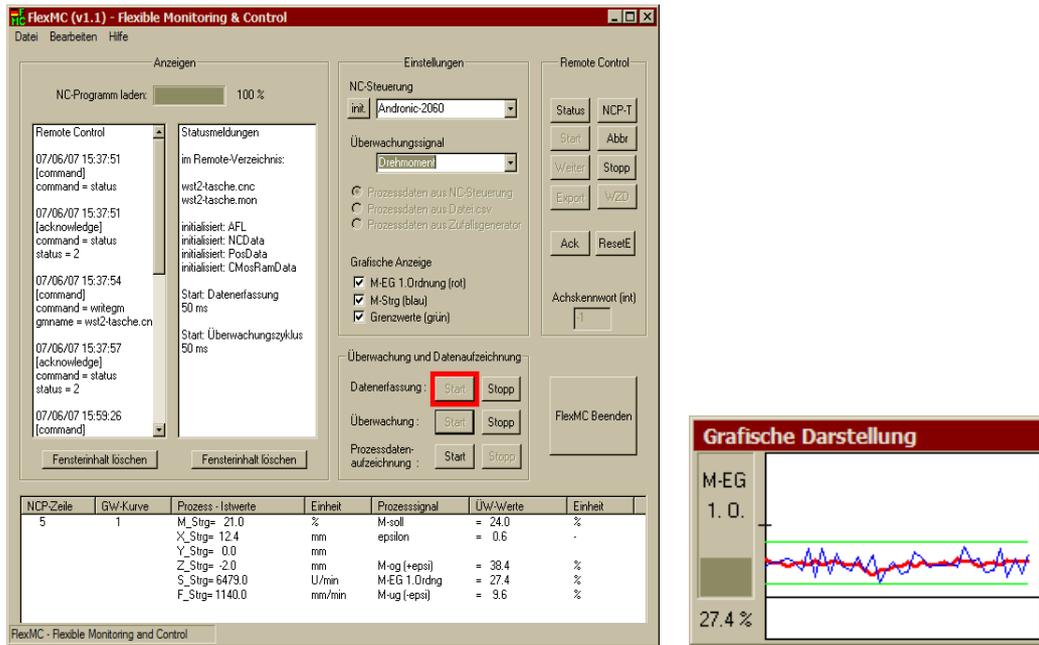


Abbildung 3. Benutzungsoberfläche des Systems FlexMC (Flexible Monitoring and Control) und grafische Darstellung der Drehmoment-Signale

Mit Remote Control wird die Maschinensteuerung durch FlexMC bedient. Das Laden eines NC-Fräsprogramms nach DIN 66025 in eine steuerunginterne Datenbank sowie das Starten, Stoppen und Exportieren geladener Programmdateien wird dadurch ebenso ermöglicht wie die Abfrage der aktuellen Werkzeugmagazinbelegung. Darüber hinaus kann das Überwachungssystem FlexMC als Basis weiterer Entwicklungen zur Erkennung unterschiedlicher Prozessstörungen des Fräsens und zur Anschnitterkennung genutzt werden. Am Beispiel einer Bearbeitung zum Nutfräsen wurde die Funktionalität des erarbeiteten Konzepts getestet und ausgewertet. (Abbildung 4)

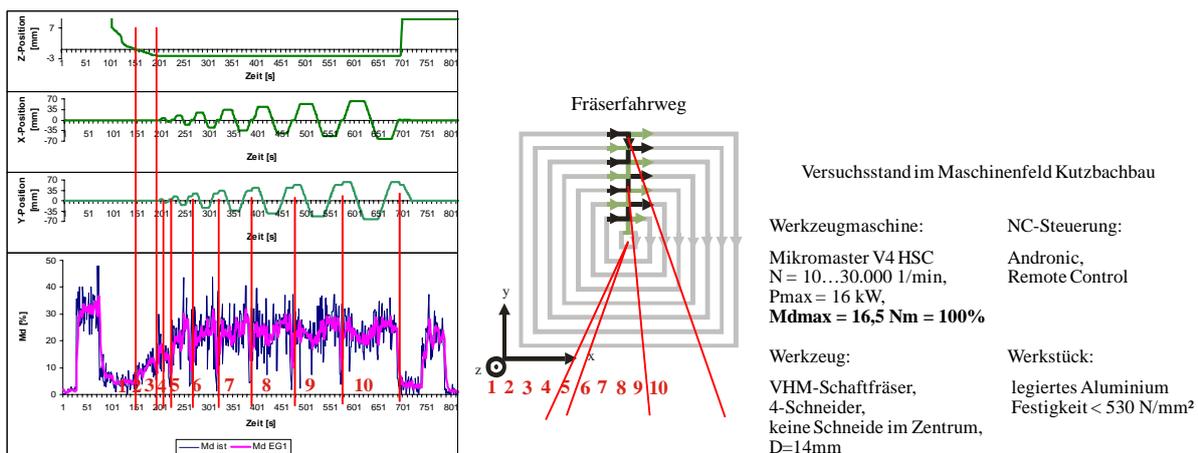


Abbildung 4. Beispiel Taschenfräsen

Durchaus in Betracht kommt auch, die entworfene Grenzwertdatei zukünftig in NC-Programme einzubinden und als einheitlichen Datenträger NC-Steuerungen zu übergeben, die diese Informationen interpretieren können. Ein Gerüst für dieses Vorgehen bieten neue Datenformate wie STEP-NC (ISO 14649).

3 Ausblick

Ziel der folgenden Arbeiten ist es, weitere Grundlagen für ein System zu erforschen, mit dem die Bearbeitung nach intraoperationeller Unterbrechung des Fräsens, z.B. nach Werkzeugbruch, flexibel fortgesetzt werden kann. STEP-NC, welches die fertigungsrelevanten und geometrischen Informationen in die Steuerung hineinbringt, ist eine Basis dafür, dass die Steuerung auf die Fertigungsrandbedingungen, wie z.B. der verfügbare Werkzeugbestand, flexibel reagieren kann, um z.B.

- die An- und Abfahrwege zum und vom Bauteil während der Durchführung des Fertigungsauftrags an der Steuerung zu ändern,
- im gleichen Zeitfenster Bearbeitungsbereiche auszugrenzen und andere Werkzeuge einzusetzen und
- mit einem neuen Werkzeug eine andere Fräsbahn direkt vor der Bearbeitung zu generieren.

Literatur

- [ISO04] N.N: ISO 14649: Industrial automation systems and integration – Physical device control – Data model for Computerized Numerical Controllers. Entwurf einer internationalen Norm (mehrere Teile). ISO, 2004.
- [LEE07] Lee, S.-W.; „A Novel Approach to 5 Axis Milling Simulation Exploiting GPU and Swept Volume via Gauss Map“, XVI. Wissenschaftliches Symposium TU Liberec – TU Dresden, Liberec, Czech Republic, 5. September 2007
- [LEE08a] Lee, S.-W., Nestler, A.; „5 Axis Milling Simulation using a Swept Volume via Gauss Map“, 16th WSCG International Conference in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision, Plzen, Czech Republic, February 4-7, 2008
- [LEE08b] Lee, S.-W.; Nestler, A.: Strategy for the flexible continuation after intraoperational interruption of the NC-milling process, ISO SC1/WG7 (Data Modelling for Integration of Physical Devices) and T24 (STEP Manufacturing) Joint Meeting in Busan, South Korea, October 29-31, 2008
- [TOM79] Tom DeMarco: Structured Analysis and System Specification. Prentice Hall, 1979
- [WAG07] Entwicklung einer geometrieorientierten Überwachungsstrategie für CNC-Steuerungen zur Fräsbearbeitung. Diplomarbeit, TU Dresden, 2007