

Entwicklung einer Strategie zur Bearbeitungsfolge nach Werkzeugbruch auf Basis des intelligenten CNC-Steuerungskerns

Kurztitel: STEP compliant intelligent CNC Controller (SciCON)

Dipl.-Ing. Seok-Won Lee

1 Einleitung

Heutzutage wird die Konkurrenz in der Produktionstechnik immer härter und die Produktentstehungszeit von Konzept über Konstruktion bis Fertigung wird immer enger. Daher ist es von Bedeutung, bidirektional und durchgängig zwischen CAD, CAM und CNC Steuerung Daten auszutauschen. Aber die in den fünfziger Jahren genormte NC-Programmiersprache DIN 66025 (ISO 6983, im weiteren als G-Code bezeichnet) hat nur wesentliche Informationen wie Achsbewegungs- und Schaltbefehle, weshalb herkömmliche Werkzeugmaschinen nur stur nach dem G-Code ausgeführt werden konnte /GEI-00, GLO-99, BRO-00, ITT-97, FEC-96/. Tritt ein Fehlerfall (z.B. Werkzeugbruch) ein, sollen sich alle laufenden Prozesse anhalten lassen und dann müssen sich die Ursachen beseitigen lassen. Wenn ein Schwesterwerkzeug in dem Magazin nicht vorhanden ist, müssen die ganzen Prozesse wiederum von Anfang an durchgeführt werden, um die geplante Fertigung zum Ende zu bringen. Inzwischen müssen für die Fertigung wesentliche Daten (z.B. Verfahrswege und Schnittwerte) wieder aufbereitet und auf die Maschine aufgesetzt werden, weil die Daten in der Steuerung nicht mehr gültig sind. Diese Einseitigkeit der traditionellen Prozesskette von Datenaufbereitung bis in die Fertigung an der Werkzeugmaschine wird zu den Engpässen auf dem Gebiet Fertigungstechnik. In diesem Sinne sind intelligente Funktionalitäten in den Steuerungssystemen außerhalb bisheriger vorhanden Funktionen erforderlich, um dem Facharbeiter an der Maschine die Flexibilität und Konkurrenzfähigkeit sichern zu können. Darum lässt sich optimale Auslastung der Werkzeugmaschinen zu jedem Zeitpunkt garantieren und kann der Zeitaufwand verringert werden.

2 Angestrebte Forschungsergebnisse

Um oben erwähnte Probleme beheben zu können, ist umfangreiches Datenmodell einschließlich Geometrie- und Technologiedaten zur Datenübertragung zwischen CAD/CAM-Systemen und CNC-Steuerung statt DIN 66025 notwendig. Dazu ermöglicht der neue Standard ISO 14649 (Data Model for Computerized Numerical Control oder oft als STEP-NC genannt), die Prozesskette von der Modellierung über Fräserwegberechnung bis hin zur Steuerung zu schließen. Basierend auf dem STEP-NC werden neue Herausforderungen zum intelligenten NC-Kern angenommen (Abb. 2.1) /ISO-04/.

Ziel der Aufgabestellung soll es deshalb sein, „ein ganzheitliches Steuerungssystem mit einer Strategie zur Bearbeitungsfolge nach Werkzeugbruch ohne Bedieneringriff

auf der Basis des STEP-NC“ zu schaffen, das sich aus verschiedenen Modulen zusammensetzt wie

- Modul „CAM-CNC-Kopplung“, das die Prozesskette von der Konstruktion bis zur Fertigung durch STEP-NC verbindet,
- Modul „Entscheidungsträger“, das Schnittwerte und Bearbeitungsstrategien hinsichtlich technologischer Fertigungszustände variiert,
- Modul „Volumenaktualisierung“, das die Ist-Werkstück hinsichtlich des Rohteils berechnet,
- Modul „Online-Freiformflächenbahngenerator“, das für die Verarbeitung geometrischer Daten in der CNC-Steuerung eine Schlüsselrolle spielt,
- Modul „Simulator“, der Bearbeitungsvorgänge simuliert,
- Modul „Protokollant“, das Programmänderungen für weitere Prozesse protokolliert.

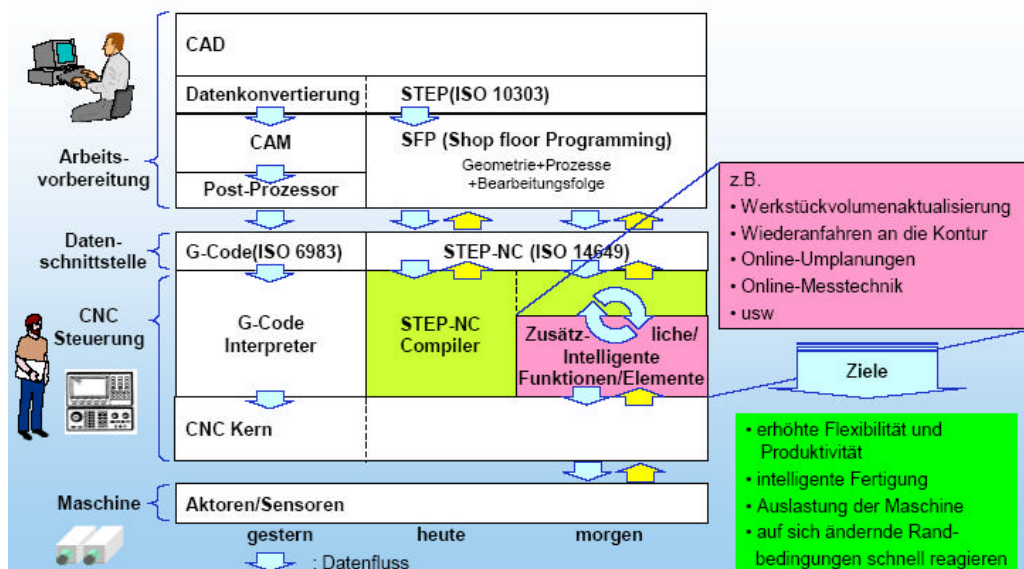


Abb. 2.1: Vergleiche verschiedener CAD/CAM/CNC-Prozessketten

SciCON kann ohne Bedieneringriff automatisch das Problem bewältigen oder dem Facharbeiter Möglichkeiten direkt an der Maschine bieten, eine Strategie zur Bearbeitungsfolge auszuarbeiten, wenn die Fertigung durch eine Havarie unterbrochen wird. SciCON befasst sich mit der Erkennung des aktuell verbleibenden Ist-Materials und der Online-Bahngenerierung auf dessen Basis. Dementsprechend können die folgenden Vorteile gewonnen werden :

- Einschlägige Daten werden bis in die Fertigung zur Verfügung gestellt, so dass die Bearbeitung ohne Rückkehr zur Datenaufbereitung direkt in der Werkstatt erledigt wird.
- Der CNC-Steuerung stehen ausreichende Informationen über das Produktmodell zur Verfügung, und Modifikationen, die an der Maschine vorgenommen werden, können in das Produktmodell zurückgeführt und an andere Prozesse weitergeleitet werden.

- Das Produkt wird zur Fertigung über seinen Lebenszyklus datentechnisch verwaltet.
- Gerade in den kmU, wo der Facharbeiter häufig auch programmiert und korrigiert, senken die neuen Steuerungen den Zeit- und Kostenaufwand. Die Produktivität wird erhöht und die Stückkosten sinken.

3 Lösungsweg

Vorhandene CAD/CAM-Lösungen und offene Software in Industrie und Forschung werden als Ausgangspunkt gewählt /GIB-05, CAS-05/.

Drei Themenbereiche müssen unter anderem untersucht werden: Zu Beginn sind im STEP-NC enthaltenen Informationen zu analysieren, auf dessen Basis ein NC-Kern intern die Daten bearbeiten kann. Im zweiten Bereich erfolgt die Berechnung des Ist-Werkstückmaterials im Hinblick auf dieses Datenmodell. Im dritten Bereich wird die kollisionsfreie Bahngenerierung inklusive Anfahren- und Rückzugswegs mit Rücksicht auf das In-Process-Material und die Spannmittel ausgeführt. Im Mittelpunkt der Arbeit steht die ganzheitliche Gestaltung der STEP-konforme CNC-Steuerung, die die Fähigkeit hat, unerwartete Havarien zu beheben (Abb. 3.1).

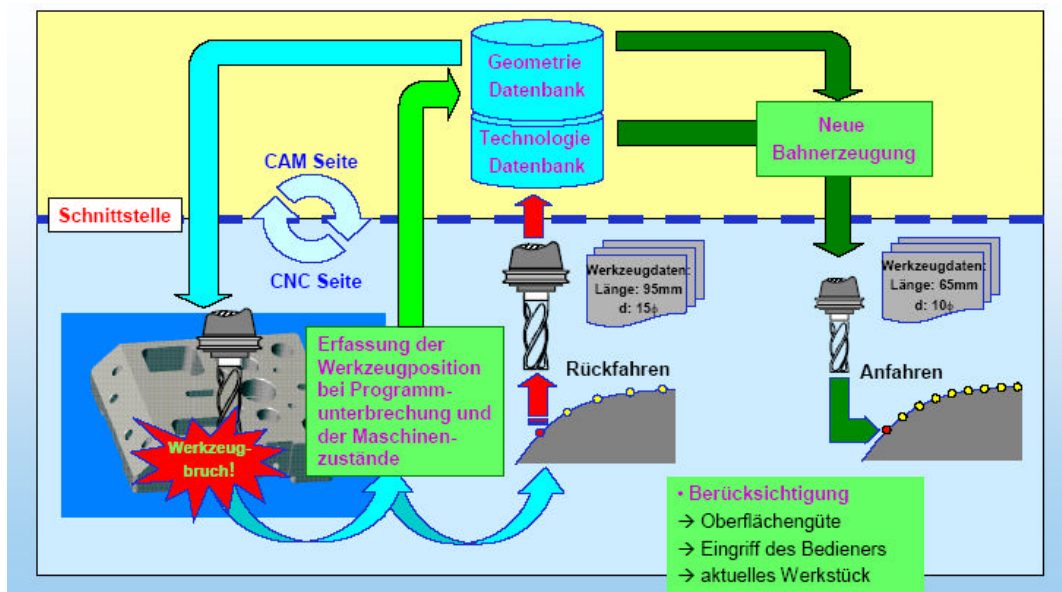


Abb. 3.1: Überschaubare Abläufe zur Bearbeitungsfolge nach Werkzeugbruch

Das geplante Arbeitsprogramm wird in folgende wesentliche Arbeitsschritte gegliedert:

- **Analyse der NC-Bearbeitung**
 - Begrenzung der herkömmlichen CAD-CAM-CNC-Prozesskette
 - Untersuchung der Einsatzmöglichkeit von STEP-NC
 - Anforderungen an den intelligenten NC-Kern
- **Behebung der Probleme in den Bearbeitungs Sonderfällen**

- Bei einem Werkzeugschaden (Werkzeugbruch)
- Bei einem Werkzeugverschleiß
- Bei einem Stromausfall
- **Rückkoppelung zur Steuerung nach Störungen**
 - Erfassung des angehaltenen Stützpunktes
 - Synchronisierung der Geometrie mit einer unterbrochenen Stelle
 - Protokollierung der Bearbeitungsereignisse an der Maschine
- **Volumenaktualisierung**
 - Berechnung des Ist-Materials auf prismatische Geometrie
 - Berechnung des Ist-Materials auf Freiformflächen
- **Online-Weiterfertigung auf der Basis des aktuellen Ist-Materials**
 - Ein- und Umplanung der Bearbeitungsstrategie
 - Online-Bahngenerierung auf Basis des Ist-Materials

4 Realisierung des Prototyps SciCON

Der Prototyp SciCON besteht aus STEP-NC-Compiler (SNC) und –Simulator (SNS). Sie wurden mit Microsoft Visual C++ v6.0 und offenen Softwarewerkzeugen entwickelt.

4.1 STEP-NC-Compiler

STEP-NC-Compiler beruht auf der am Lehrstuhl bereitgestellten STEP-NC-Bibliothek. Da nur einige 2.5D-Feature wie z.B. Bohren und Taschen im STEP-NC-Interpreter behandelt wurden, ist es nun erforderlich, den Handlungsspielraum auf Freiformflächen und 5-Achsen-Bearbeitung zu erweitern, um die grundsätzliche Voraussetzung der Arbeit zu erfüllen /CAR-03, NIS-05/.

Für den STEP-Compiler wurde eine Benutzeroberfläche entworfen, die auf einzelne STEP-NC-Daten und die Geometrie zugreifen kann. Die Geometrien können über STL, STEP und IGES als Datenschnittstellen eingelesen, visualisiert und ausgegeben werden (Abb. 4.1).

4.2 RTCP-Funktion

RTCP ist eine innovative Funktion in den modernen Steuerungen geworden. Unter RTCP versteht man eine automatische Ausgleichsbewegung der linearen Achsen falls zwecks Korrektur der Normalstellung eine entsprechende Bewegung der Drehachsen ausgeführt werden muss. Basierend auf dem Werkstückkoordinatensystem ist ein NC-Programm unabhängig von der Art der Maschinen im CAM-System vorzubereiten, von dem dann die Achsführungspunkte abhängig von der Maschinenkinematik erst in der Steuerung berechnet werden können. Daher ist RTCP die wesentliche Funktion für die STEP-NC-Steuerung weil auch STEP-NC unabhängig von Postprozessoren in der Steuerung übersetzt werden

muss. Exemplarisch wurde eine Ausgleichsbewegung für die MAHO 800C im Prototyp entwickelt (Abb. 4.2).

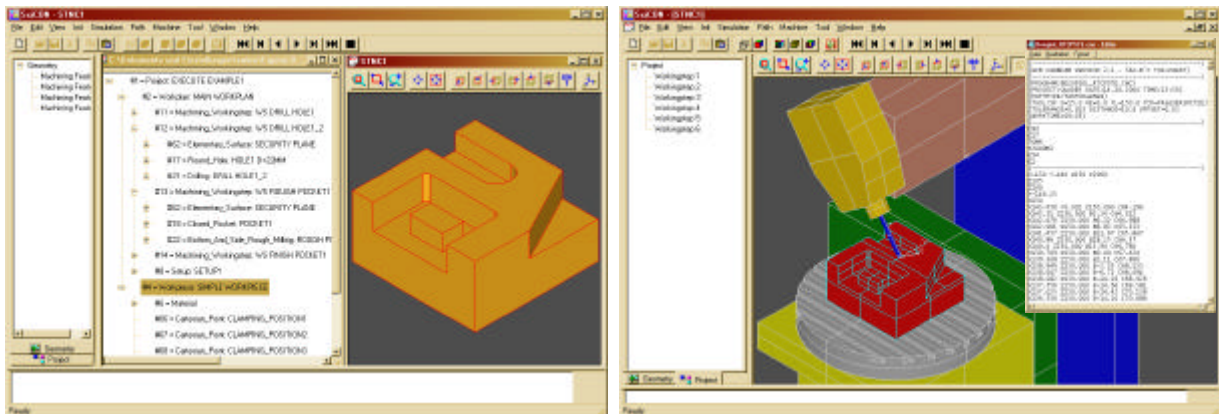


Abb. 4.1: STEP-NC-Compiler und Grafische Visualisierung des Werkstücks (links)
Abb. 4.2: 5-Achse-Simulator mit RTCP-Funktion (rechts)

4.3 Simulation

Der STEP-NC-Simulator bildet die Maschinenkinematik wie DMG MAHO 800C nach Drehtisch-Schwenkkopf-Kinematik und Ingersoll OPS 650 nach Doppeldrehtisch-Kinematik ab. Der Simulator kann das vom Programmiersystem GIB CAD&CAM ausgegebene NC-Programm (G-Code) einlesen und die Fertigung simulieren, das vom MAHO-800C-Postprozessor mit der Option RTCP auf der Basis von CLDATA umgewandelt wird. Es wird unter Berücksichtigung der Vorschubgeschwindigkeit und des Abstandes zwischen nacheinander stehenden Sätzen interpoliert. Es ist sinnvoll, wenn die Lage des Werkzeuges möglicherweise durch Simulation hinsichtlich der Maschinenkinematik und des Arbeitsraums bestimmt werden kann. Fertigungssimulation kann in Zukunft auf der Basis von boolescher Operation weiter realisiert werden (Abb. 4.2).

5 Weitere Vorgehensweise und Ausblick

Mit dem vorgestellten Lösungsweg soll nun der bisherige Prototyp weiterentwickelt werden. Zunächst sind Freiformgeometrien für die 5-Achsen-Bearbeitung einzulesen, auf dessen Basis dann ein Bahngenerator zu beschaffen ist, welcher hinsichtlich des IST-Werkstückes aktuelle Verfahrenwege online berechnen kann. Dabei ist die GIB-API verwendbar, um die Aufgabe zu vereinfachen. Letztendlich soll der Prototyp mit einer beliebigen Steuerung einwandfrei gekoppelt und getestet werden.

Zur Zeit wurde AP-238 als ein interpretiertes Modell des ISO-14649 vorgelegt und die „OMAC STEP-NC Working Group“ bemüht sich, AP-238 zu praktizieren. Einige Steuerungshersteller wie Siemens, Fanuc, Heidenhain und CAM-Systeme wie UGS, CATIA, MasterCAM und GibbsCAM sind intensiv an diesem STEP-NC-Projekt beteiligt, um kommerzielle STEP-NC-Anwendungen auf den Markt zu bringen. Wenn weitere Initiativen Schwellenängste vor dem Einsatz des STEP-NC überwinden können und Vorteile in der Praxis überzeugen können, dann wird die neue NC-

Programmiermethode in der Industrie gute Verbreitung finden und in den jeweiligen Prozessketten Mehrwerte schöpfen /AP-238, OMA-05, STE-05/.

Literatur

- /AP-238/ ISO/DIS 10303-238 Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange – Part 238: Application protocol: Application interpreted model for computerized numerical controllers, 2004
- /BRO-00/ Brouër, N.: *NC-Steuerungskern mit Datenschnittstelle für eine Autonome Produktionszelle*, Diss. RWTH Aachen, Shaker Verlag 2000
- /CAR-03/ Carlsen, Ulf: *STEP-NC-Interpreter*, Forschungsergebnisbericht des Lehrstuhls PAZAT 2002 an der TU Dresden, 2003
- /FEC-96/ Thomas Albert Fechter: *Semantisches Modell zur Bearbeitungsbeschreibung für eine nutzergerechte Werkzeugmaschinensteuerung*, Diss. TU Darmstadt, Shaker Verlag 1996
- /GEI-00/ Jürgen Geist: *HSC-gerechte NC-Programmierung von Freiformgeometrien mit Fertigungsfeatures*, Diss. TU Darmstadt, Shaker Verlag 2000
- /GIB-05/ <http://www.gibcam.de/>, Stand : Februar 2005
- /GLO-99/ Glockner, Christian: *Integration von Facharbeiter-Erfahrungswissen auf Basis von Fertigungsfeatures*, Diss. TU Darmstadt, Shaker Verlag 1999
- /ISO-04/ ISO 14649: *Industrial automation systems and integration – Physical device control – Data model for Computerized Numerical Controllers*. Entwurf einer internationalen Norm(mehrere Teile). International Organization for Standardisation, 2004
- /ITT-97/ Itterheim, Claus: *Objektorientierte Bearbeitungsmodellierung für Freiformflächen Erstellung und maschinengebundene Modifikation*, Diss. Uni-Stuttgart, Springer Verlag, 1997
- /NIS-05/ The NIST STEP Class Library
<http://www.mel.nist.gov/msidstaff/sauder/SCL.htm>, Stand : Februar 2005
- /OMA-05/ <http://www.omac.org/>, Stand : Februar 2005
- /OPE-05/ <http://www.opencascade.org/>, Stand : Februar 2005
- /STE-05/ <http://www.steptools.com/>, Stand : Februar 2005