Entwicklung eines neuartigen Werkzeugsystems zum 3-D-Rollieren unter Nutzung der Fräskinematik

Ausgangssituation

Die Ansprüche an die Oberflächenqualität von Werkstücken und Bauteilen sind in den letzten Jahren immer weiter gestiegen. Beispielsweise sind im Werkzeug- und Formenbau oft sehr hohe Oberflächenqualitäten von weniger als $R_z = 1\ \mu m$ notwendig. Solche Oberflächen sind mit typischen Zerspanungswerkzeugen wie Fräsern nicht oder nur mit sehr hohem technischem und zeitlichem Aufwand zu erreichen. Bisher ist es daher notwendig, die Oberflächen bspw. durch Polieren nachzuarbeiten. Dieser zusätzliche Arbeitsschritt ist sehr zeitaufwändig und nicht immer sicher reproduzierbar. Daher besteht der Bedarf an einem alternativen Bearbeitungsverfahren, welches mit möglichst geringem Aufwand und prozesssicher eine deutliche Verbesserung der Oberflächenqualität spanend bearbeiteter Flächen ermöglicht. Da sich das Rollieren jedoch im Wesentlichen auf einfache Formen wie zylindrische Innen- und Außenkonturen beschränkt, liegt hier bislang eine Grenze für die Einsatzfähigkeit. Die Bearbeitung von 3D-Oberflächen (Freiformflächen), wie sie im Werkzeug- und Formenbau üblich sind, ist nur mit Einschränkungen möglich (u.a. kein automatischer Werkzeugwechsel, Pumpe erforderlich usw).

Lösungsweg

Ziel war es, ein neuartiges Rollierwerkzeug zu entwickeln, welches im Gegensatz zu vorhandenen Lösungen durch die nachfolgenden Punkte gekennzeichnet ist:

- automatisches Wechseln aus dem Magazin der Werkzeugmaschine
- keine Zusatzeinrichtungen wie beispielsweise Hydraulikaggregate notwendig
- kein Verschmutzen von Bauteil und Maschine
- wirtschaftlicheres Bearbeiten (in Analogie der Fräskinematik)

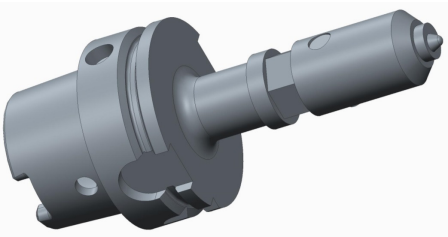

Bild 1: CAD-Modell Werkzeugprototyp zum 3-D-Rollieren

Dieses Werkzeugkonzept sollte prinzipiell auf der Kinematik eines Fräswerkzeugs beruhen, dessen „Schneiden" Wälzkörper sind. Nach ersten Vorüberlegungen sollte das Werkzeugkonzept im Wesentlichen aus zwei Komponenten bestehen: einem Grundkörper und wechselbare Rollier-Einheiten.
Die angestrebte Lösung sollte es ermöglichen, dass bekannte Verfahren des Rollierens auf den Bereich komplexer Geometrien zu erweitern. Somit sollte erreicht werden, manuelle Verfahren der Oberflächenbehandlung, insbesondere das Polieren, zu reduzieren bzw. vollständig zu ersetzen.
Für die Umsetzung wurden im Rahmen des Projektes die Entwicklung, Konstruktion und Funktionstests anhand von prototypischen Werkzeugen durchgeführt. In Bild 1 ist das Konstruktionsmodell eines Prototyps beispielhaft dargestellt.

Ergebnisse

Zunächst wurden verschiedene Konstruktionsvarianten erarbeitet und entsprechend bewertet. Ausgewählte konstruktive Lösungsansätze wurden im Anschluss auskonstruiert und als Prototypen hergestellt (Bilder 1 und 2). Umfassende Funktionstests wurden sowohl an planen und komplexen 3D-Oberflächen als auch an verschiedenen Werkstoffen durchgeführt. Im Ergebnis kann auf eine deutliche Verbesserung der Oberflächenqualität verwiesen werden.

Die Funktionstests wurden auf dem 5-Achs-Bearbeitungszentrum DMU 125 P im Versuchsfeld der GFE durchgeführt. Es wurde ein 3-D-Profil durch Fräsen hergestellt und anschließend mit dem entwickelten Werkzeugprototyp zum Rollieren nachbearbeitet (siehe Bild 3). Bei diesen Tests wurde beispielsweise auch der aus dem Werkzeug- und Formenbau bekannte Warmarbeitsstahl X38CrMoV5-1 (~43 HRC) ausgewählt.

Bild 2: Werkzeugprototyp zum 3-D-Rollieren

Durch die Rollierbearbeitung konnte die Oberflächenqualität deutlich verbessert werden. So wurde beispielsweise der arithmetische Mittenrauwert von $R_a = 0{,}27\ \mu m$ (nach dem Fräsen) auf $R_a = 0{,}03\ \mu m$ verbessert. Auch die gemittelte Rautiefe konnte von $R_z = 1{,}31\ \mu m$ auf $R_z = 0{,}22\ \mu m$ verbessert werden. Damit einhergehend konnte der Traganteil um bis zu 97 % erhöht werden.

Bild 3: Anwendungsbeispiel 3-D-Rollieren

Gefördert durch:
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

GFE - Gesellschaft für Fertigungstechnik und Entwicklung Schmalkalden e.V.
Näherstiller Str. 10 • 98574 Schmalkalden
Tel.: +49 3683 6900-43 • Fax: +49 3683 6900-16 • e-mail: r.schwaeblein@gfe-net.de

Ansprechpartner GFE:
Dr.-Ing. Reiner Schwäblein
Andreas Schulte, B.Eng.