

OPTISCHES INLINE-MESSSYSTEM OPTIMIERT KURBELWELLENBEARBEITUNG

Aktive Bauteilausrichtung

Bei präzisionsgeschmiedeten Langbauteilen können im Gegensatz zu konventionell spanend hergestellten Bauteilen Aufspannfehler entstehen, sodass die Bauteilachse nicht mit der Bearbeitungsachse übereinstimmt. Ein an der Leibniz Universität Hannover entwickelter Lösungsansatz beinhaltet die aktive Bauteilausrichtung vor der Bearbeitung. So soll die Nichtbearbeitung von Bauteiloberflächen verhindert und Ausschuss minimiert werden.

Rüdiger Gillhaus, Olaf Gümmer, Markus Kästner,
Eduard Reithmeier und Berend Denkena, Hannover

An der Leibniz Universität Hannover wird innerhalb des Sonderforschungsbereichs (SFB) 489 eine Prozesskette zur Herstellung präzisionsgeschmiedeter Hochleistungsbauteile erforscht. Die Entwicklung neuer Herstellungsverfahren eröffnet oftmals Potenziale zur Reduzierung von Produktionskosten, indem beispielsweise Prozessketten verkürzt werden können [1]. Neue Fertigungsverfahren benötigen jedoch auch neuartige, nachfolgende Prozessschritte.

Als Beispielbauteil dient eine Zweizylinderkurbelwelle, bei der alle Geometrielemente endkonturnah geschmiedet werden. Nach dem Präzisionsschmieden ist nur noch eine Hartfeinbearbeitung der Lagersitze mittels Schleifen vorgesehen. Die sonst übliche Grobbearbeitung der Haupt- und Hublager durch Fräs- und Drehprozesse, die in [2] beschrieben werden, entfällt. An den nach dem Schmiedeprozess in den äußeren Lagersitzen eingebrachten Zentrierbohrungen wird die Kurbelwelle zweiseitig in die Pendelhubschleifmaschine eingespannt.

Aufgrund fehlender Referenzen und auftretender Härteverzüge ist jedoch die Lage der Kurbelwelle nicht bauteilzentrisch, sodass Lageabweichungen in Form von Exzenter- und Taumelfehlern auftreten. Um die Lagersitze optimal bearbeiten zu können, entwickelten die Experten im Teilprojekt A5 des SFB 489 eine Bauteilerfassung zur Ermittlung der Lage und eine nachfolgende Bauteilausrichtung für den Schleif-

prozess. So soll das an den Lagersitzen vorhandene Materialaufmaß nach technologisch sinnvollen Kriterien für das Schleifen verteilt und der Bearbeitungsprozess optimiert werden. Hierfür ist ein Positioniersystem, bestehend aus einer optischen Messeinrichtung (Sensorik) und einem aktiven Reitstock (Aktorik), vorgesehen (Bild 1).

Mit diesem lassen sich zweiseitig gespannte Bauteile innerhalb eines Bearbeitungsprozesses aktiv ausrichten. Nachfolgend werden die Lösungsansätze der sensorischen und aktorischen Komponenten des Positioniersystems vorgestellt.

Auswahl der optischen Messtechnik

Die Anforderungen an die Inline-Messtechnik zur Prozesskontrolle und -überwachung sind vielfältig und je nach Anwendung neu zu definieren [3]. Zur Erfassung der Geometrie der präzisionsgeschmiedeten Zweizylinderkurbelwelle wird die optische Messtechnik eingesetzt (Bild 2). Diese hat gegenüber taktilen Verfahren mehrere Vorteile, wie beispielsweise eine schnellere Datenerfassung und eine höhere Datendichte.

Das optische Messsystem besteht aus einem Schattenprojektionssystem von der BA-Messtechnik GmbH, Bamberg, und einem konoskopischen Sensor von Optimet Ltd., Israel.

Die Haupt- und Hublager werden mittels Schattenprojektion und die kom-

plexe Geometrie der Kurbelwangen mit einem konoskopischen Sensor erfasst. Diese Messdaten werden für eine Bauteilausrichtung nach volumetrischen Aspekten benötigt [4]. Das Messsystem ist an einer horizontalen und einer vertikalen Linearachse befestigt. So kann das Messsystem dem Bauteil zugestellt und nach der Datenerfassung aus dem Bearbeitungsraum des Schleifprozesses herausgefahren werden.

Des Weiteren ist das Messsystem innerhalb der Pendelhubschleifmaschine gekapselt. Da bei der Hartfeinbearbeitung der Haupt- und Hublager viel Kühlschmiermittel eingesetzt wird, ist eine Schutzumhausung notwendig. Diese wird mit Überdruck beaufschlagt; das soll den Kontakt zwischen dem optischen Messsystem und der Ölemulsion verhindern.

Die komplette Messtechnik wird durch eine Aufnahmekonstruktion in die Pendelhubschleifmaschine integriert. Eine einseitige Höhen- und Dreheinrichtung richtet das Messsystem zur Bearbeitungsachse der Schleifmaschine aus. So kann das Messsystem mit einem Zylindernormal ausgerichtet und eingemessen werden. Für die Berechnung der Lage des eingespannten Bauteils müssen linienhafte Rotationsschnitte erfasst werden. Daher ist das Drehwinkelsignal der Pendelhubschleifmaschine mit den Daten der optischen Sensoren zu synchronisieren.

Nach der Auswertung der Messdaten ist die Lage des Bauteils in Bezug auf ►

Autoren

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Rüdiger Gillhaus, geb. 1977, arbeitet seit 2006 in der Arbeitsgruppe Fertigungsmess- und Prüftechnik am Institut für Mess- und Regelungstechnik der Leibniz Universität Hannover.

Dipl.-Ing. Olaf Gümmer, geb. 1982, arbeitet seit 2008 in der Arbeitsgruppe Angewandte Mechatronik am Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen der Leibniz Universität Hannover.

Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Markus Kästner, geb. 1975, promovierte 2008 am Institut für Mess- und Regelungstechnik und ist seitdem Leiter der Arbeitsgruppe Fertigungsmess- und Prüftechnik am Institut für Mess- und Regelungstechnik der Leibniz Universität Hannover.

Prof. Dr.-Ing. Eduard Reithmeier, geb. 1957, leitet seit 1998 das Institut für Mess- und Regelungstechnik der Leibniz Universität Hannover.

Prof. Dr.-Ing. Berend Denkena, geb. 1959, leitet seit 2001 das Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen der Leibniz Universität Hannover.

Kontakt

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Rüdiger Gillhaus
ruediger.gillhaus@imr.uni-hannover.de

Dipl.-Ing. Olaf Gümmer
guemmer@ifw.uni-hannover.de

www.qm-infocenter.de

Diesen Beitrag finden Sie online unter der Dokumentennummer: **QZ110296**

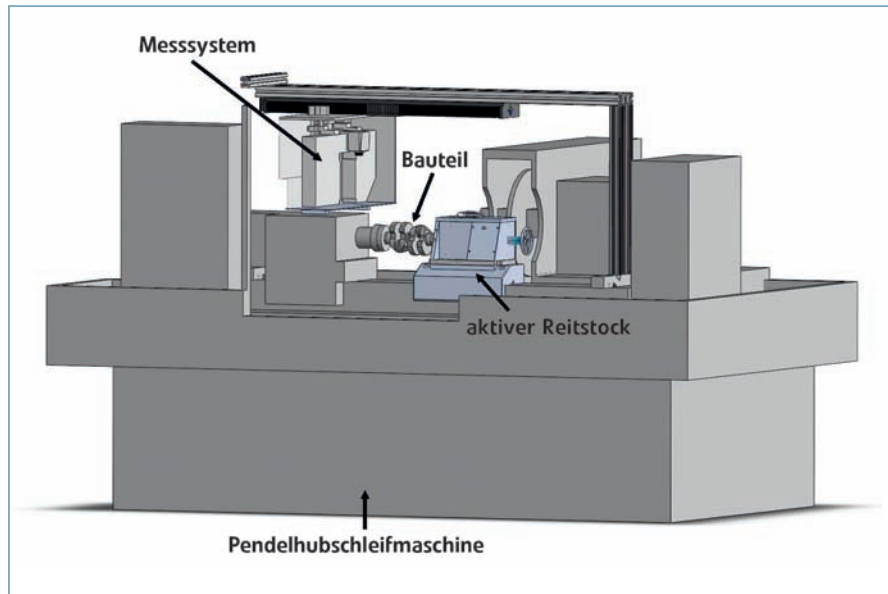


Bild 1. Prinzipskizze der Messsystem-Integration und des aktiven Reitstocks

die Bearbeitungsachse der Schleifmaschine bekannt. An die Aktorik wird ein Lage-Korrekturvektor übergeben, um das Bauteil in der optimalen Lage bearbeiten zu können.

Die Lageabweichung kann in Form eines Exzenter- und/oder eines Taumelfehlers vorliegen. Zur Korrektur des Exzenterfehlers soll der Freiheitsgrad des Pendelhub der Schleifmaschine eingesetzt werden. Ein entsprechender Wert wird der Maschinensteuerung in Abhängigkeit der Winkellage der Kurbelwelle übergeben.

Der Taumelfehler der Kurbelwelle soll durch einen aktiven Reitstock korrigiert werden (Bild 3). Dazu muss der aktive Reitstock während der Bearbeitung einen Gegentaumel erzeugen. Hierzu ist ein dynamischer Antrieb der Reitstockspitze in zwei Freiheitsgraden in Abhängigkeit der Winkellage und Winkelgeschwindigkeit notwendig.

Korrektur der Bearbeitungslage

Adaptronische Elemente (bestehend aus Aktorik und Sensorik) werden in Werkzeugmaschinen zur Kompensation von Schwingungen und zur Steigerung der Genauigkeit sowie der Dynamik bei gleichzeitig geringerem Gewicht integriert [5]. Die Spannlagelagerung der präzisionsgeschmiedeten Zweizylinderkurbelwelle soll während des Schleifprozesses durch einen aktiven Reitstock mit adaptronischen Elementen korrigiert wer-

den. Die Auslegung des aktiven Reitstocks erfolgte anhand folgender Anforderungen:

Im abschließenden Schleifprozess der Haupt- und Hublager rotiert die Kurbelwelle mit einer maximalen Drehzahl von 600 U/min. Dies entspricht einer Dynamikanforderung von 10 Hz an den aktiven Reitstock. Ferner muss der Stellweg der Reitstockspitze ± 2 mm in zwei Freiheitsgraden erreichen, um einen entsprechenden Taumelfehler innerhalb des Aufmaßes korrigieren zu können.

Des Weiteren muss die Steifigkeit des aktiven Reitstocks der des passiven Reitstocks von $30 \text{ N}/\mu\text{m}$ entsprechen. Um die Schleifqualität auch bei aktiver Bauteilausrichtung zu gewährleisten, soll der aktive Reitstock im Prozess bei auftretenden Prozesskräften eine Positioniergenauigkeit von $\pm 1 \mu\text{m}$ erreichen. Dabei muss die Aktorik zur dynamischen Positionierung der Kurbelwelle und zum Prozesskraftausgleich eine Kraft von mindestens 2 000 N über den gesamten Stellbereich zur Verfügung stellen. Die Baugröße des aktiven Reitstocks darf dabei die Abmessungen des passiven Reitstocks nicht wesentlich überschreiten.

Als Aktorkinematik wurde im aktiven Reitstock eine Box-in-a-Box-Konstruktion aus zwei Linearachsen gewählt. Eine Linearachse wird dabei über zwei einfach wirkende hydraulische Kurzhub-Einschraubzylinder realisiert, die über ein Servoventil gegenläufig angesteuert werden. Durch den Einsatz hydraulischer Kurzhub-Einschraubzylinder mit einem

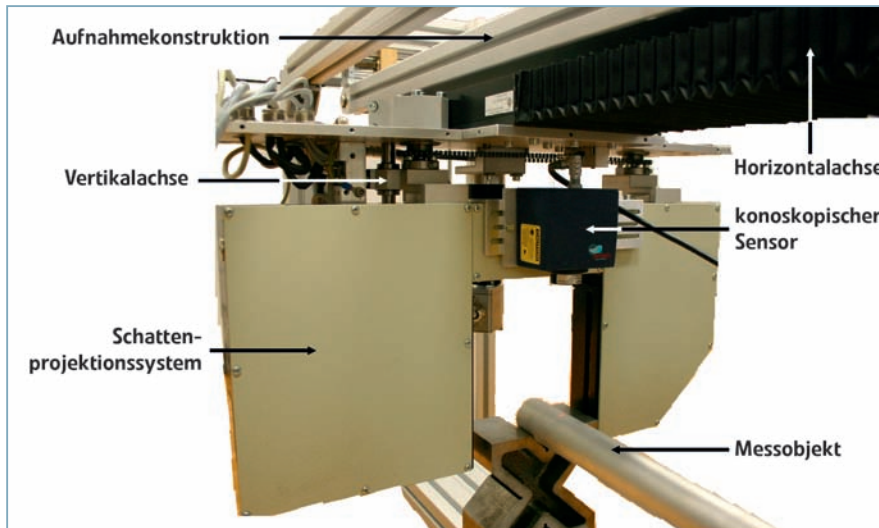


Bild 2. Messsystem zur Erfassung geometrischer Merkmale

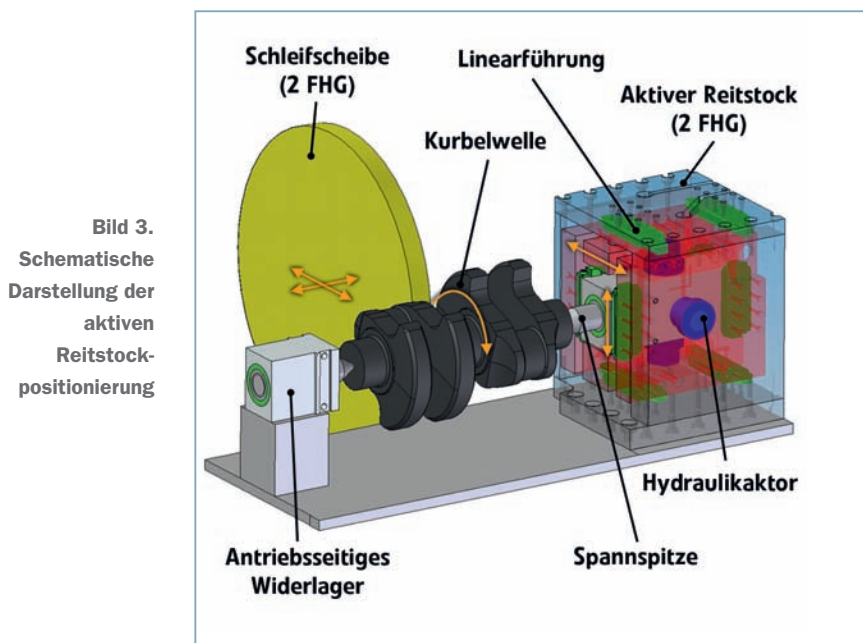


Bild 3.
Schematische
Darstellung der
aktiven
Reitstock-
positionierung

Hub von jeweils 4 mm konnte die Aktorik sehr kompakt konstruiert werden, so dass sich diese in die Abmessungen des passiven Reitstocks integrieren ließ. Neben der hohen Energiedichte bietet die Hydraulik auch Vorteile durch stufenlose Änderung der Antriebsbewegung sowie eine hohe Kräfteerzeugung unabhängig vom Stellweg [6].

Parallel zur Simulation der Hydraulikpositionierung wurde auch ein Versuchstand einer hydraulischen Achse aufgebaut. Zurzeit wird an der Verifizierung der Simulationsergebnisse sowie der Reglerauslegung zur Erreichung der geforderten Positioniergenauigkeit geforscht.

Mit der aktiven Bauteilausrichtung auf Basis optischer Messdaten kann ein zwei-

seitig gespanntes Bauteil in seiner Aufspannung vor der Bearbeitung geometrisch erfasst und auf Basis der Messdaten das Bauteil aktiv in die optimale Lage ausgerichtet werden. Dieses Ausrichtprinzip lässt sich auch auf weitere zweiseitig gespannte Bauteile übertragen. Somit können die Durchlaufzeiten deutlich verkürzt werden, da der manuelle Ausrichtprozess entfällt und Aufmaße reduziert werden. Zudem lässt sich die Bauteilqualität verbessern.

Ausblickend werden die Ansätze im Teilprojekt A5 weiterentwickelt und anhand der präzisionsgeschmiedeten Kurbelwelle im Rahmen des SFB 489 verifiziert. Eine Übertragung der Ergebnisse auf weitere Anwendungsbereiche wird angestrebt. □

Danksagung

Die Autoren danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die finanzielle und organisatorische Unterstützung der vorgestellten Arbeiten im Rahmen des Teilprojekts A5 „Aufmaßorientierte Feinpositionierung“ innerhalb des Sonderforschungsbereichs 489 „Prozesskette zur Herstellung präzisionsgeschmiedeter Hochleistungsbauteile“.

Literatur

- 1 Bach, F.-W.; et al.: Integrierte Prozessketten, eine Notwendigkeit zum Präzisionsschmieden. *UTFscience* 2 (2003), S. 1–8
- 2 ThyssenKrupp Gerlach GmbH: Kraftfahrzeugkurbelwellen: Konstruktion, Berechnung, Herstellung. Verlag Moderne Industrie, Landsberg/Lech, 2001
- 3 Beck, R.; et al.: Mit Inline-Messtechnik zum Erfolg. *Aachener Werkzeugkolloquium* 2005, S. 277–306
- 4 Haase, R.; Kästner, M.; Gillhaus, R.: Auswuchten ade! *QZ – Qualität und Zuverlässigkeit*, 52 (2007) 4, Carl Hanser Verlag, München, S. 54–57
Dokumentenummer online: QZ102393
- 5 Simnofske, M.; Raatz, A.; Hesselbach, J.: Design process for adaptronic machine tools. *Engineering Research and Development (WGP)*, Volume 3, Heft 4/5, 2009, S. 461–468
- 6 Will, D.; Gebhardt, N.: *Hydraulik – Grundlagen, Komponenten, Schaltungen*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2008