

1 Einleitung

German Introduction

Aufgrund zunehmender Anforderungen an die Tragfähigkeit, das Anregungsverhalten und den Wirkungsgrad von Zahnradgetrieben kann auf die Hartfeinbearbeitung von Verzahnungen in vielen Fällen nicht mehr verzichtet werden. Die Hartfeinbearbeitung durch Schleifen ist wegen hoher erreichbarer geometrischer Genauigkeit und Oberflächengüte ein etablierter Fertigungsschritt zur Endbearbeitung von Verzahnungen für unterschiedlichste Anwendungsfälle [BAUS06]. Für die Übertragung von Leistungen und Drehbewegungen zwischen nicht parallelen Achsen kommen häufig Kegelräder zum Einsatz. Kegelräder werden insbesondere bei hohen Anforderungen an die geometrische Genauigkeit und Reproduzierbarkeit geschliffen [STAD05b]. Neben der Anwendung in der Luftfahrtindustrie ist das Kegelradschleifen als hochproduktives Fertigungsverfahren in der Serienfertigung von Automobilgetrieben etabliert [KLIN08].

Im industriellen Umfeld erfolgt die Auslegung von Kegelradschleifprozessen meist erfahrungsorientiert [WESE09]. Für die verwendeten Prozessparameter ist oft nicht bekannt, ob diese im Bereich der maximalen Produktivität liegen, bei der noch keine negative Bauteilbeeinflussung auftritt. Eine effiziente Auslegung produktiver Schleifprozesse kann mithilfe der Schleifkraft erfolgen. Die Kenntnis der Schleifkraft ist für die Vorhersage sowohl der thermischen Beeinflussung der Bauteilrandzone als auch der Belastung und somit des Verschleißes der Schleifwerkzeuge essentiell [TÖNS92]. Die Schleifkraft spielt daher eine entscheidende Rolle bei der wissensbasierten Schleifprozessauslegung. In etablierten Modellen wird die Schleifkraft häufig basierend auf den geometrischen Spanungskenngrößen berechnet [WERN71, TÖNS92]. Für das Kegelradschleifen können bislang jedoch weder die lokalen geometrischen Spanungskenngrößen noch die Schleifkraft vorhergesagt werden.

In dieser Arbeit soll zunächst ein Modell zur Abbildung der geometrischen Spanungskenngrößen beim Kegelradschleifen entwickelt werden. Anschließend soll überprüft werden, ob für das Kegelradschleifen existierende Modelle zur Vorhersage der Schleifkraft angewendet werden können. Weil sich insbesondere die Kontaktbedingungen und die Kinematik des Tauchschiebens von Kegelrädern von konventionellen Schleifprozessen unterscheiden, liegt der Fokus in dieser Arbeit auf dieser Prozessvariante. Durch das zu entwickelnde Schleifkraftmodell wird die Grundlage für eine zukünftige wissensbasierte Prozessauslegung beim Kegelradschleifen geschaffen. Das Modell soll in Zukunft die effiziente Auslegung produktiver Kegelradschleifprozesse unterstützen, in denen Schleifbrand prozesssicher vermieden wird. Basierend auf der Schleifkraftvorhersage können zudem Modelle zur Vorhersage des Werkzeugverschleißes und der thermischen Bauteilbeeinflussung entwickelt werden.

Introduction

Due to increasing demands on the load-carrying capacity, noise excitation behavior and efficiency of gear drives, hard finishing of gears has become indispensable in many cases. Because of high achievable geometric accuracy and surface finish, hard finishing by grinding is an established process step for the machining of gears for a wide variety of applications [BAUS06]. For the transmission of power and rotation between non-parallel axes, bevel gears are often used. Bevel gears are ground especially in case of high demands on geometric accuracy and reproducibility [STAD05b]. In addition to the application in the aerospace industry, bevel gear grinding is established as a highly productive manufacturing process in the series production of automotive transmissions [KLIN08].

In the industrial environment, the design of bevel gear grinding processes is usually performed based on experience [WESS09]. Commonly it is not known whether the derived process parameters lie within the range of the maximum productivity at which no negative influence on the workpiece occurs. An efficient design of productive grinding processes can be performed with the aid of the grinding force. The knowledge of the grinding force is essential for the prediction of the thermal influence on the workpiece as well as the load and thus the wear of the grinding tools [TÖNS92]. Therefore, the grinding force plays a decisive role in knowledge-based grinding process design. In established models, the grinding force is often predicted based on the geometric chip parameters [WERN71, TÖNS92]. For bevel gear grinding, so far, no models for the prediction of the local geometric chip parameters or the grinding force exist.

In this thesis, a model of the contact conditions and the resulting chip parameters for bevel gear grinding shall be developed. Subsequently, it will be analyzed whether existing models for the prediction of the grinding force can be applied for bevel gear grinding. Because in particular the contact conditions and kinematics of bevel gear plunge grinding differ from conventional grinding processes, the focus of this research is on this process variant. By means of the model to be developed, a basis for future knowledge-based process design in bevel gear grinding will be created. The model is supposed to support the efficient design of productive bevel gear grinding processes in which grinding burn is reliably avoided. Based on the grinding force prediction, it will also be possible to develop models for predicting grinding tool wear and the thermal influence in bevel gear grinding.