

Entwicklung einer Methodik zur Erhöhung der Energieeffizienz in der spanenden Bearbeitung am Beispiel des Drehens

Die vorliegende Dissertation beschäftigt sich mit der Steigerung der Energieeffizienz beim Drehen durch eine gezielte Analyse und Optimierung der Prozessparameter. Ausgangspunkt ist die Beobachtung, dass die bisher in der industriellen Praxis eingesetzten Schnittwerte meist auf Erfahrungswerten, Herstellerangaben oder Ausbildungsrichtlinien basieren. Diese bieten zwar eine solide Grundlage für qualitativ hochwertige Bearbeitungen, bilden jedoch nicht zwangsläufig das energetische Optimum ab.

Ziel dieser Arbeit ist es, ein methodisches Vorgehen zur energieoptimierten Auslegung von Schnittparametern zu entwickeln. Dazu werden zunächst die wesentlichen Einflussfaktoren auf den Energieverbrauch beim Drehen identifiziert. Neben technologischen Parametern wie Schnittgeschwindigkeit, Vorschub, Schnitttiefe und Werkzeugmaterialien werden auch nicht-technologische Größen wie der Einsatz von Kühlschmierstoffen (KSS) und Maschineneinstellungen untersucht. Ein besonderer Fokus liegt auf der differenzierten Bewertung des Beitrags dieser Parameter zum Gesamtenergieverbrauch.

Zur quantitativen Erfassung der Zusammenhänge wird ein statistisches Versuchsplanungsverfahren eingesetzt. Damit lassen sich die Beziehungen zwischen Eingangsgrößen (Prozessparametern) und Ausgangsgrößen (Energieverbrauch) modellieren und analysieren. Die daraus abgeleiteten mathematischen Modelle ermöglichen eine gezielte Prozessoptimierung mit dem Ziel, die Energieeffizienz zu steigern, ohne die Bearbeitungsqualität zu beeinträchtigen.

Die Forschungsarbeit gliedert sich in drei Hauptschritte: (1) Entwicklung einer Methode zur Identifizierung der energierelevanten Einflussfaktoren, (2) Aufbau eines Modells zur Beschreibung des Zusammenhangs zwischen gemittelter Schnittleistung und Prozessparametern sowie (3) Durchführung der Prozessoptimierung. Die Ergebnisse zeigen, dass durch geeignete Kombinationen von Schnittparametern signifikante Energieeinsparungen erzielt werden können. Damit leistet die Arbeit einen Beitrag zur nachhaltigen und ressourceneffizienten Gestaltung von Fertigungsprozessen in der Zerspanungstechnik.

Development of a Methodology to Increase Energy Efficiency in Machining Processes Using Turning as an Example

This dissertation focuses on improving energy efficiency in turning operations through the targeted analysis and optimization of process parameters. The starting point is the observation that, in industrial practice, cutting parameters are often based on empirical knowledge, manufacturer recommendations, or training guidelines. While these sources provide a solid foundation for achieving high-quality machining results, they do not necessarily represent the optimum in terms of energy efficiency.

The aim of this work is to develop a methodological approach for the energy-efficient design of cutting parameters. To this end, the main factors influencing energy consumption in turning processes are first identified. In addition to technological parameters such as cutting speed, feed rate, depth of cut, and tool materials, non-technological aspects such as the use of cooling lubricants (CLs) and machine settings are also examined. Particular emphasis is placed on a detailed evaluation of each parameter's contribution to total energy consumption.

To quantify these relationships, a statistical design of experiments (DoE) method is employed. This allows the modeling and analysis of the relationships between input variables (process parameters) and output variables (energy use). The resulting mathematical models enable targeted process optimization aimed at increasing energy efficiency without compromising the quality of the machined parts.

The research is structured into three main steps: (1) the development of a method to identify energy-relevant influencing factors, (2) the creation of a model describing the relationship between average power and process parameters, and (3) the implementation of process optimization. The results demonstrate that significant energy savings can be achieved through appropriate combinations of cutting parameters. Thus, this work contributes to the sustainable and resource-efficient design of manufacturing processes in the field of machining technology.