

Zusammenfassung

Industrieroboter besitzen aufgrund ihrer geringen Anschaffungskosten und dem im Vergleich zur Werkzeugmaschine günstigeren Kosten-Arbeitsraum-Verhältnis das Potenzial, die Fertigung der Zukunft maßgeblich zu beeinflussen. Aufgrund der bekannten Systemeigenschaften, insbesondere der geringen Steifigkeit sowie dem Bahnverhalten unter wechselnden Belastungen, werden Industrieroboter derzeit primär für die Fräsbearbeitung weicher beziehungsweise leicht zerspanbarer Werkstoffe verwendet. Die Fräsbearbeitung von Superlegierungen unter Nutzung von Industrierobotern ist bisher nicht erschlossen. Dabei bietet insbesondere die Fertigung kostenintensiver Bauteile aus Nickelbasislegierungen, aufgrund des im Verhältnis zur Werkzeugmaschine geringeren Maschinenstundensatzes eines Bearbeitungsroboters, ein hohes wirtschaftliches Einsparungspotenzial.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Entwicklung eines Fräsprozesses unter Nutzung von Standard-Industrierobotern zur Bearbeitung von Nickelbasislegierungen. Hierzu wurde eine umfassende Systemanalyse durchgeführt, um basierend auf den gewonnenen Erkenntnissen einen geeigneten Bearbeitungsprozess zu modellieren und zu verifizieren. Die Arbeit baut dabei auf einer detaillierten und umfassenden Analyse des Standes der Erkenntnisse bezüglich der Themen Bearbeitung, Robotik sowie Nickelbasislegierungen auf. Dabei nehmen die Betrachtungen der bekannten, relevanten Voruntersuchungen und bestehenden Erkenntnisse auf dem Gebiet der Bearbeitung mit Industrierobotern einen essentiellen Teil dieses Kapitels ein. Angeschlossen an den Stand der Erkenntnisse, die Systemanalyse und die Prozessqualifizierung wurden wirtschaftlich relevante Aspekte wie die Energiebilanz und der Maschinenstundensatz des Systems ermittelt.

Die Erkenntnisse der technologischen Untersuchungen zeigen, dass eine Bearbeitung von Nickelbasislegierungen mit Industrierobotern unter Verwendung des erarbeiteten Prozesses generell möglich ist. Die Untersuchungen zeigen dabei ein grundsätzliches Potenzial auf, das es im Zuge weiterführender Untersuchungen zu untermauern und zu optimieren gilt. Die Ergebnisse sind von großer Bedeutung und unmittelbar auf die praxisnahe Anwendung übertragbar, da die erzielten Erkenntnisse die industrielle Fertigung von Funktionsbauteilen ermöglichen. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit erweitern den bestehenden Stand der Technik um Erkenntnisse bezüglich der Bearbeitung von Nickelbasislegierungen und der Bearbeitung mit Industrierobotern im Allgemeinen. Sie tragen maßgeblich zur Weiterentwicklung sowie Optimierung der Bearbeitung und somit zur Qualifizierung einer industriellen Serienfertigung bei.

Abstract

Industrial robots can be a cheap alternative to conventional machine tools for future production. This fact is mainly based on the lower investment costs and the better ratio between costs and working space compared to machine tools. Moreover, the poor system performance, especially the lower stiffness and the path accuracy, are limiting the industrial usage of these systems. Nowadays, only the machining of soft or easy to machine materials is implemented in industrial applications. The milling of hard materials such as nickel-based alloys using industrial robots has not been developed, yet. Although especially the machining of costly parts made of nickel-based alloys could lead to higher economical savings.

This work deals with the development of a milling process for nickel-based alloys with standard industrial robots. For this purpose, a comprehensive system analysis was carried out. Following the analysis, a suitable machining process could be modeled due to the findings. The work is based on a detailed and extensive analysis of the state of the art regarding the topic of machining, robotics and nickel-based alloys. Considerations of the state of the art, relevant preliminary investigations and existing findings in the field of processing with industrial robots occupy an essential part of this chapter. Considering the state of the art, the system analysis and process qualification as well as economical aspects such as the energy balance and the machine hourly rate of the system were determined.

The new insights of the technological investigations show that the usage of the developed process allows the machining of nickel-based alloys with industrial robots. The investigations reveal a fundamental potential which has to be verified in further investigations. Although technological investigations were carried out on reference workpieces, the results are of great importance and can be directly transferred to industrial applications and functional parts. The results of the present work extend the existing state of the art with fundamental knowledge regarding the processing of nickel-based alloys and the machining with industrial robots in general. The findings contribute significantly to the further development and optimization of processing and thus to the qualification of an industrial series production of cost intensive parts made of nickel-based alloys.