

1 Einleitung

Bei der Herstellung von Komponenten für die Luft- und Raumfahrtindustrie müssen enge Toleranzen und hohe Qualitätsstandards erreicht und sichergestellt werden. Dies gilt insbesondere bei der Produktion sicherheitskritischer Komponenten wie z.B. der Turbinenscheibe. Speziell bei der Bearbeitung von hochtemperaturbeständigen Werkstoffen ist innerhalb kürzester Zeit ein erheblicher Anstieg des Werkzeugverschleißes durch hohe thermische und mechanische Belastungen zu beobachten. In der Regel erreichen Zerspanwerkzeuge durch einen kontinuierlichen Verschleiß an Span- und Freifläche dabei ihre Standzeitenden. Verschlissene Werkzeuge erhöhen die auf das Bauteil einwirkende thermomechanische Beanspruchung und können so die Maßhaltigkeit sowie die Oberflächenintegrität des Bauteils negativ verändern. Ein bekanntes Beispiel für die Beeinflussung der Oberflächenintegrität des Werkstückes durch den Zerspanprozess ist der Flugzeugabsturz von Delta-Flug 1288 im Jahr 1996. Durch Mikrorisse auf der Oberfläche eines Bohrloches kam es zu einem Bruch einer Verdichterscheibe und dadurch zu einem katastrophalen Versagen des Triebwerkes. Untersuchungen ergaben, dass die Mikrorisse durch zu hohe Temperaturen während des Bohrprozesses, hervorgerufen durch einen zu hohen Werkzeugverschleiß, entstanden.

Des Weiteren beeinflusst der Verschleißzustand des Werkzeuges die Prozessstabilität. Da während der Produktion sicherheitskritischer Bauteile oft eine Unkenntnis über den aktuellen Verschleißzustand des Werkzeuges herrscht, werden, um den vorher beschriebenen Unsicherheitsfaktoren entgegenzuwirken, Werkzeuge bereits vor ihrem Standzeitende ausgewechselt. Ein frühzeitiger Werkzeugwechsel resultiert dabei in einer erhöhten Stillstandzeit der Maschine sowie in der Steigerung der Werkzeugkosten. Da die Werkzeugkosten in einem produzierenden Unternehmen einen erheblichen Kostentreiber darstellen, werden dadurch Einsparpotentiale nicht genutzt. Eine kontinuierliche Verschleißüberwachung des Werkzeuges stellt daher eine Lösung dieses Dilemmas dar.

Eine manuelle Bestimmung des Werkzeugverschleißes ist sehr zeitaufwendig und dadurch mit langen Stillstandzeiten der Maschine verbunden. Diese Stillstandzeiten übertreffen jedoch die potentiell eingesparten Werkzeugkosten. Im Forschungsumfeld ist die Verwendung von Kraftmessplattformen basierend auf dem piezoelektrischen Effekt etabliert. Arbeiten zur Verschleißüberwachung mit Hilfe dieser Messtechnik sind in der Literatur weit verbreitet. Nachteile dieser Messtechnik sind jedoch die hohen Anschaffungskosten sowie die Beeinflussung der Prozesskinematik, da Kraftmessplattformen sehr große Abmaße aufweisen und diese in den Maschinenraum integriert werden müssen.

Für die Industrie ist daher ein kostengünstiges Prozessüberwachungssystem zur Überwachung des Bohrprozesses ohne aufwendige Modifikationen der Maschine und zur Beurteilung des vorherrschenden Werkzeugverschleißes wünschenswert. Eine geeignete Lösung hierfür kann die Realisierung eines Überwachungssystems unter der Verwendung des im Prozess emittierten Körperschallsignals darstellen.

Untersuchungen auf diesem Forschungsgebiet zeigten bereits, dass das Körperschallsignal zur Identifizierung von Materialeigenschaften im Prozess geeignet ist. Aufgrund der Erzeugung sehr großer Datenmengen auf der Basis hoher Abtastraten wurde in der Vergangenheit zumeist der Effektivwert (RMS-Wert) des Sensors analysiert. Das RMS-Signal beinhaltet jedoch mit einer Abtastrate von etwa $f = 20 \text{ kHz}$ im Vergleich zum Körperschallrohrsignal einen deutlich geringeren Informationsgehalt. Der quantitative Zusammenhang zwischen dem beim Bohrprozess entstehenden Körperschallrohrsignal und dem Zerspanbarkeitskriterium Verschleiß ist zum aktuellen Zeitpunkt weitestgehend unbekannt und muss daher für die Realisierung eines Überwachungssystems erforscht werden.

Introduction

In the production of components for the aerospace industry, tight tolerances and high quality standards must be achieved and ensured. This applies in particular to the production of safety-critical components such as the turbine disk. Especially when machining high-temperature resistant materials, a considerable increase in tool wear can be observed within a very short time due to high thermal and mechanical loads. As a rule, cutting tools reach the end of their service life due to continuous wear on rake and flank surfaces. Worn tools increase the thermomechanical load acting on the component and can thus negatively change the dimensional accuracy and the surface integrity of the component. A well-known example of how the surface integrity of the workpiece can be affected by the machining process is the Delta Flight 1288 air crash in 1996. Micro-cracks on the surface of a drilled hole caused a compressor disk to break, resulting in a catastrophic failure of the engine. Investigations revealed that the micro-cracks were caused by excessive temperatures during the drilling process, caused by excessive tool wear.

Furthermore, the wear condition of the tool influences the process stability. Since there is often a lack of knowledge about the current wear condition of the tool during the production of safety-critical components, tools are replaced before the end of their service life in order to counteract the uncertainty factors described above. An early tool change results in an increased downtime of the machine as well as in an increase of tool costs. Since tool costs represent a considerable cost driver in a manufacturing company, savings potentials are not utilised as a result. A solution to this dilemma would be continuous wear monitoring of the tool.

Manual determination of tool wear is very time-consuming and thus associated with long machine downtimes. However, these downtimes would exceed the potentially saved tool costs. In the research environment, the use of force measurement platforms based on the piezoelectric effect is well established. Work on wear monitoring using this measurement technique is widespread in the literature. However, the disadvantages of this measurement technique are the high acquisition costs and the influence on the process. Since force measurement platforms have very large dimensions and have to be integrated into the machine room, it is not possible to monitor every process using piezoelectric measurement technology.

A cost-effective process monitoring system is therefore desirable for the industry to monitor the drilling process without costly modifications to the machine and to assess the prevailing tool wear. A suitable solution for this can be the realization of a monitoring system using acoustic emission signal emitted in the process. Investigations in this field of research have already shown that the acoustic emission signal is suitable for identifying material properties in the process. Due to the generation of very large amounts of data based on high sampling rates, the effective value (RMS value) of the sensor was mostly analyzed in the past. However, with a sampling rate of about $f = 20$ kHz, the RMS signal contains a significantly lower information content compared to the raw acoustic emission signal. The quantitative correlation between the raw acoustic

emission signal generated during the drilling process and the machinability criterion wear is largely unknown at the present time and must therefore be researched for the realization of a monitoring system.