

Hochauflösende Temperaturmessung für Smart Production

High-Resolution Temperature measurement for Smart Production

Im Projekt CHIP verbessert die Ceratizit Austria GmbH (Konsortialführung) gemeinsam mit der TU Darmstadt, dem Material Center Leoben und dem Institut für Fertigungstechnik im Rahmen eines FFG-Projekts die Erfassung und Analyse von Wärmeflächen in der Fräsbearbeitung. Dabei ist dem Team eine kleine Sensation gelungen.

„Das Sensationelle unserer Arbeit steckt in dieser unscheinbaren Grafik“, sagt Franz Haas vom Institut für Fertigungstechnik und zeigt auf ein Diagramm, das einen sägezahnartigen Temperaturverlauf über den Zeitraum einer Zehntelsekunde wiedergibt (siehe Abbildung 2). Gemessen wurde die Schnitttemperatur, die beim Fräsen einer Titanlegierung (Ti64) an der Schneidkante auftritt. Die dazu nötige Abtastfrequenz beträgt 20 kHz und war nur mit einer eigenentwickelten Hardware möglich. Mit anderen Worten: In einer Sekunde werden 20.000 Temperaturwerte erfasst und verarbeitet. Das an der TU Graz entwickelte Verfahren ist damit rund zwölf Mal genauer als das beste derzeit am Markt erhältliche System für die Prozessdatenerfassung beim Fräsen, dessen Abtastfrequenz bei maximal 1,6 kHz liegt.

Es gibt Werkstoffe, bei denen es äußerst wichtig ist, die Temperaturentwicklung während der Bearbeitung zu kennen: etwa Titanlegierungen, die im Leichtbau eingesetzt werden, und auch Kohlefaser-Verbundwerkstoffe (CFK). CFK-Materialien kommen häufig in der Luft- und Raumfahrt zum Einsatz, denn sie bieten maximale Steifigkeit bei minimalem Gewicht. Ein Risiko in ihrer Bearbeitung besteht jedoch darin, dass hohe Temperaturen die Matrix schädigen und

In the CHIP project, Ceratizit Austria GmbH together with TU Darmstadt, the Materials Center Leoben and TU Graz's Institute of Production Engineering, is improving temperature measurement in a milling tool in the framework of an Austrian Research Promotion Agency (FFG) project. While doing so, the team managed to pull off a small sensation.

“What is sensational about our project can be found hidden away in this rather inconspicuous chart,” says Franz Haas from the Institute of Production Engineering as he points to a diagram reproducing a saw-toothed temperature progression for the period of a tenth of a second (Figure 2). The cutting temperature resulting from milling a titanium alloy (Ti64) was measured on the cutting edge. The sampling frequency necessary for this amounts to 20 kHz and was only possible due to a piece of hardware developed by the Institute. In other words: 20,000 temperature values are captured and processed in 1 second. The method developed at TU Graz is thus twelve times more accurate than the best system currently available on the market for process data acquisition during milling, which has maximum sampling rate of 1.6 kHz.

It is extremely important to know the temperature development of some materials during processing: for instance, in titanium alloys, which are used in lightweight construction, and also in carbon-fibre reinforced polymers (CFRP). CFRP materials frequently find application in the aerospace industry due to the fact that they offer maximum stiffness at minimum weight. One risk involved in their processing is that the high temperatures can damage the matrix, thus destroying the



Abbildung 1:
 Versuchsaufbau für den Systemvergleich bei der
 Temperaturmessung im Fräs Werkzeug und im
 Werkstück.

Figure 1:
 Test set-up for system comparison during
 temperature measurement.

somit der Materialverbund zerstört wird. Später kann es unter Belastung zur plötzlichen Zersplitterung oder zum Bruch des verbauten Materials als Folge einer Delaminierung der Struktur kommen. Daher ist es extrem wichtig, materialabhängige Temperaturgrenzwerte beim Fräsen nicht zu überschreiten. „Wo bislang Messungen einen Mittelwert der entstehenden Temperaturschwankungen ausgeworfen haben, lässt unser hochauflösendes Verfahren auch die Temperaturspitzen während der Bearbeitung erkennen, und zwar auf die Einzelschneide des Werkzeugs aufgelöst“, erläutert Franz Haas.

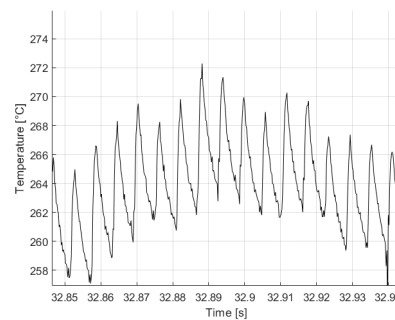
Darmstadt, Reutte, Leoben, Graz

Der Name für das Forschungsprojekt CHIP steht für „**C**ompetence through **H**ighly **I**ntelligent **P**roduction with a **U**nique Temperature Sensor in Milling Tools“ (Kompetenz durch hochintelligente Produktion mit einzigartiger Temperatur-Sensorik in Fräswerkzeugen). „Chip ist das englische Wort für einen Span, das Abfallprodukt vom Fräsen, aber natürlich spielt der Projektname auch auf die Elektronik an, die wir hier entwickeln“, sagt Franz Haas. Die TU Graz arbeitet bei CHIP mit dem Institut für Produktionstechnik der TU Darmstadt und dem K2-Zentrum Materials Center Leoben zusammen. Abwicklerin und Konsortialführerin des von der Forschungsförderungsgesellschaft FFG geförderten Projekts ist die Ceratizit Group. Das Tochterunternehmen der Tiroler Plansee AG ist auf Zerspanungswerkzeuge und Hartmetalllösungen für die Präzisionsbearbeitung eines sehr breit gefächerten Werkstoff-Spektrums spezialisiert.

„Die Zusammenarbeit mit dem Unternehmen und den Forschungspartnern verläuft sehr gut“, berichtet Haas. Das Projektteam trifft sich vier Mal im Jahr, um Zwischenergebnisse auszutauschen und nächste Schritte zu besprechen. Die Treffen finden abwechselnd in Darmstadt, Reutte, Leoben und Graz statt. „Zuletzt waren die Partner in Reutte. Es sind immer sehr produktive Meetings, bei denen auch der persönliche Austausch gepflegt wird.“

Datenmengen und Erfahrungswissen

Für Franz Haas ist das Erfahrungswissen, das auf der persönlichen Ebene ausgetauscht wird, etwas, das vor dem Hintergrund von Big Data manchmal Gefahr läuft, zu kurz zu kommen. Es ist überraschend, dies aus dem Mund eines Technikprofessors zu hören, an dessen Institut gerade eine Messmethode verbessert wurde, wenn Haas in einer Nebenbemerkung sagt: „Es gibt im >



© Institut für Fertigungstechnik

Abbildung 2:
Verlauf der Schnitttemperatur an der Schneidkante beim Fräsen einer Titanlegierung.

Figure 2:
The cutting temperature gradient at the cutting edge while milling a titanium alloy.

material-composite structure. This can lead to sudden fragmentation when subjected to stress at a later stage or to a fracture of the included materials as a result of a delamination of the structure. For this reason it is extremely important not to exceed the material-dependent temperature limits during milling. “Whereas measurements have returned an average value of the occurring temperature fluctuations, our high-resolution method also allows temperature peaks during processing to be recognised – even at the individual teeth of the tool,” explains Franz Haas.

Darmstadt, Reutte, Leoben, Graz

The name of the research project CHIP stands for “Competence Through Highly Intelligent Production with a unique Temperature Sensor in Milling Tools”. “A chip is of course a waste product from milling, but the name of the project also hints at the electronic we’re developing,” says Franz Haas. TU Graz is working on the CHIP project together with the Institute of Production Management, Technology and Machine Tools at TU Darmstadt and the K2-centre Materials Center Leoben. The operator and consortium manager of the Austrian Research Promotion Agency (FFG) funded project is the Ceratizit Group. The affiliated company of the Tyrolean Plansee AG specialises in cutting tools and hard-metal solutions for precision processing of a wide range of materials.

“Collaboration with the company and the research partners is running very well,” reports Haas. The project team meets up four times a year to exchange preliminary results and to talk about the next steps. Meetings take place alternately in Darmstadt, Reutte, Leoben and Graz. “The last meeting took place in Reutte. The meetings are always very productive, and take place on a personal level.”

Data volume and practical knowledge

For Franz Haas, exchanging practical knowledge on a personal level is at risk from missing out against the background of Big Data. It’s surprising >

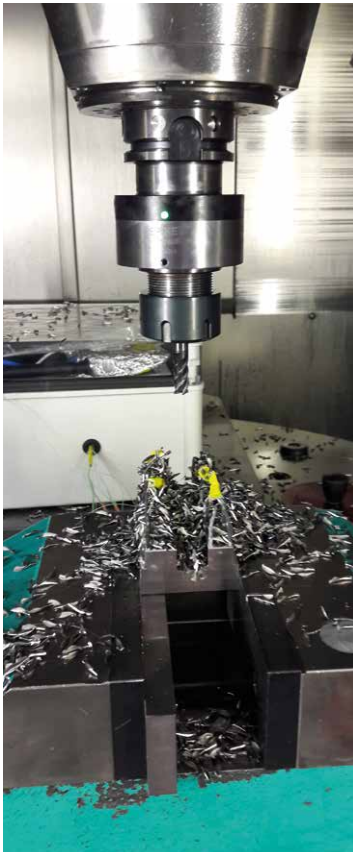


Abbildung 3:

**Ein Versuch mit Spänen,
dem Abfallprodukt beim Fräsen.**

Figure 3:

*A test using metal shavings,
the waste product during milling.*

Bereich der Fertigungsprozesse viel Know-how, das nicht niedergeschrieben ist. Dieses Erfahrungswissen, das nicht nachschlagbare Wissen, ist etwas Wertvolles, das man als für jedes Unternehmen essenziellen Schatz begreifen und digital nutzbar machen sollte.“

Doch zurück zum Projekt CHIP: Der Versuchsaufbau, die Prototyp-Entwicklung und insbesondere das Einbringen von nur 0,25 mm dicken Thermoelementen in speziell vorgefertigten Fräswerkzeugen waren mechatronisch sehr anspruchsvoll. Geleitet wurden die Versuche von der jungen Chinesin Wenqi Liu, einer Mechatronik-Absolventin der Johannes-Kepler-Universität Linz, die im Rahmen des Projekts seit beinahe zwei Jahren an ihrer Dissertation an der TU Graz arbeitet. Die Innovation von CHIP liegt für Haas im interdisziplinären Ansatz, nämlich in der Verschränkung von Mechanik, Elektronik und Software. „Gerade durch bessere Elektronik, Mess- und Regelungstechnik eröffnet sich im Hinblick auf Anwendungen in der Fertigungstechnik ein sehr großes Verbesserungspotenzial“, sagt der Fertigungstechnik-Professor. „Das vorliegende Projekt-Zwischenergebnis wird uns erlauben, das Fräsen und andere Fertigungsprozesse im Sinne von „Machine Learning“ noch effizienter zu gestalten. Das ist besonders für die Qualitätssicherung wichtig, wenn man temperatur-sensitive Werkstoffe bearbeitet. Die Herausforderung ist nun, einen Algorithmus zu entwickeln, mit dem man aus der Fülle der Daten diejenigen Ergebnisse herausfiltert, die zu konkreten Verbesserungen beim Werkzeug, in der Maschine und in der Produktqualität führen können.“

Text: Werner Schandor ■

to hear a technology professor talk like this, someone at whose institute a measuring method is being improved, when he says as an aside: “In the field of production processes there is a lot of know-how which is not written down. This practical knowledge, this knowledge which you can’t look up, is something very valuable that should be understood as an essential treasure for every company and made digitally useful.”

But back to the CHIP project. The experimental set-up, the development of the prototype and especially the attachment of only 0.25mm-thick thermoelements in specially prefabricated milling tools were mechatronically very challenging. The experiments were led by the young Chinese technologist Wenqi Liu, a mechatronics graduate from Johannes Kepler University Linz, who has been working on her doctoral thesis at TU Graz in the context of the project for almost two years. In Haas’s view, the innovation of CHIP lies in its interdisciplinary approach: namely, in the cross-over between mechanics, electronics and software. “Through better electronics, measurement and control technology, a huge improvement potential is opening up with respect to applications in production technology,” says the production technology professor. “The interim results of the present project will allow us to design milling and other production processes more efficiently in the spirit of machine learning. This is particularly important for quality assurance when you’re processing temperature-sensitive materials. The challenge now is to develop an algorithm by which one can filter results out of the mass of data which can lead to concrete improvements of the tool, in machine and product quality.”

Text: Werner Schandor ■

Abbildung 4:
**Projekttreffen des
CHIP-Teams in Reutte.**

Figure 4:

*Project Meeting of the
CHIP-team in Reutte.*



© Institut für Fertigungstechnik