



Fraunhofer

IPT

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR PRODUKTIONSTECHNOLOGIE IPT

PROCARBIMILL – INNOVATIVE PROZESSTECHNOLOGIE FÜR DAS FRÄSEN VON HARTMETALLEN





Der deutsche Werkzeug- und Formenbau und die Herstellung von Präzisionswerkzeugen sind bedeutende Wirtschaftszweige für den Industriestandort Deutschland. Ein wichtiger Trend ist die flexible und reproduzierbare Fertigung von Formwerkzeugen, die immer häufiger aus hochharten Werkstoffen wie vergüteten oder pulvermetallurgischen Stählen hergestellt werden. Inzwischen ist durch die steigenden Anforderungen an diese Formwerkzeuge in Richtung verlängerter Standzeiten und höherer Produktivität ein Trend zur Verwendung von Hartmetallen zu erkennen. Jedoch lassen sich die Hartmetalle im gesinterten Zustand nur schwer bearbeiten, daher sind Formwerkzeuge aus diesen Werkstoffen bis heute nur sehr begrenzt im Einsatz.

Das Ziel des KMU-innovativ-Projekts des Projekts »ProCarbiMill« war es daher, eine reproduzierbare und kostengünstige Fräsbearbeitung von Hartmetallen zu ermöglichen. Dazu wurde die Technologieentwicklung bei den Fräsworkzeugen eng mit der systematischen Anpassung entsprechender Fräsprozesse verknüpft. Die Ergebnisse schaffen eine leistungsfähige Fertigungstechnologie vor allem für den Werkzeug- und Formenbau: Dadurch lassen sich nicht nur unproduktivere und weniger flexible Verfahren wie die Funkenerosion (EDM), das elektrochemische Abtragen (ECM) oder das Schleifen ersetzen, sondern an vielen Stellen überhaupt erst bestimmte Formwerkzeuge aus Hartmetallen effizient herstellen.

Projektträger Karlsruhe: Bereich Produktion, Dienstleistung und Arbeit

Mit der Fördermaßnahme KMU-innovativ als Teil der Hightech-Strategie der Bundesregierung verfolgt das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) das Ziel, das Innovationspotenzial kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU) im Bereich Spitzenforschung zu stärken. Vor diesem Hintergrund wird auch das Forschungsförderungsprogramm »Rahmenkonzept

Forschung für die Produktion von morgen«, insbesondere für erstantragstellende KMU, attraktiver. Die Maßnahmen des BMBF beinhalten unter anderem ein vereinfachtes und beschleunigtes Antrags- und Bewilligungsverfahren, den Ausbau der Beratungsleistungen für KMU und die themenoffene Gestaltung der Fördermaßnahme.

Eine der Neuerungen ist zudem, dass produzierende kleine und mittlere Unternehmen ihre Projektskizzen im Rahmen von KMU-innovativ ganzjährig einreichen können. Die Bewertung erfolgt alle sechs Monate jeweils zum 15. April und 15. Oktober. Die Entscheidung wird innerhalb von zwei Monaten mitgeteilt, so dass die Projekte zeitnah starten können.

Wir danken allen beteiligten Projektpartnern für ihre engagierte und intensive Zusammenarbeit. Besonderer Dank gilt Herrn Thilo Hutmacher (Zecha Hartmetall-Werkzeugfabrikation GmbH) für die industrielle Koordination sowie Herrn Michael Ottersbach (Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT). Ferner gilt ein großer Dank den Teilprojektleitern Herrn Andreas Grimm (Camaix GmbH) und Herrn Holger Weller (MPK Special Tools GmbH).

Nicht zuletzt gilt unser Dank dem BMBF, vertreten durch Herrn Dr. Helmut Bossy, ohne dessen Unterstützung die Realisierung des Projektes nicht möglich gewesen wäre.

Dipl.-Ing. Edwin Steinebrunner



HERAUSFORDERUNGEN UND ZIELE DES PROJEKTES »PROCARBIMILL«

Beim Fräsen hochharter Werkstoffe wie Hartmetallen stoßen konventionelle Fräsprozesse an technologische Grenzen. Dann kommen alternative, deutlich unproduktivere und geometrisch limitierte Verfahren wie die Funkenerosion (EDM), das elektrochemische Abtragen (ECM) oder Schleifen zum Einsatz. Der Grund für die Limitierung des Fräsprozesses ist in erster Linie die geringe Leistungsfähigkeit der Fräswerkzeuge und den nicht-angepassten Fräsprozessen geschuldet.

Da sowohl werkzeug- als auch prozessseitig noch erhebliche Wissensdefizite herrschten, ist eine reproduzierbare Bearbeitung von Hartmetall durch Fräsen nicht möglich. Für eine wissenschaftliche Auslegung neuer Fräswerkzeuge und Fräsprozesstechnologien ist ein detailliertes Verständnis des thermo-mechanischen Belastungskollektivs notwendig. Ferner ist es erforderlich, sowohl die Entwicklungen im Bereich der Prozesstechnologie als auch der Werkzeugtechnologie eng miteinander zu verknüpfen und systematisch zu optimieren. Zur Lösung dieser Aufgabe bot das Verbundvorhaben »Pro-CarbiMill« die perfekte Plattform.

Der Endanwender MPK Special Tools GmbH stellte einen Demonstrator zur Verfügung, der mit repräsentativen geometrischen Features im Bereich des Werkzeug- und Formenbaus versehen war. Der Werkzeughersteller Zecha Hartmetall-Werkzeugfabrikation GmbH brachte die Expertise für die Fertigung von Vollhartmetallfräswerkzeugen in das Projekt ein. Zur Qualifizierung der Zerspanbarkeit wurden am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT systematische Zerspanungstests an einem Analogieprüfstand durchgeführt. Das so gewonnene Wissen konnte dann durch den Softwarehersteller Camaix GmbH in einer Datenbank gespeichert und schließlich durch eine speziell entwickelte grafische Benutzeroberfläche für die Prozessauslegung nutzbar gemacht werden.

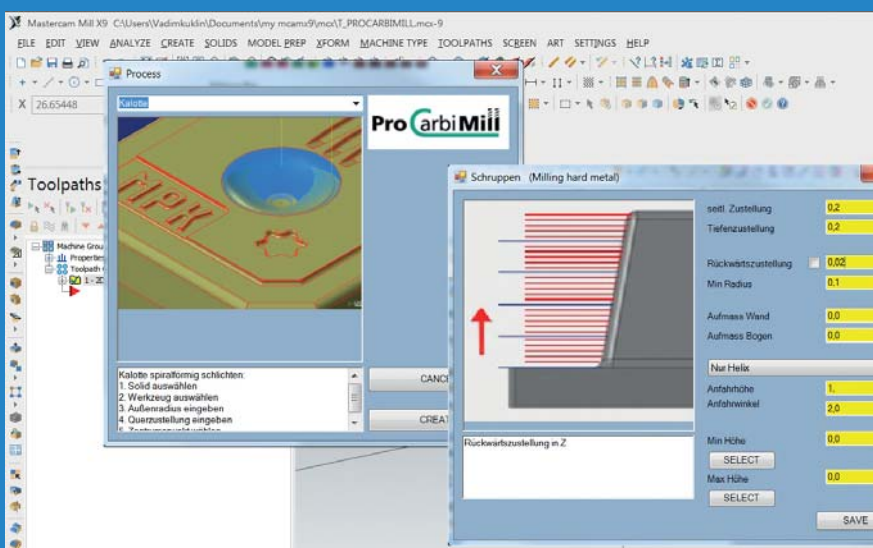
Ein zentrales Ziel des Projektes war die signifikante Verkürzung der Prozesskette für die Herstellung von Formwerkzeugen aus Hartmetall. Daraus lassen sich die folgenden Zwischenziele für die Bereiche Werkzeug- und Prozesstechnologie ableiten.

Zwischenziele im Bereich Werkzeugtechnologie:

- Vollständige Ermittlung des thermo-mechanischen Belastungskollektivs sowie der Spanbildungsmechanismen bei Hartmetallen
- Bestimmung des Einflusses der Schneidengeometrie auf die resultierenden Belastungen und Oberflächen
- Wissenschaftliche Auslegung/ Definition des Fräswerkzeugs für die Zerspannung von Hartmetall

Zwischenziele im Bereich der Prozesstechnologie:

- Auslegung einer möglichst »sanften« Anschnittstrategie
- Ermittlung der optimalen Frässtrategien und Prozessparameter zur Erzielung reproduzierbarer Standzeiten und Bauteiloberflächen
- Implementierung des Prozesswissens in ein standardisiertes CAM-Modul



Grafische Benutzeroberfläche des CAM-Moduls

Systematische Werkzeug- und Prozessentwicklung für das Fräsen von Hartmetall

Um die Werkzeug- und Prozesstechnologie zu optimieren und die Leistungsfähigkeit bestehender Fräsprozesse zu erhöhen, untersuchte das Fraunhofer IPT an einem speziell entwickelten Werkzeug-Analyse-Prüfstand systematisch das thermo-mechanische Belastungskollektiv beim Fräsen von Hartmetall. Dabei wurden fünf verschiedene Hartmetalle zerspant und werkzeugseitig der Einfluss verschiedener Schneidstoffe (PKD, CVD-Dickschicht-Diamant, beschichtetes Hartmetall) sowie der Schneidenmakro- und -mikrogeometrie untersucht. Anhand der Zerspantungstests konnten Kennwerte für die Spanbildung, Zerspankraft, Werkzeugverschleiß, Oberflächenqualität und Temperatur beziffert werden. Durch den Einsatz von FEM-Simulationen gelang ein Abgleich mit den Zerspantungstests. Auf Basis der Erkenntnisse konnten optimale Geometrien für die Werkzeugschneiden definiert und kritische Prozessstellgrößen für den realen Fräsprozess identifiziert werden.

Die geometrischen Angaben für die Werkzeugschneiden wurden durch die Zecha Hartmetall-Werkzeugfabrikation GmbH auf Kugelkopffräswerkzeuge übertragen. Als besondere Herausforderung zeigte sich die Einstellung einer definierten Schneidkantenverrundung auf diamantbeschichteten Hartmetallwerkzeugen. Hier ist es erforderlich, die Werkzeuge nach dem Beschichtungsprozess erneut in eine spezielle Werkzeugmaschine aufzunehmen, sie zu vermessen und schließlich mit einem Laser die Schneidkante zu konditionieren. Im Zuge der Entwicklungsarbeiten konnten Kugelkopf-Fräswerkzeuge bis zu einem Durchmesser von 0,5 mm auf diese Weise reproduzierbar bearbeitet werden.

Parallel zu den Entwicklungsarbeiten im Bereich der Werkzeugtechnologie entwickelte die MPK Special Tools GmbH angepasste Anfahr- sowie Bahnführungsstrategien. Diese

stellten ein sanftes »Einfahren« in den Werkstoff sowie konstante Spannungsbedingungen während der Bearbeitung sicher. Für verschiedene geometrische Features entwickelten die Projektpartner in systematischen Zerspantungstests optimale Prozessparameter und Kühlschmierstrategien. Die gewonnenen Daten und Erkenntnisse wurden anschließend in einer Datenbank gespeichert und zur weiteren Nutzung bereitgestellt.

Die gespeicherten Prozesskennwerte in der Datenbank konnten für eine systematische Auslegung der Fräsprozesse herangezogen werden. Hierzu entwickelte die CAMAIX GmbH ein flexibles CAM-Modul für das Hartmetall-Fräsen, das auf einer standardisierten CAM-Software aufbaut. In der speziell designten grafischen Benutzeroberfläche gibt das Programm dem Endanwender für die jeweiligen Bearbeitungsoperationen automatisiert entsprechende Prozessparameter samt Fertigungsstrategie vor. So können reproduzierbar und effizient Fräsoperationen für die Fertigung von Formwerkzeugen aus Hartmetallen ausgewählt werden.

Die Untersuchungsergebnisse aus dem Projekt »ProCarbiMill« konnten abschließend bei der Fertigung eines Demonstratorbauteils, das branchenübliche geometrische Anforderungen an die Prozesstechnologien stellte, validiert werden. Dies zeigte eindrucksvoll die Potenziale, die sich aus den gewonnenen Erkenntnissen ergeben – bezogen sowohl auf die Leistungsfähigkeit als auch auf die Wirtschaftlichkeit. So konnten im Vergleich zur konventionellen Fertigungsprozesskette Kosten von mehr als 30 Prozent eingespart werden; bei gleichzeitiger Verkürzung der Fertigungszeiten waren es sogar mehr als 70 Prozent.



Zecha Hartmetall-Werkzeugfabrikation GmbH

Die Experten der Firma Zecha zeichnen sich durch eine große Expertise in der Herstellung von Hartmetallfräs Werkzeugen aus. Im Projekt »ProCarbiMill« konnte die Herstellungssprozesskette für die Fertigung leistungsfähiger Fräs Werkzeugen so angepasst werden, dass sich die Standzeit der Werkzeuge beim Fräsen von Hartmetall deutlich verlängerte. So ist es nach dem erfolgreichen Projekt möglich, diamantbeschichtete Fräs Werkzeugen mit Durchmessern von 0,5 bis 6 mm zu konditionieren.

Vielmehr noch gelingt es, durch die Erkenntnisse bei der Konditionierung von Werkzeugen nach dem Beschichtungsprozess, auch andere Werkzeuggeometrien gezielt für die einzelnen Anwendungsfälle zu präparieren. Dies dient als Ausgangsbasis für weitere zukünftige Werkzeugserien.

MPK Special Tools GmbH

MPK Special Tools konnte im Bereich des Fräsen von Hartmetall deutliche Erfolge erzielen. So wurden zunächst durch systematische Zerspanversuche mit Hartmetall die optimalen Kühlschmierstrategien für bestimmte geometrische Features identifiziert. Außerdem konnte durch die Erprobung trochoider Bearbeitungsoperationen, die in gleichmäßigen Zerspanungsbedingungen resultieren, die Standzeit der Werkzeuge bei der Bearbeitung schmaler Nuten und kleiner Taschen deutlich verlängert werden. So ist es zukünftig möglich, komplexe dreidimensionale Formwerkzeuge anhand reproduzierbarer und leistungsfähiger Fräsprozesse herzustellen.

Camaix GmbH

Für die systematische Aufbereitung und Speicherung der generierten Daten aus den Zerspanversuchen hat Camaix eine Datenbank bereitgestellt. Anhand einer intuitiv bedienbaren Benutzeroberfläche, die Camaix gestaltet und

mit der CAM-Software MasterCam verknüpft hat, konnten leistungsfähige Bearbeitungsoperationen für das Fräsen von Hartmetall programmiert werden. Darüber hinaus kann das CAM-Modul auch mit verschiedenen anderen kommerziellen CAM-Software-Anwendungen verknüpft werden und bietet damit höchste Flexibilität für die Branche des Werkzeug- und Formenbaus.

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT

Das Fraunhofer IPT ist in der Branche des Werkzeug- und Formenbaus bereits seit Jahrzehnten in der anwendungsnahen Forschung aktiv. Das grundlegende Prozessverständnis zur Zerspanbarkeit von Hartmetallen war daher ein weiterer Meilenstein in der Zerspanung schwer zerspanbarer Werkstoffe. Neben Erkenntnissen über die optimale Werkzeuggeometrie wurde auch ein tiefgehendes prozesstechnologisches Verständnis gewonnen. Dies nutzen die Partner im Projektverbund für die Fertigung eines Demonstrator-Bauteils. Im Verlauf des Projekts konnten auf diese Weise auch die technologischen und wirtschaftlichen Potenziale der neuen Prozesstechnologie zur Herstellung von Formwerkzeugen aus Hartmetall qualifiziert werden.

Danksagung

Wir bedanken uns beim Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Finanzierung des Projekts. Dem Projektträger Karlsruhe (PTKA), vertreten durch Herrn Dipl.-Ing. Edwin Steinebrunner, danken wir für die engagierte Betreuung.



Kontakt

Camaix GmbH

Hermann-Hollerith-Straße 13
52249 Eschweiler
Andreas Grimm
Telefon +49 2403 783980
andreas@camaix.com



Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT

Steinbachstraße 14
52074 Aachen
Dr.-Ing. Florian Degen
Telefon +49 241 8904-289
florian.degen@ipt.fraunhofer.de



MPK Special Tools GmbH

Hangendeinbacher Str. 4
73527 Schwäbisch Gmünd
Holger Weller
Telefon +49 7171 92524-227
holger.weller@mpk-specialtools.de



ZECHA Hartmetall-Werkzeugfabrikation GmbH

Benzstraße 2
75203 Königsbach-Stein
Stefan Zecha
Telefon +49 7232 3022-0
info@zecha.de

GEFÖRDERT VOM



BETREUT VOM



Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) in der Fördermaßnahme »KMU-innovativ: Produktionsforschung« gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.