

Hochleistungsfertigungsverfahren zur Herstellung von Profilnuten

Aufbruch in eine neue Dimension

Zerspantechnik | Für die heutige wie auch künftige Energieerzeugung und Mobilität sind Turbinen von zentraler Bedeutung. Ihr Herzstück sind mit Schaufeln bestückte Läuferscheiben. Die prozesssichere und hochgenaue Fertigung der komplexen Nuten in den Läuferscheiben ist eine große Herausforderung.

In der Prozesskette der Turbinenscheibenfertigung erfolgt die Fertigung von Schaufelnuten in hochwarmfesten Nickelbasislegierungen derzeit ausschließlich mittels Räumen. Das Räumen zeichnet sich durch einige prozessstypische Eigenschaften aus, die die Verwendung dieses Verfahrens bis heute rechtfertigen. Hierzu gehören neben der spezialisierten Maschinenkonstruktion der Einsatz hochgenauer und komplexer Räumwerkzeuge, die eine exzellente Reproduzierbarkeit der Nutgeometrien erlauben und eine hohen Prozesssicherheit gewährleisten.

Heute ist der Einsatz von zähen und relativ kostengünstigen HSS-Schneidstoffen beim Räumen von Nickelbasislegierungen Stand der Technik. Aufgrund der vergleichsweise geringen Warmfestigkeit (600 °C) von HSS-Schneidstoffen sind die anwendbaren Schnittgeschwindigkeiten beim Räumen mit $v_c = 2 - 5$ m/min niedrig. Darüber hinaus ist die Verwendung des HSS-Schneidstoffes insbesondere im Zusammenhang mit neuen, immer leistungsfähigeren Werkstoffen für Turbinenkomponenten problematisch. Denn aufgrund von Genauigkeitsanforderungen ist es erforderlich, eine Turbinenscheibe mit einem Werkzeug vollständig zu bear-

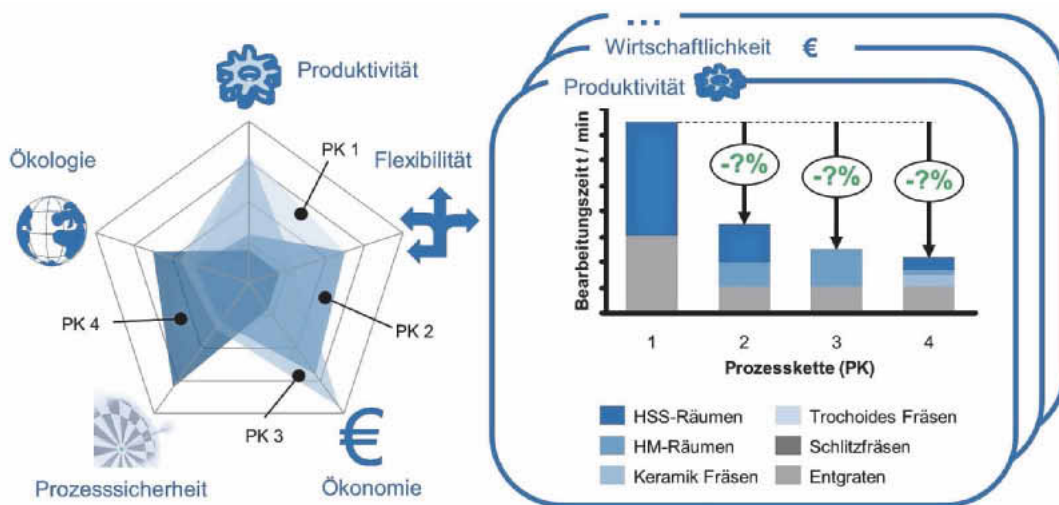
beiten. Muss das Werkzeug wegen fortgeschrittenem Verschleiß ausgetauscht werden, werden erforderliche Genauigkeiten nicht erreicht und die Turbinenscheibe, die zu diesem Zeitpunkt bereits einen fünfstelligen Euro-Wert hat, ist Ausschuss. Im Zuge des voranschreitenden Einzuges pulvermetallurgischer Nickelbasislegierungen und höherer Anforderungen ist es daher fraglich, ob zukünftige Turbinenscheiben überhaupt mit HSS-Räumwerkzeugen gefertigt werden können.

Die Verbindung zwischen Schaufel und Läuferscheibe – hier eine Turbinenscheibe aus dem zivilen Flugzeugtriebwerk Trent 1000 – wird durch eine formschlüssige Steckverbindung realisiert. Da im Betrieb der Turbine bei hohen Temperaturen hohe Fließkräfte auf die Schaufeln wirken, braucht es komplexe Nuten in den Läuferscheiben. Bild: Rolls-Royce, Aerotech Peissenberg

Das Räumen kann nur mit Blick auf die Prozesshauptzeit seine Vorteile ausspielen

Gemessen am Zeitspanvolumen und im Vergleich zu der niedrigen Schnittgeschwindigkeit, ist die Produktivität des Räum-Verfahrens hoch. Dies ist bedingt durch die vielen Schneiden am Werkzeug und dem hohen Grad an Spezialisierung der Maschinen. Die Zeitspanvolumina beziehen sich allerdings alleine auf die Prozesshauptzeit.

Verglichen mit den Verfahren auf einem Bearbeitungszentrum sind die Rüst- und Nebenzeiten beim Räumprozess weitaus höher. Auch bezüglich der Flexibilität besitzt das Verfahren Räumen Nachteile aus technologischer, wirtschaftlicher sowie organisatorischer Perspektive. Dies beinhaltet unter anderem, dass die Nutgeometrie und Spanungsgrößen aufgrund des Funktionsprinzips des Räumens direkt in der Geometrie der Räumnadeln übernommen werden müssen. Abgesehen von der Schnittgeschwindigkeit sind demnach beim Räumen alle Prozessparameter durch das Werkzeug definiert. Dies hat zur Folge, dass mit einem Werkzeug lediglich eine Geometrie in einem bestimmten Werkstoff erzeugt werden kann.



Multikriterielle Bewertung und Auslegung von integrierten Prozessketten: Mit Hilfe eines ganzheitlichen Modells lässt sich unter verschiedenen Prozessketten die günstigste für eine jeweilige Bauteilgeometrie ermitteln. Bild: WZL

Am WZL der RWTH Aachen werden vor dem Hintergrund der beschriebenen Problemstellung im Rahmen eines vom BMBF geförderten Forschungsprojektes verschiedene Hochleistungsfertigungsverfahren zur Herstellung von komplexen Profilmitteln in hochwarmfeste, schwer zerspanbare Werkstoffe entwickelt. Schwerpunkt ist dabei die Auslegung und ganzheitliche Bewertung der gesamten Prozesskette mit dem Ziel, die Flexibilität, Prozesssicherheit und Wirtschaftlichkeit zu steigern. Die bisher in Einzelfällen und Stichversuchen nachgewiesenen Potenziale von Prozessen wie Hartmetallräumen oder dem Scheibenfräsen werden systematisch erforscht und so die Grenzen der Technologien ermittelt. Durch die Entwicklung der Hochleistungsfertigungsverfahren und deren Kombination untereinander soll eine Integration einzelner Fertigungsschritte erfolgen. Im Optimalfall wird dabei eine Komplettbearbeitung von Turbinenscheiben auf einer Werkzeugmaschine ermöglicht.

Grundsätzlich ist durch die Kombination verschiedener Verfahren zum Vorschlitzen, Schruppen, Semischlichten und Schlichten eine Vielzahl von Prozessketten denkbar. Um unter diesen Prozessketten die günstigste für eine jeweilige Bauteilgeometrie zu ermitteln, ist ein ganzheitliches Bewertungsmodell erforderlich (siehe Grafik). Dieses Modell wird neben den Bewertungskriterien für die Einzelverfahren auch solche enthalten, die die Wechselwirkungen zwischen den Prozessen und die Störgrößen berücksichtigt. Ziel ist es, in Abhängigkeit von den technologischen (Nutgeometrie, Werkstoff, Qualitätsanforderungen etc.) und organisatorischen Randbedingungen (Kapazitäten, Losgrößen etc.) die optimale Prozesskette zu bilden.

Über dieses und ähnliche Themen im Bereich der Hochleistungszerspannung berichten die Referenten der 5. Aachener High Performance Cutting (HPC)-Konferenz am 30. September und 1. Oktober 2014 am

Werkzeugmaschinenlabor (WZL) der RWTH Aachen (siehe Infokasten).

Prof. Fritz Klocke, Dipl.-Ing. Dieter Lung, Dipl.-Ing. Christoph Nobel, Dipl.-Wirt.-Ing. Marvin Binder
WZL der RWTH Aachen

5. Aachener HPC-Konferenz

Das Thema: In der aktuellen Marktsituation steht die Produktion unter einem hohen Leistungsdruck hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und Qualität. Dabei darf der zunehmende Kostendruck nicht dazu führen, dass wichtige Fortschritte im Bereich der Produktivitätssteigerung ausbleiben. Vielmehr müssen innovative Produktionskonzepte und Hochleistungstechnologien neue Ansätze für eine Kosten- und Zeitoptimierung der Fertigung liefern.

In diesem Zusammenhang steht die Technologie der Hochleistungsbearbeitung (HPC) für neue Entwicklungen zur signifikanten Reduzierung von Haupt- und Durchlaufzeiten. Dies wird durch die Steigerung der Zeitspannvolumina, durch angepasste Werkzeug- und Maschinenkonzepte sowie durch die ganzheitliche Betrachtung und Optimierung der Prozesskette erreicht.

Die Konferenz: Im Rahmen der 5. Aachener HPC-Konferenz am 30. September und 1. Oktober 2014 berichten erfahrene Referenten aus Industrie und Forschung über Erkenntnisse und Erfahrungen im Bereich der Hochleistungszerspannung mit geometrisch bestimmter Schneide. Die Konferenz dient als Diskussionsforum und beinhaltet die Demonstration aktueller Forschungsergebnisse aus dem Bereich der Zerspanungstechnologie an zahlreichen Prüfständen.

Programm der Tagung und Anmeldung:

www.WZLforum.rwth-aachen.de; Kontakt:
Nina Sauer mann, WZLforum an der RWTH Aachen, Tel. (0241) 80-23614