

Bilanz einer erfolgreichen Beratungstätigkeit

Das Technologienetz Trockenbearbeitung wird fortgesetzt

Das Technologienetz Trockenbearbeitung wurde mit der Zielsetzung gegründet, kleine und mittelständische Unternehmen über die Möglichkeiten und Chancen einer Trockenbearbeitung zu informieren und sie bei der Einführung dieser Hochleistungstechnologie zu unterstützen. Nach Abschluss der öffentlichen Förderung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) ist festzuhalten, dass dieses Ziel voll und ganz erreicht werden konnte.

Fritz Klocke und
Klaus Gerschwiler, Aachen

Die Trockenbearbeitung metallischer Werkstoffe wird seit Anfang der neunziger Jahre systematisch erforscht. Treiber bei der Entwicklung und Hauptanwender dieser Technologie waren und sind vor allem große Unternehmen wie Heidelberger Druckmaschinen, DaimlerChrysler, Bosch, Ford und BMW. Kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) partizipierten nur in geringem Maße von der Entwicklung dieser zukunftsweisenden Technologie. Der Hauptgrund ist, dass es den KMU an den notwendigen personellen und finanziellen Ressourcen mangelt, um sich einer Aufgabe, wie sie die Einführung der Trockenbearbeitung bedeutet, alleine zu stellen.

Ausgangssituation

Um auch kleineren Unternehmen den Zugang zu dieser Hochleistungstechnologie zu ermöglichen, förderte das BMBF das „Technologienetz Trockenbearbeitung“. Gebildet wurde und wird es von vier Forschungsinstituten – dem wbk der Universität Karlsruhe, dem ISF der Universität Dortmund, dem GfE in Schmalkalden und dem WZL der RWTH Aachen – sowie den Fachverbänden VDW und VDMA in Frankfurt/Main, **Bild 1.** Aufgabe war es, bundesweit KMU über die ökonomischen und ökologischen Vorteile der Trockenbearbeitung zu informieren, ihr Interesse zu wecken und – bei entsprechenden betrieblichen Gegebenheiten – sie bei deren Einführung in die betriebliche Praxis zu unterstützen. Zur Realisierung wurden von den vier Instituten Seminare zur Einführung in die Thematik durchgeführt, interessierte Unternehmen vor Ort beraten und in Zerspanversuchen an firmenspe-

zifischen Bauteilen die Machbarkeit einer Trockenbearbeitung nachgewiesen. Aus der großen Anzahl von Beratungen werden zwei Beispiele exemplarisch vorgestellt.

Beispiele aus der Beratungstätigkeit

Beispiel 1: Ausgangssituation

In dem beratenen Unternehmen (im folgenden als Kunde bezeichnet) sind in Rohre aus einer Aluminium-Knetlegierung bis zu mehrere tausend Bohrungen einzubringen. In die Bohrungen werden Stahlstifte eingeklebt. Die Anforderungen an Maßgenauigkeit, Oberflächenqualität und vor allem an die Sauberkeit sind sehr hoch. Bereits geringste Kühlschmierstoffrückstände in der Bohrung beeinträchtigen die Qualität der Klebeverbindung zwischen Stahlstift und Bohrungswand in unzulässiger Weise. An die Bohrbearbeitung, die bislang im Nassschnitt erfolgte, schloss sich daher ein sehr aufwendiger, zeit- und kostenintensiver Waschvorgang an. Zielsetzung war es, durch eine Trockenbearbeitung diesen Waschvorgang zu eliminieren und die Klebequalität zu verbessern.

Vorgehensweise

Die Klärung der Frage, ob und unter welchen Randbedingungen diese Bohrungen ohne Kühlschmierstoff (KSS) in der geforderten Qualität prozesssicher



Seminarteilnehmer bei der Prüfung trocken bearbeiteter Bauteile in der Maschinenhalle des WZL.

Autoren

Prof. Dr.-Ing. Fritz Klocke, Jahrgang 1950, ist seit 1995 Inhaber des Lehrstuhls für Technologie der Fertigungsverfahren und Mitglied des Direktoriums am Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre (WZL) der RWTH Aachen sowie Leiter des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnologie in Aachen.

Dr.-Ing. Klaus Gerschwiler, Jahrgang 1950, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am WZL.

hergestellt werden können, erforderte die Durchführung von Zerspanversuchen am WZL, Bild 2. Der Kunde stellte hierzu Originalbauteile und die entsprechenden Bohrwerkzeuge zur Verfügung. Da die bisher eingesetzten Hartmetall-Sonderwerkzeuge unbeschichtet sind und wegen der großen Neigung der Aluminium-Knetlegierungen zur Bildung von Werkstoffaufschmierungen und Aufbauschneiden am Werkzeug kam bei den Bohrversuchen eine äußere Minimalmengenschmierung (MMS) zur Anwendung. Die äußere Zuführung war erforderlich, um die Bohrungswand nicht mit MMS-Medium zu verunreinigen. Um zu verhindern, dass MMS-Medium von außen in die Bohrung gelangt, wurde die Düse so angestellt, dass sie das Aerosol zwar auf das Werkzeug, aber weg vom Werkstück sprühte.

Als Startbedingungen für Schnittgeschwindigkeit und Vorschub dienten die Werte der bisherigen Nassbearbeitung. Unter diesen Bedingungen konnte eine Vielzahl von Bohrungen ohne nennenswerte Werkstoffaufschmierungen eingebracht werden. Nachteilig war die Neigung der Späne, sich um den Bohrer zu wickeln, von dem sie manuell entfernt werden mussten. Dieses Problem besteht jedoch auch bei der Nassbearbeitung. Da bei der im Unternehmen vorhandenen Produktionsmaschine höhere Spindeldrehzahlen nicht möglich sind, wurden zur Verbesserung der Spanbildung in weiteren Versuchen Vorschubstopps von 0,1 s Dauer einprogrammiert und der Vorschub schrittweise erhöht. Bei einem gegenüber der bisherigen Nassbearbeitung dreifach höheren Vorschubwert entstanden Späne, die sich auch ohne Vorschubstopps nicht mehr um den Bohrer knäuelten. Unter diesen Bedingungen konnten in das Bauteil mehrere hundert Bohrungen eingebracht werden, ohne dass es zu Problemen hinsichtlich der Spanbildung oder zu Materialverklebungen am Werkzeug kam.

Ergebnis

Zur Überprüfung der Qualität klebte der Kunde in die Bohrungen Stifte ein und führte Ausreißtests durch. Die ausgezeichneten Testergebnisse veranlassten ihn, die Bohrungsfertigung auf MMS umzustellen und seine Werkzeugmaschine – auf der nur solche Teile bearbeitet werden – mit einem äußeren MMS-System nachzurüsten.

Seit der Umstellung fertigt der Kunde diese Teile mit großer Prozesssicherheit und großer Zufriedenheit. Wichtigste

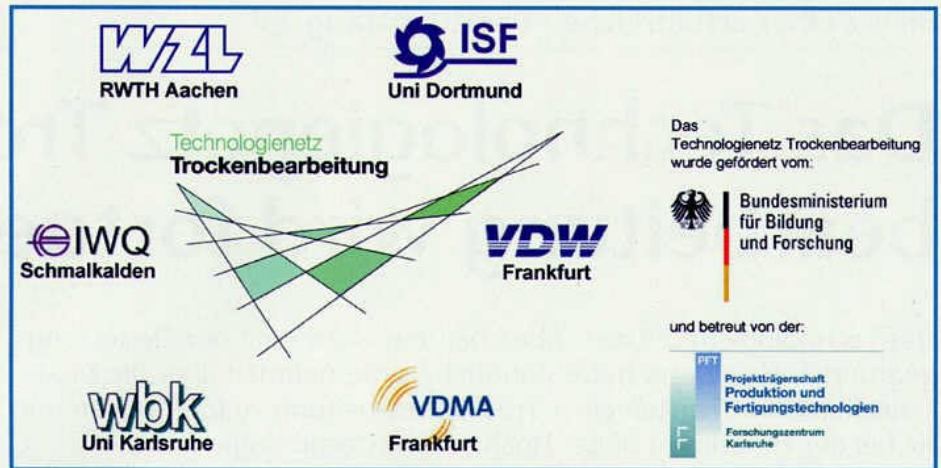


Bild 1

Förderer und Verbundpartner des Technologienetzes Trockenbearbeitung.

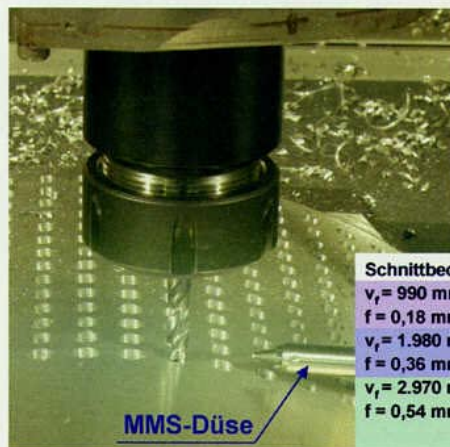
Vorteile der neuen Technologie sind: Es wird eine sehr hochwertige, reproduzierbare Klebqualität erzielt. Die sehr aufwendige und teure Bauteilreinigung ist nicht mehr erforderlich. Die Maschine ist frei von Kühlschmierstoff und sauber. Auch das Maschinenumfeld ist trocken und sauber. Hieraus resultiert eine höhere Arbeitsplatzqualität – ein Aspekt, der dem Kunden neben allen anderen Vorteilen besonders wichtig ist, da die Maschine in einer Behindertenwerkstatt steht.

Beratungsbeispiel 2

Ausgangssituation: Der Kontakt zu dem Unternehmen kam über die Teilnahme von Mitarbeitern an einem der am WZL veranstalteten Seminare zustande. Aufgabenstellung war die Bearbeitung vorgegossener Löcher in Gussgehäusen. Hergestellt war eine koni-

sche Bohrung mit Planfläche. Die Besonderheit liegt in der extrem hohen Genauigkeitsanforderung, die an den Konusdurchmesser im Bereich der Planfläche gestellt wird. Um die Maßgenauigkeit realisieren zu können, kommt ein Sonderwerkzeug zum Einsatz, mit dem Konus und Planfläche in einem Arbeitsgang bearbeitet werden.

Gusswerkstoffe, insbesondere Grauguss, bieten aufgrund kurzbrechender Späne, niedriger Zerspantemperaturen und -kräfte sowie des Schmiereffekts des eingelagerten Graphits für eine Trockenbearbeitung besonders günstige Voraussetzungen. Wie dieser Anwendungsfall jedoch beispielhaft zeigt, ist die Machbarkeit einer Trockenbearbeitung nicht nur von der Zerspanbarkeit des Werkstoffs, sondern von zahlreichen anderen Faktoren wie der Bearbeitungsoperation, den gestellten Genauigkeitsanforderungen, der Eignung der Werk-



Werkstück: Rohr D = 450 mm
 Werkstoff: AlSiMg0,5
 Werkzeug: Stufenbohrer
 Durchmesser: D₁ = 6,0 mm D₂ = 4,0 mm
 Schneidstoff: Hartmetall unbeschichtet
 Spindeldrehzahl: n_{max} = 5.500 min⁻¹ = konst.

Schnittbedingungen:	Probleme / Ergebnisse :
v _r = 990 mm/min f = 0,18 mm/U	dünne Späne bilden Knäuel um Werkzeug
v _r = 1.980 mm/min f = 0,36 mm/U	Vorschubstopp 0,1 s: Späne wickeln sich nur noch sporadisch um das Werkzeug
v _r = 2.970 mm/min f = 0,54 mm/U	ohne Vorschubstopp; sich um das Werkzeug wickelnde Späne lösen sich selbständig wieder davon ab

Bild 2

Ergebnisse der Zerspanversuche beim Bohren in eine Aluminium-Knetlegierung mit einem unbeschichteten Hartmetall-Stufenbohrer und äußerer Minimalmengenschmierung.

Vorher:
Überflutungskühlung mit Kühlschmierstoff



Nachher:
Einsatz einer Minimalmengen Kühlung



Bild 3
Trockene Bauteile, eine saubere Maschine und damit eine größere Arbeitsplatzqualität sind das Ergebnis der Umstellung von der Überflutungskühlung mit Kühlschmierstoff auf eine Minimalmengen Kühlung.

zeugmaschine oder dem Einsatz eines geeigneten Minimalmengenkühl- oder -schmier-systems abhängig.

Anlass für die angestrebte Umstellung waren für den Kunden zum einen die sehr große Belastung des Arbeitsplatzes und der Mitarbeiter mit KSS, zum anderen seine guten Erfahrungen mit der bereits auf mehreren Maschinen praktizierten Trockenbearbeitung. Die Gussgehäuse werden auf einer älteren Rundtaktmaschine bearbeitet. Während der Bearbeitung sammelt sich in den Gehäusen KSS, der auch den Maschinentisch fast vollständig bedeckt, **Bild 3**. Bedingt durch die Maschinengestaltung und durch die KSS-schöpfenden Gehäuse gelangt sehr viel KSS in das Maschinenumfeld. Durch die Umstellung der Maschine sollten bessere Arbeitsbedingungen geschaffen werden.

Die gute Eignung von Gusswerkstoffen für eine Trockenbearbeitung war schon früh von den Mitarbeitern des Unternehmens erkannt worden und Anlass gewesen, mehrere Bearbeitungszentren erfolgreich von der Nass- auf eine Trockenbearbeitung umzustellen. Im vorliegenden Bearbeitungsfall führten jedoch alle Versuche, Konus und Planfläche trocken oder unter Einsatz einer MMS herzustellen, zu einer nicht tolerierbaren Maßabweichung.

Vorgehensweise

Bei MMS-Medien, die auch hier zunächst zum Einsatz gekommen waren, handelt es sich um hochwirksame Schmierstoffe auf der Basis von pflanzlichen Rohstoffen, die in geringster Menge

(20 bis 50 ml/Prozessstunde) dem Werkzeug beziehungsweise der Bearbeitungsstelle zugeführt werden. Je nach Anwendungsaufgabe werden Esteröle oder Fettsäurekohole verwendet. Die Hauptaufgabe dieser Medien besteht darin, Reib- und Adhäsionsvorgänge zwischen Werkstück, Span und Werkzeug zu vermindern. Durch die Reduzierung der Reibung und der entstehenden Reibungswärme kommt es gegenüber der reinen Trockenbearbeitung zu einer geringeren Erwärmung des Werkzeugs. Im vorliegenden Bearbeitungsfall reichte die wärmereduzierende Wirkung der MMS-Medien jedoch nicht aus. Die Folge war eine zu große Erwärmung der Werkzeuge und Maßfehler am Bauteil.

Daher lag es nahe, statt eines schmierenden ein primär kühlendes Medium

einzusetzen. In diesem Fall kam Wasser mit einem Korrosionsschutzmittel als MMS-Medium zum Einsatz. Das Medium wurde feinerstäubt auf das Werkzeug aufgesprüht. Die Menge war so gewählt, dass es auch nach längerer Einsatzzeit nicht zur Tropfenbildung am Werkzeug kam.

Die Minimalmengen Kühlung (MMK) ist im Gegensatz zur MMS eine bislang vergleichsweise wenig genutzte und daher bei Anwendern weitgehend unbekannte Komponente der Minimalmengenkühl-schmier-technik (MMKS). Gegenüber Ölen hat Wasser eine deutlich höhere spezifische Wärmekapazität und Verdampfungswärme, dadurch entfaltet es eine viel größere Kühlwirkung. Durch den Einsatz von Wasser als MMK-Medium gelang es bei der Bearbeitungsaufgabe, die Werkzeugtemperatur auf einem der Bearbeitung mit KSS vergleichbar niedrigen Niveau zu halten.

Wegen der Besonderheiten von Bearbeitungsaufgabe, Bauteil, Werkzeug und Maschine konnten die Zerspanversuche zum Nachweis der Machbarkeit nur beim Kunden durchgeführt werden. Dieser stellte die Produktionsmaschine und Gussausussteile bereit. Im Vorfeld war in Absprache mit einem MMKS-Systemhersteller die Adaption des MMK-Systems durchgeführt worden.

Ergebnis

Bereits nach wenigen gefertigten Versuchsteilen kamen Gutteile anstelle von Ausschussteilen zum Einsatz. In der Folge wurden unter Produktionsbedingungen 100 maßhaltige Teile gefertigt. In den Versuchen konnte nachgewiesen werden, dass es unter den gewählten Bedingungen möglich ist, auch im Serien-

Seminare und Beratungen

Das WZL der RWTH Aachen veranstaltete 11 interne und 12 externe Seminare. Hieran nahmen insgesamt 780 Interessenten aus dem gesamten Bundesgebiet teil. In den ganztägigen Seminaren am Institut wurde umfassend über alle Aspekte der Trockenbearbeitung informiert und deren Machbarkeit auf Werkzeugmaschinen praktisch vorgeführt. Die externen Seminare fanden in mehreren Bundesländern gemeinsam mit Industrie- und Handelskammern oder den Handwerkskammern statt. Sie richteten sich vor allem an die für die Produktion verantwortlichen Mitarbeiter kleiner und mittelständischer Unternehmen. Die hohe Teilnehmerzahl belegt das Informationsbedürfnis und das große Interesse an der Thematik. Ein besonderes Anliegen des WZL war es auch, an berufsbildenden Schulen Ausbilder, angehende Techniker und Meister mit der neuen Technologie bekannt zu machen. Zusätzlich zu den Seminaren informierte das Technologienetz auch anlässlich von Fachmessen auf gemeinsamen Ausstellungsständen über die Trockenbearbeitung und über das Angebot, KMU zu unterstützen. Aus den Seminaren und Messeauftritten resultierten vielfältige Kontakte, die zu Beratungen vor Ort und zu konkreten Projekten führten. Zerspanversuche an firmenspezifischen Bauteilen wurden durchgeführt und für kritische Schlüsseloperationen gemeinsam mit Werkzeugherstellern und Anbietern von Minimalmengenschmier-systemen Lösungen erarbeitet.

betrieb das Werkzeug auf einem konstant niedrigen Temperaturniveau zu halten und prozesssicher maßgenaue Teile zu fertigen.

Nach weiteren Versuchen rüstete der Kunde die Maschine mit einem MMK-System nach. Seit mehreren Monaten setzt er zu seiner großen Zufriedenheit bei der Bearbeitung der Gussteile nicht mehr KSS, sondern ein MMKS-System ein. Maschine, Bauteile und Maschinenumfeld sind frei von Kühlschmierstoff (Bild 3). Das Ziel, die Qualität des Arbeitsplatzes zu verbessern, wurde voll und ganz erreicht.

Zusammenfassung

Das Interesse der Zielgruppe KMU an der Thematik Trockenbearbeitung und an der angebotenen Unterstützung war außerordentlich groß. Dies spiegelt sich in der großen Anzahl von Seminarteilnehmern und von Vor-Ort-Beratungen wieder. Wie die Erfahrungen bei den durchgeführten Beratungen zeigen, war in den wenigsten Fällen die Umstellung von der Nass- auf die Trockenbearbeitung einfach zu vollziehen. Bei den meisten im Hinblick auf eine mögliche Trockenbearbeitung geprüften Bauteilen traten spezifische Probleme auf, die für jedes Bauteil individuell gelöst werden mussten.

Durch die Bereitschaft vieler Werkzeug- und MMKS-Systemhersteller, die Arbeiten im Technologienetz aktiv zu unterstützen, konnten zahlreiche Anwendungsfälle erfolgreich bearbeitet werden. Für viele KMU bot das Projekt die große Chance, sich nicht nur über

Fortführung des Technologienetzes

Die finanzielle Förderung des Technologienetzes durch das Bundesministerium für Forschung und Bildung endete am 31.12.2002.

Aufgrund des großen Erfolgs kamen die vier Technologiezentren mit dem VDW überein, das Technologienetz gemeinsam fortzuführen. Der Wegfall der finanziellen Unterstützung durch das BMBF erfordert allerdings zukünftig von interessierten Unternehmen bei der Teilnahme an Seminaren wie auch bei der Durchführung von Versuchen eine finanzielle Beteiligung.

Eine Plattform zur Beratung von Unternehmen ist in Zusammenarbeit mit dem Technologienetz der Arbeitskreis „Troia“ (Trockenbearbeitung für industrielle Anwendungen), Bild. Troia ist ein Verbund, der vom Technologienetz Trockenbearbeitung und von Unternehmen, die Werkzeuge, Maschinen, MMS-Systeme und -medien für die Trockenbearbeitung herstellen, gebildet wird. Ziel ist die Unterstützung Metall verarbeitender Unternehmen bei der Einführung der Trockenbearbeitung. Dazu erarbeitet Troia speziell auf die Fertigung des jeweiligen Unternehmens abgestimmte Lösungen. In Abhängigkeit von der Aufgabenstellung kann dies die Entwicklung und Herstellung von Sonderwerkzeugen und/oder die Auslegung von Werkzeugmaschine und Bearbeitungsprozess umfassen. Die Modifikation und Entwicklung von Prototyp-Werkzeugen für spezielle Bearbeitungsaufgaben erfolgt kostenlos durch die Werkzeughersteller. Das im Projektteam mitarbeitende Technologiezentrum erstellt für die von ihm durchzuführenden F+E-Arbeiten ein Angebot.



„Troia“ – der direkte Weg zur Trockenbearbeitung.

Bild (5): WZL

die Möglichkeiten einer modernen Hochleistungstechnologie zu informieren, sondern diese mit Unterstützung der Technologiezentren auch einzuführen und die Vorteile zu nutzen. Das Technologienetz Trockenbearbeitung

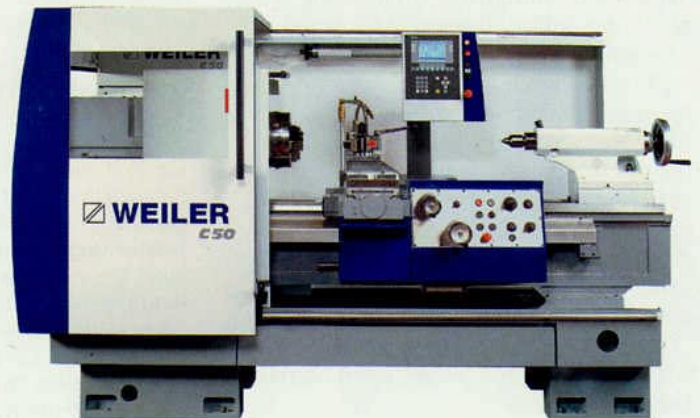
setzt daher seine erfolgreiche Beratungstätigkeit fort. Am WZL wie auch an den anderen Technologiezentren stehen kompetente Ansprechpartner zur Verfügung. Interessierte Unternehmen sind aufgefordert, dieses Angebot zu nutzen.

Mehr Können bei einfachster Bedienung

Servo-konventionelle Drehmaschine

Der Hauptvorteil der neuen „C50“ ist die einfache Bedienung – denn bei diesen servo-konventionellen Präzisions-Drehmaschinen von Weiler Werkzeugmaschinen, Emskirchen (www.weiler.de), ist keine komplizierte Programmierung nötig. Die Eingabe geschieht grafikunterstützt und dialoggeführt im Klartext. Die Bedienung erfolgt zwar nach wie vor über elektronische Handräder, wird bei den Maschinen der neuen Weiler-C-Reihe jedoch von einer einfachen Zyklensteuerung unterstützt.

Das Einstellen einer Drehzahl am Getriebe oder eines Vorschubwerts am Vorschubgetriebe sowie das Tauschen von Wechselrädern zum Schneiden von Gewinden gehört der Vergangenheit an, seit die „C30“ vor drei Jahren auf den Markt kam. Fehlerquellen eliminieren sich selbst. Die C30 oder C50, Bild, sind für ein breites Teilespektrum bei entsprechender Auslastung ausgelegt. Die C-Reihe ist produktiver als eine konventionelle Drehmaschine. Bestimmte Bearbeitungen, welche mit einer



konventionellen Drehmaschine nicht oder nur mit großer Erfahrung möglich sind, können nun ganz einfach ausgeführt werden.

Einfach zu erreichende Bedienelemente sind ein wichtiges Merkmal bei allen Weiler-Maschinen und ein zentrales Thema bei jeder neuen Produktentwicklung.

Bild: Weiler