

derartig ausgerüstete Bearbeitungszentren vielfachen Einsatz und Applikationsanwendungen finden.

Das LaserAnwendungsCentrum (Institut Messtechnik) wird vor allem die Kooperation mit dem Messgerätehersteller Systekum nutzen, um die Laserspektroskopie für Bohrlöcher nutzbar zu machen. In Kombination mit dem zu entwickelnden Endoskopsystem ergibt sich für das Institutziel „Entwicklung von photonischen Sensorkonzepten für die Sicherheitstechnik“ eine Vielzahl neuer Applikationsmöglichkeiten.

Das Fraunhofer IPA (Institut Reinigungstechnik) wird im Rahmen der Kooperation zusammen mit den Partnern neue Reinigungsanwendungen erschließen. Über die Kooperation hinaus wird die Nutzung der Technologie und der aufgebauten Wissensbasis zur Erschließung neuer Anwendungen und zur Entwicklung neuer Verfahren führen.

Da bei vielen Anwendern neben den im Vorhaben untersuchten Anwendungen bereits jetzt eine Reihe von weiteren viel versprechenden Reinigungsaufgaben identifiziert wurden, kann darauf gehofft werden, dass die aufgebaute Kooperation auch im großen Verbund noch weit über das Projektende hinaus bestehen bleibt.

Das Projekt im Überblick

Verfahren und System zur Inline-Reinigung von Bohr- und Sacklöchern mit hohen Aspektverhältnissen (DeepClean)
Technologiefeld / Branche: Automobilbau, Hydraulik, Pneumatik, Luft- und Raumfahrttechnik, Feinwerktechnik, Medizintechnik, Optik, Vakuumtechnik, Reinstproduktion, Reinigungstechnologie, Reinigungsgeräteherstellung
Laufzeit: 01.10.2008 bis 30.09.2010
Projektkosten: 670.200 Euro
Förderungssumme: 528.482 Euro

Projektpartner Forschung

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA)

(Koordinator)
Ralf Grimme
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
Tel.: 0711 970-1180, Fax: 0711 970-1007
E-Mail: grimme@ipa.fraunhofer.de, www.ipa.fraunhofer.de
Projektschwerpunkte: Projektkoordination, Entwicklung der Reinigungstechnik

Technische Universität Clausthal – LaserAnwendungsCentrum (LAC)

Wolfgang Schade
Am Stollen 19, Haus 3, 38640 Goslar
Tel.: 05321 6855-150, Fax: 05321 6855-159
E-Mail: w.schade@pe.tu-clausthal.de, www.lac.tu-clausthal.de
Projektschwerpunkt: Messtechnik

Projektpartner Industrie

Strama-MPS Maschinenbau GmbH Co. KG

Helmut Petzko
Ittlinger Straße 195, 94315 Straubing
Tel.: 09421 739-206, Fax: 09421 739-6206
E-Mail: petzko@strama-mps.de, www.strama-mps.de
Branche: Sondermaschinenbau
Projektschwerpunkt: Anlagenbauer

LEWA GmbH

Matthias Sauter
Ulmer Straße 10, 71229 Leonberg
Tel.: 07152 14-1568, Fax: 07152 14-2568
E-Mail: matthias.sauter@lewa.de, www.lewa.com
Branche: Dosierpumpen, Prozessmembranpumpen, verfahrenstechnische Anlagen
Projektschwerpunkte: Medienversorgung der Reinigungsanlage

epflex Feinwerktechnik GmbH

Bernhard Uihlein
Im Schwöllbogen 24
72581 Dettingen / Erms
Tel.: 07123 9784-0, Fax: 07123 9784-22
E-Mail: bernhard.uihlein@epflex.com, www.epflex.com
Branche: Entwicklung und Produktion medizintechnischer Einmalprodukte
Projektschwerpunkte: Hersteller der Kapillaren und Anwender

Systekum GmbH

Dirk Scheel
Lise-Meitner-Straße 14, 24941 Flensburg
Tel.: 0461 57029-0, Fax: 0461 57029-70
E-Mail: d.scheel@systekum.de, www.systekum.de
Branche: Entwicklung und Vertrieb fluoreszenzspektroskopischer Analysensysteme
Projektschwerpunkt: Hersteller des Messsystems

AK-tek GmbH

Michael Arndt
Röhrensprung 16
58093 Hagen / Westfalen
Tel.: 02331 3960-3611, Fax: 02331 3960-368
E-Mail: arndt@ak-tek.de, www.ak-tek.de
Branche: Hersteller von Medizinprodukten
Projektschwerpunkt: Anwender

Carl Zeiss SMT AG Abt. LIT-OC

Volkmar Kupfer
Rudolf-Eber-Straße 2, 73447 Oberkochen
Tel.: 07364 20 8334, Fax: 07364 20-8572
E-Mail: v.kupfer@smt.zeiss.com, www.smt.zeiss.com
Branche: Optische Geräte für die Halbleiterindustrie
Projektschwerpunkt: Anwender

Schott Electronic Packaging GmbH

Bernd Fischer
Christoph-Dorner-Straße 29, 84028 Landshut
Tel.: 0871 826-0, Fax: 0871 826-200
E-Mail: bernd.fischer@schott.com, www.schott.com/epackaging
Branche: Optoelektronische Bauteile
Projektschwerpunkt: Anwender

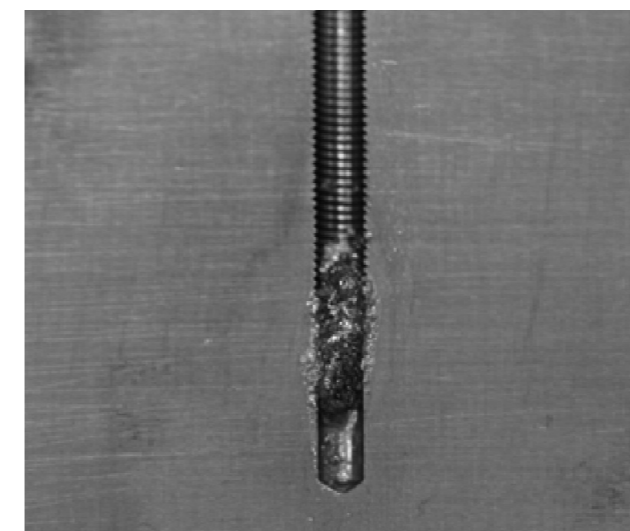
Ex-Cell-O GmbH

Siegfried Schmalzried
Stuttgarter Straße 50, 73033 Göppingen
Tel.: 07161 201-509,
E-Mail: Siegfried.Schmalzried@mag-powertrain.com
www.mag-powertrain.com
Branche: Werkzeugmaschinenhersteller und Anlagenbauer
Projektschwerpunkt: Anwender

Verfahren und System zur Inline-Reinigung von Bohr- und Sacklöchern mit hohen Aspektverhältnissen (DeepClean)

Das Projekt

In den letzten Jahren haben sich in vielen Branchen durch Partikelschmutz bedingte Fehlfunktionen und Systemausfälle zu einem beträchtlichen Qualitätsproblem entwickelt. Deshalb wurden – vorangetrieben durch die Automobilindustrie – marken- und länderübergreifend Anstrengungen unternommen, Methoden zu entwickeln, welche die Ermittlung der „Technischen Sauberkeit“ von Bauteilen reproduzierbar ermöglichen. Mittlerweile sind diese Methoden in nationalen und internationalen Richtlinien festgeschrieben und gängige Praxis im Bereich der Herstellung von Komponenten und Aggregaten für den Automobilbau und finden zunehmend auch Anwendung in anderen Branchen.



Verunreinigungen im Bohrloch nach herkömmlicher Reinigung.

Einhergehend mit der verbesserten Methodik zur Prüfung der Bauteilsauberkeit, steigen die Anforderungen an die Reinigungstechnik enorm an. Vor allem Bauteile mit komplexen Innengeometrien, wie z. B. tiefe Sack- oder Gewindebohrungen mit geringen Durchmessern, stellen die Reinigungsgerätehersteller vor enorme technische Herausforderungen, welche mit den herkömmlichen Reinigungsansätzen nicht mehr zu erfüllen sind.

Im Rahmen eines internen Vorprojekts wurde am Fraunhofer IPA ein neues Reinigungsverfahren entwickelt, exemplarisch erprobt und patentiert, welches auf der Doppelnutzung des Reinigungsmediums CO₂ aufbaut. Dieses Verfahren besitzt das Potenzial, die bestehenden Herausforderungen zu meistern. Der Lösungsansatz des üCO₂-Reinigungsverfahrens besteht darin, die im Bohrloch vorhandenen Ölreste zunächst effektiv mittels überkritischem CO₂ (ca. 74 bar, 31 °C) zu entfernen, um die Haftkräfte abzubauen, welche die Partikel im Bohrloch zurückhalten. Anschließend werden die jetzt lose vorliegenden Partikel mittels CO₂-Schneekristallen aus der Bohrung ausgeblasen. Das Reinigungsmedium CO₂ unterstützt diesen Ansatz in Abhängigkeit seines Aggregatzustandes. Zum einen können enorme Ölmengen im überkritischen Zustand des Gases gelöst und zusätzlich können Partikel effektiv durch Impulsübertrag, welche beim Entspannen des flüssigen CO₂ auf Normaldruck entstehen, entfernt werden.

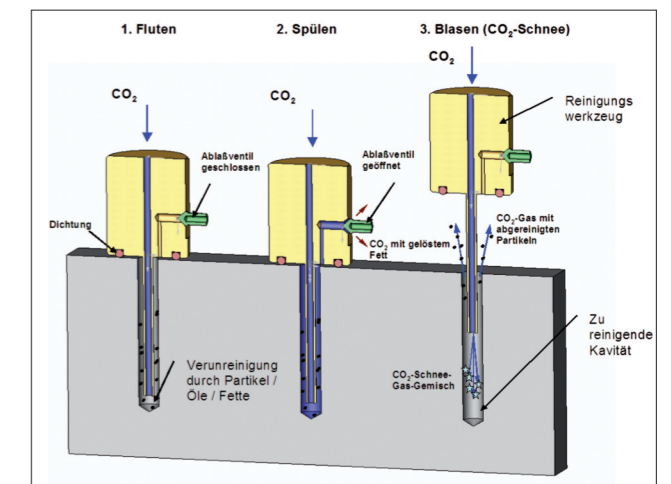


Abbildung 2: Prinzip des üCO₂-Kombireinigungsverfahrens

Die Überprüfung der Reinigungsergebnisse erfolgte mit einem laserinduzierten Fluoreszenzspektroskop der Firma Systekum, das in Zusammenarbeit mit dem LaserAnwendungsCentrum der TU Clausthal entwickelt wurde. Mit diesem Gerät lassen sich Spuren von Ölkontaminationen auf Oberflächen detektieren.

Im Rahmen des Projekts soll ein auf diesem Kombiverfahren basierendes und für die Serien- und Massenproduktion nutzbares, trockenes und rückstandsfreies Inline-Reinigungssystem und ein dazugehöriges insitu-Prozess-Diagnostiksystem auf der Basis der laserinduzierten Fluoreszenzspektroskopie (LIF) entwickelt und erprobt werden. Hierzu sollen erste Voruntersuchungen an den zu entfernenden Verunreinigungen (Schneidöle / -emulsionen, und Späne) durchgeführt werden, um Erkenntnisse für das zu entwickelnde Reinigungssystem abzuleiten.

Die Systemtechnik soll so robust ausgeführt werden, dass ein Mehrschichtbetrieb des Reinigungssystems mit kurzen Taktzeiten ohne fehler- oder wartungsbedingte Unterbrechungen möglich wird. Ebenso soll das Reinigungssystem einfach in bestehende Fertigungsanlagen integriert und auf variierende Bauteilgeometrien angepasst werden können. Daraus folgt ein kompakter, flexibler und modularer Aufbau der Steuer- und Versorgungseinrichtungen. Gegenüber herkömmlichen Reinigungsverfahren können mit dem neuen CO_2 -Kombiverfahren folgende Vorteile erzielt werden:

- ▶ **Restlose Ölentfernung**, auch in Hinterschneidungen und porösen Oberflächen.
- ▶ **Partikel und Spanentfernung bis in den μm -Bereich**, durch einen sehr hohen Ausblasvolumenstrom aufgrund der rund 500fachen Volumenvergrößerung des CO_2 beim Austritt aus der Kapillare.
- ▶ **Reinigung von Bohrungen im Durchmesserbereich von 1 mm mit hohem Aspektverhältnis**, bis hin zu Kanälen und Rohren.
- ▶ **Trockene Reinigung**, da das Reinigungsmedium bei Normalbedingungen nur gasförmig vorliegt.
- ▶ **Keine Explosionsschutzmaßnahmen erforderlich**. Hierdurch kann die gerätetechnische Umsetzung einfacher und kostengünstiger erfolgen.
- ▶ Bei der Reinigung wird **kein** Hilfsstoff eingesetzt, der nach Gebrauch als **Sondermüll** entsorgt werden muss.
- ▶ Einfach **in bestehende Fertigungsanlagen integrierbar**.
- ▶ Das **Reinigungsmedium** CO_2 ist nach der Reinigung leicht zu regenerieren und kann deshalb dem Prozess wieder zugeführt werden.
- ▶ **Kurze Prozesszeiten** im Sekundenbereich sind erreichbar, wodurch ein Einsatz des Verfahrens in der Massenproduktion möglich wird.

Aufgrund der vielen technischen und wirtschaftlichen Vorteile des neuen Verfahrens ist zu erwarten, dass das CO_2 -Kombiverfahren nach dessen Umsetzung schnell als Ergänzung zu herkömmlichen Reinigungsverfahren oder als deren Ersatz in die industrielle Fertigung einziehen wird.

Die Kooperation

Um die für die Umsetzung dieses Vorhabens benötigten Kompetenzen abzudecken und somit den Erfolg des Vorhabens zu sichern, soll folgender Kooperationsverbund gegründet werden.

Die am Verbund beteiligten Partnerunternehmen und -einrichtungen ergänzen sich hinsichtlich ihrer Qualifika-



Vernetzung innerhalb des Projektverbunds

tionen und den Entwicklungs- und Vermarktungszielen. Strama-MPS ist ein mittelständisches Unternehmen, und als Komplettlöser im Bereich des Sondermaschinen- und Anlagenbaus tätig. Der Geschäftsbereich Reinigungstechnologie, mit mittlerweile 10-jähriger Erfahrung, wird ständig weiter ausgebaut. Im Projekt ist Strama-MPS für die Spezifikation des Reinigungssystems, die Unterstützung bei der Realisierung, den Aufbau der Testsysteme und die Unterstützung bei Dauertests zuständig. Ziel ist die Entwicklung und Vermarktung des Reinigungssystems.

Lewa zählt zu den Kompetenzführern in der Flüssigkeitsdosierung. LEWA-Systeme lösen Dosier- und Prozessaufgaben für höchste Drücke. Lewa ist für die Spezifikation und den Aufbau der Medienversorgung verantwortlich und unterstützt bei der Realisierung und bei Dauertests. Zukünftig wird die Firma Lewa CO_2 -Versorgungssysteme für die industrielle Reinigung entwickeln und vermarkten.

EPflex bietet als OEM-Hersteller Komponenten für die minimalinvasive Chirurgie, wie flexible Führungsdrähte und Kanülen, an. Im Projekt ist EPflex für Spezifikation und Bereitstellung von angepassten Kapillaren und einer Reinigungsaufgabe verantwortlich. Die Kapillaren sollen zusammen mit dem Reinigungsgerätehersteller vermarktet werden.

Systekum bietet optische Systeme zur industriellen Online-Prozesskontrolle auf Basis der laserinduzierten Fluoreszenzmessung an. Die Spezifikation des Messsystems, die Unterstützung bei der Realisierung, die Bereitstellung von Messsystemen, der Aufbau der Testsysteme und die Unterstützung bei den Dauertests sind die Aufgaben von Systekum im Projekt, mit dem Ziel, das geplante Messsystem zu entwickeln und zu vermarkten.

AK-tek stellt Dental-Implantate sowie Komponenten für die Wirbelsäulen-Chirurgie und Knochenersatzkomponenten aus Metall und Keramik her. Im Projekt wird AK-tek die Reinigungs- und Messaufgabe spezifizieren, bei der Entwicklung der Reinigungsanzlen unterstützen und Dauertests durchführen. Ziel ist eine Qualitätsverbesserung und Alleinstellung aufgrund neuer Reinigungstechnologie.

Carl Zeiss SMT bietet heute als Weltmarktführer Lithographie-Optiken für Mikro- und Halbleiterprozesse an. Die Firma ist für die Spezifikation des Reinigungs- und Messsystems und für die Durchführung der Dauertests verantwortlich, mit dem Ziel, das DeepClean-Verfahren in die Fertigung von Optikfassungen zu integrieren.

Schott entwickelt und fertigt optoelektronische Bauteile. Im Projekt ist Schott ebenfalls für die Spezifikation des Reinigungs- und Messsystems und die Durchführung der Dauertests verantwortlich. Das DeepClean-Verfahren soll in die Fertigung von Verkapselungen für optoelektronische Bauteile mit optischen und elektrischen Durchführungen integriert werden.

Ex-Cell-O ist ein weltweit agierendes Maschinenbau-Unternehmen und stellt unter anderem Bearbeitungszentren für die Herstellung von Motorenkomponenten für den Automobilbau her. Auch Ex-Cell-O wird das Reinigungs- und Messsystems spezifizieren und Dauertests durchführen. Das DeepClean-Verfahren soll in Bearbeitungszentren integriert werden um toleranzkritische Bohrungen vor deren Vermessung zu reinigen.

Das interdisziplinär ausgerichtete LaserAnwendungs-Centrum (LAC) der TU Clausthal zielt u. a. auf die Entwicklung von fasergekoppelten Sensoren für die Sicherheits- und Prozesssteuerungstechnik ab. Die Kooperation mit Systekum hat in der Vergangenheit zur Entwicklung des dem Projekt zugrunde liegenden Messverfahrens für filmische Kontaminationen geführt. Im Projekt ist das LAC für die Spezifikation des geplanten Messsystems, die Realisierung, den Aufbau der Testsysteme und die Unterstützung bei den Dauertests verantwortlich.

Innerhalb der Abteilung Reinst- und Mikroproduktion des Fraunhofer IPA werden seit 15 Jahren CO_2 -Reinigungsverfahren und angepasste -werkzeuge entwickelt und über industrielle Partner kommerziell produziert und vertrieben. Das CO_2 -Kombiverfahren wurde am Fraunhofer IPA im Rahmen eines internen Vorprojekts entwickelt und patentiert. Das Fraunhofer IPA übernimmt die Projektleitung und ist außerdem für die Spezifikation und Entwicklung des Reinigungssystems, die Unterstützung bei der Realisierung des Messsystems, den Aufbau der Testsysteme und die Unterstützung bei den Dauertests verantwortlich.

Die Perspektiven

Die Branchenstreuung der beteiligten Partner belegt die umfassende Bedeutung der geplanten Entwicklungen für die Industrie. Die Beteiligungsstruktur gewährleistet bereits während der Entwicklungs- und Erprobungsphase einen exzellenten Marktzugang und dadurch eine frühzeitige Marktakzeptanz sowie eine schnelle industrielle Umsetzung nach Projektende. Durch die Aktivitäten des Fraunhofer IPA als Koordinator des Industrieverbunds „Technische Sauberkeit“ (Erstellung des VDA-Band 19 und ISO 16232) in Zusammenarbeit mit dem VDA und der Mitgliedschaft in der Allianz Reinigungstechnik der Fraunhofer-Gesellschaft, besteht auch hier die Voraussetzung, einen großen Interessentenkreis zu erreichen.

Jeder der am Projekt beteiligten Partner wird auch nach Projektende als Multiplikator im Bereich der Entwicklung von Applikationsverfahren, der Erschließung zusätzlicher Anwendungen oder dem Systemvertrieb tätig bleiben. Die einzelnen Schwerpunkte gliedern sich wie folgt:

Strama-MPS (Reinigungsgerätehersteller) wird in Lizenz die kommerzielle Herstellung und den Vertrieb des DeepClean-Systems als stand-alone-System, in Kombination mit bestehenden Reinigungssystemen oder als integrierbare Einheit für den Endanwender übernehmen.

LEWA (CO_2 -Systemlieferant) übernimmt die Herstellung von Komponenten oder Subsystemen der CO_2 -Versorgung in Zusammenarbeit mit dem Reinigungsgerätehersteller. Lewa möchte den Schwerpunkt „Systeme für die Reinigungstechnik“ aufbauen.

EPflex (Systemlieferant CO_2 -Injektionssystem) wird die Produktion und den Vertrieb von angepassten Reinigungsanzlen in Zusammenarbeit mit dem Reinigungsgerätehersteller übernehmen. Durch die Anwendung des DeepClean-Verfahrens in der eigenen Produktion schafft sich EPflex zusätzlich einen Wettbewerbsvorteil.

Systekum (Messsystemhersteller) plant die Herstellung und den Vertrieb des Bohrlochprüfsystems, als stand-alone-System, in Kombination mit dem DeepClean-System oder als integrierbare Einheit für die Endanwender.

AK-tek (Anwender) wird Verschraubungen von Implantaten mit dem Deep Clean-Verfahren effektiver als bisher von Fertigungsrückständen befreien. Hierdurch ergibt sich für die Firma ein entscheidender Wettbewerbsvorteil. Eine Ausweitung der DeepClean-Methode auf andere Produkte und -zonen ist im Erfolgsfall geplant.

EPflex (Anwender) wird Kapillaren und Führungsröhrchen mit dem DeepClean-Verfahren reinigen, da bestehende Verfahren nicht zufrieden stellend arbeiten. Bei erfolgreicher Erprobung kann die Reinigungsmethode auf weitere Produkte übertragen werden.

Carl Zeiss SMT AG (Anwender) wird Bohr- und Sacklöcher an Fassungen für Halbleiterbelichtungs-optiken reinigen. Die extreme Fett- und Partikelfreiheit ist für die Anwendung sehr wichtig. Die Anwendung des DeepClean-Verfahrens in anderen Fertigungsbereichen und an anderen Systemkomponenten ist wahrscheinlich.

Durch den Einsatz des DeepClean-Verfahrens wird bei Schott Electronic Packaging GMBH (Anwender) eine Verbesserung in der Qualität der hergestellten Verkapselungssysteme erwartet. In Zukunft können weitere Bauteile und Systeme gereinigt werden.

Durch den Einsatz des DeepClean-Verfahrens wird bei Ex-Cell-O GmbH (Anwender) die Vermessung von toleranzkritischen Bohrungen während der Herstellung möglich. Hierdurch kann die Fertigungszeit von z. B. Zylinderköpfen enorm verkürzt, die Qualität verbessert und die Ausschussrate verringert werden. Aufgrund des enormen Kostendrucks innerhalb der Automobilbranche werden