

Entwicklung eines neuen Hochdruckverfahrens bis zur Realisierung: „Flashreinigungsprozess für Turbinenschaufeln“

Dr.-Ing. Arne Pietsch, Eurotechnica GmbH, 22941 Bargteheide

Dr. Michael Unger, MTU Aero Engines GmbH, 80995 München

Prof. Dr.-Ing. R.Eggers, Technische Universität Hamburg-Harburg

Ein neues Verfahren mit extremen Prozessbedingungen wurde bis zur Einsatzreife entwickelt und realisiert. Die Prozessdrücke liegen oberhalb von 500 bar und die Druckbehälter müssen extrem viele kurze Lastwechsel aushalten. Eine erste Anlage ist seit Sommer 2010 in der Fertigungslinie der MTU im Betrieb.

Für die MTU Aero Engines in München wurde ein neuartiges Hochdruckverfahren – High Pressure Flash Cleaning, kurz HPFC, zur Reinigung von Turbinenschaufeln entwickelt. Turbinenschaufeln sind extrem hochwertige Bauteile und die Fertigung erfordert viele Schritte. Um mit Laserbelochungsanlagen an den Bauteilen arbeiten zu können, ist eine Füllung des Innenraumes mit einem Schutzwachs erforderlich. Die anschließende rückstandslose Entfernung dieses Wachses aus dem Inneren der Turbinenschaufeln ist eine anspruchsvolle Aufgabe, da es sich in zum Teil feinen und auch gefangenen Bohrungen befindet. Ein simples Ausschmelzen reicht nicht aus, so dass bislang zeitaufwändige Waschverfahren mit organischen Lösungsmitteln zum Einsatz kommen. Der komplette Verzicht auf Lösungsmittel, extrem verkürzte Reinigungszeiten bei einem verbesserten Reinigungsergebnis wird durch ein neuentwickeltes Hochdruck-Reinigungsverfahren, High-Pressure Flash-Cleaning, kurz HPFC, erreicht.

Die Entfernung eines bei Raumtemperatur harten Wachses aus feinen, komplexen oder gar gefangenen Hohlräumen wirft ein verfahrenstechnisches Problem auf: wie gelingt der Stofftransport aus Bohrungen heraus – oder noch grundlegender – wie gelingt ein Stofftransport von einer Wand weg ohne die Möglichkeit des Überströmens? Eine robuste Lösung ist natürlich das vollständige Auflösen der zu entfernenden Substanz, hier des Wachses, in einem Lösungsmittel. Problematisch sind dabei neben dem Umgang mit dem Lösungsmittel die lange Spül- bzw. Prozesszeit.

Innovativer ist der Einsatz von hochverdichtetem CO₂ als Reinigungsmittel, da dieses unbrennbar und physiologisch unbedenklich ist. Obere Verfahrensparameter dieser *überkritischen Extraktion* sind dabei üblicherweise ca. 500 bar und 100°C. Die Wachsreinigung hat gegenüber der Abreinigung von Schmierölen aus der mechanischen Bearbeitung als Erschwernis den festen Aggregatzustand bei Raumtemperatur, so dass zum einen ein Schmelzprozess ablaufen muss und zum anderen dafür hohe Prozesstemperaturen erforderlich sind. Versuche haben gezeigt, dass aber auch oberhalb des Schmelzpunktes komplexe Hohlräume oder gar Sacklöcher in einem durchströmten Hochdruckextraktionsbehälter nicht ausreichend gereinigt werden können.

Die Lösung besteht in der neuartigen Hochdruck-Flashreinigung, kurz HPFC, bei der nicht überströmend und extrahierend gereinigt wird, sondern das hochverdichtete Gas ungewöhnlich schnell entspannt wird und dabei Wachs nicht nur in gelöster Form, sondern auch mechanisch abtransportiert wird. Der Kern der Verfahrensführung ist die Volumenexpansion des Gases beim Entspannen, die den erforderlichen Stofftransport auch von Oberflächen weg, also auch aus Sackbohrungen heraus ermöglicht. Besonders hilfreich ist, dass das Gas sich in das Wachs einlösen kann und beim Entspannen im Idealfall Wachs mitreißt oder sogar vor sich herschiebt. Zusätzlich verändert das Gas Stoffwerte des Wachses in günstiger Weise (Viskositätsverminderung).

Da die erforderlichen Drücke im Bereich oberhalb von 500 bar liegen und extrem schnelle Entspannungsvorgänge mit Druckabbauraten im Bereich 30bar/s nötig sind, ergeben sich zahlreiche neue Fragestellungen im Bereich der Anlagenauslegung und Apparatekonstruktion.

Es wurde bei Eurotechnica eine HPFC Testanlage für Originalbauteile aufgebaut und damit eine umfangreiche Verfahrensentwicklung und Absicherung durchgeführt.

Die erforderlichen Prozessparameter (Druckfenster, Temperaturfenster sowie Entspannungszeiten) der Flashreinigung wurden für unterschiedliche Turbinenschaufeltypen bestimmt.