

Kleben für Fortgeschrittene

Die für Rapid Prototyping benötigten 3D-Druckköpfe erfordern die Entwicklung völlig neuer Klebverfahren. Das Institut für Fertigungstechnik der TU Wien arbeitet auf diesem Gebiet erfolgreich an der Herstellung ultradünner Klebstoffschichten

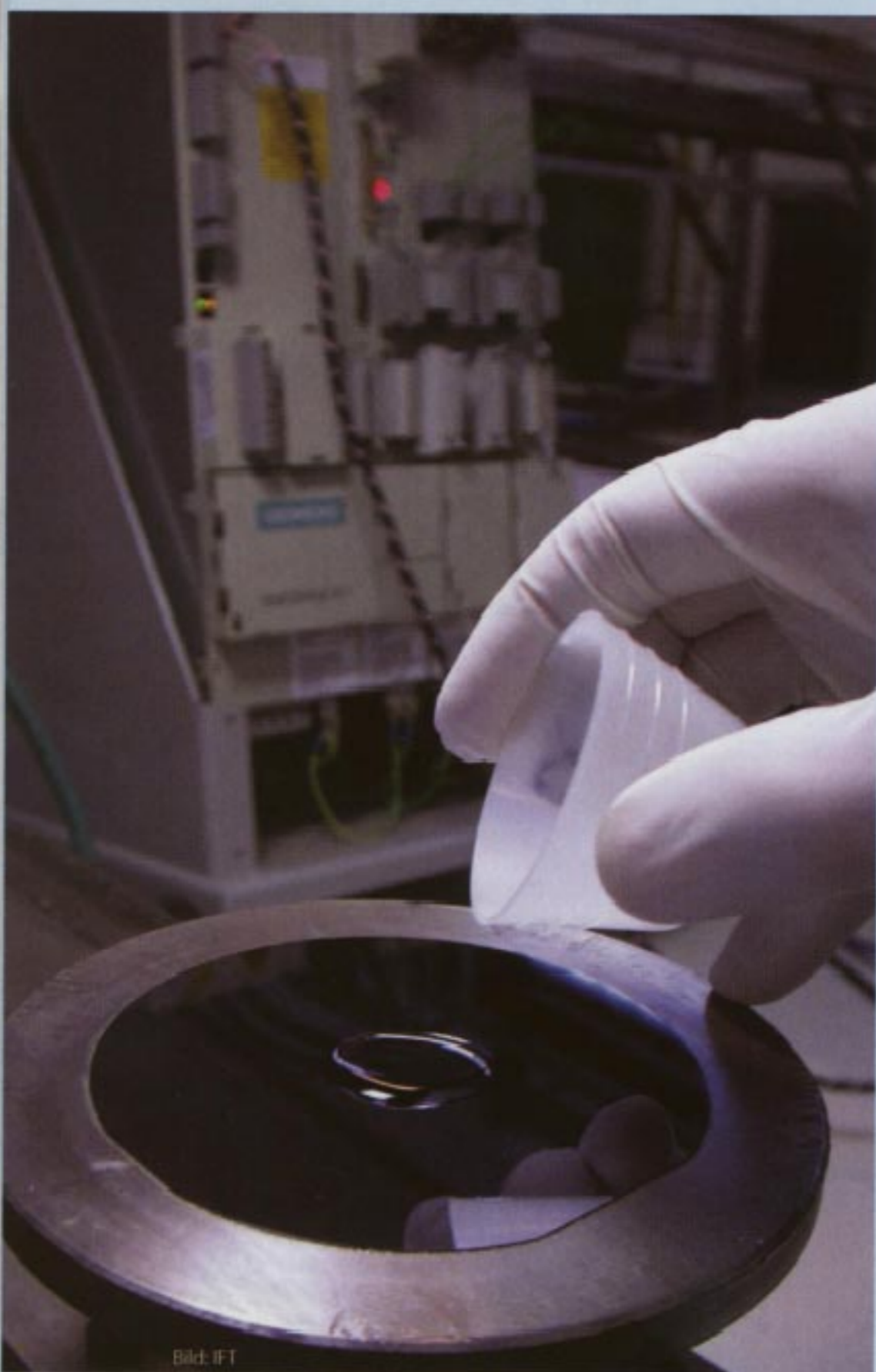


Bild: IFT

Immer kürzere Produktzyklen, beschleunigte Markteinführungszeiten, aber auch der Trend zu Losgröße Eins sind Triebfedern für den bemerkenswerten Erfolg der verschiedenen Varianten von Rapid Prototyping. 3D-Druckverfahren nehmen in diesem Bereich einen zunehmenden Raum ein, unter anderem, weil sie auf einem etablierten und technisch gut verstandenen Prinzip beruhen. Die Tintenstrahltechnologie zählt bei 2D-Druckern seit Jahrzehnten zu einem Standard, der kontinuierlich weiterentwickelt wurde und

mit relativ geringem Aufwand an die Erfordernisse von 3D-Druckverfahren angepasst werden kann. Im Gegensatz zu anderen Methoden, wie etwa Polyjet oder selektives Lasersintern, baut die Hardware zu einem großen Teil auf vorhan-

denen und relativ preiswerten Materialien auf. Dementsprechend breit ist das Interesse der Industrie am Ausbau dieser Technologie.

Anspruchsvolle 3D-Druckköpfe

Wer dreidimensionale Objekte per Tintenstrahltechnologie Schicht für Schicht „drucken“ möchte, benötigt dazu neben einer geeigneten Tinte vor allem einen an diese spezielle Anforderung angepassten Druckkopf. Während die Konzeption eines derartigen Bauteils noch relativ einfach bewältigbar ist, stößt man bei seiner Herstellung auf zahlreiche Probleme, von denen einige nur mit hohem Entwicklungsaufwand gelöst werden können. Eine der größten Herausforderungen ist das Zusammenfügen der Einzelteile eines Druckkopfs, ein Vorgang, der wegen der extrem feinen und exakt definierten Strukturen einiger Bauteile nur über ein Verkleben realisierbar ist. Die dabei auftretenden Schwierigkeiten finden sich einerseits in den verwendeten Materialien, Karbon und verschiedene Stahlsorten wie 1.4310 oder auch Invar, und andererseits in der Handhabung der infrage kommenden Klebstoffe. Neben der geforderten Festigkeit der Verklebung muss sichergestellt sein, dass die Strukturen der Druckkopf-teile nicht vom Klebefilm beeinflusst oder gar zugeklebt werden. Angesichts einer Strukturgröße von Löchern bis hinab zu einem Durchmesser von nur 20 Mikrometern ergibt das eine Herausforderung, die mit keiner bisher bekannten Klebetechnologie gemeistert werden konnte.

Neue Verfahren für den Klebstoffauftrag

Um ein Verstopfen der Feinstrukturen zu vermeiden, muss eine ungewöhnlich dünne und äußerst homogene Klebstoffschicht aufgetragen werden, wobei eine Filmstärke von 3 bis 5 Mikrometern anzustreben ist. Helmut Caudr vom Institut für Fertigungstechnik der TU Wien erläutert dazu: „Zunächst mussten wir nach geeigneten Klebern suchen, die alle geforderten Eigenschaften erfüllen. Nach umfangreichen Versuchen haben wir Klebstoffe auf Basis von Cyanacrylat und einige Epoxy-Kleber in



Bild: IFT

die engere Wahl aufgenommen, für deren Einsatz wir geeignete Auftragverfahren entwickelt haben.“

Eine maßgebliche Eigenschaft der Klebstoffe ist ihre Viskosität. Am IFT wird deshalb an unterschiedlichen Verfahren für die sehr dünnflüssigen Cyanacrylat-Produkte und die deutlich zäheren Epoxy-Kleber gearbeitet. Während sich Cyanacrylat-Kleber mit einer Viskosität von nur 1 mPas – das entspricht der Viskosität von Wasser – schon mit einem speziellen Filztuch mit einer Filmstärke von 5 Mikrometern auftragen lassen, verlangen Epoxy-Klebstoffe nach einer anderen Vorgangsweise. Caudr: „Wir bauen hier auf einer Abwandlung des aus der Wafer-Herstellung bekannten Spincoating-Verfahrens auf. Damit können wir Kleber mit einer Viskosität von bis zu 1 Pas homogen auftragen. Als ideal für dieses Verfahren hat sich ein Wert von zirka 400 mPas erwiesen.“

Kleben mit 3000 U/min

Beim Spincoating wird der Klebstoff in die Mitte einer mit bis zu 3000 U/min rotierenden Scheibe aufgebracht, wodurch sich ein besonders dünner und gleichmäßiger Film bildet. Jedoch erst über das Verständnis der Zusammenhänge zwischen Viskosität, aufgebrachtener Klebstoffmenge und Drehzahl der Scheibe kann die gewünschte Dimensionierung und Homogenität der Klebstoffschicht erreicht werden. Der gleichfalls an diesem Projekt beteiligte DI (FH) Christoph Dorn meint dazu: „Es existiert bisher nur wenig Literatur zu diesem Thema. Im Grunde genommen wird Vergleichbares nur bei der Herstellung von Silizium-Wafern eingesetzt, weshalb wir zunächst auf die Durchführung zahlreicher Versuchsreihen angewiesen waren. Aktuell erreichen wir mit diesem Verfahren Schichtdicken von 2 Mikrometer.“

Das Aufbringen des Klebers ist jedoch nur der erste Schritt, um eine optimale Verbindung der Druckkopfteile zu gewährleisten. Die zu verklebenden Teile müssen innerhalb einer bestimmten Zeitspanne nach dem Klebstoffauftrag mit einem definierten Druck aneinander gepresst werden, ohne sich dabei relativ zueinander zu verschieben. Schon geringste seitliche Bewegungen während des Anpressens würden zu einem Verkleben der für die Funktion des Druckkopfs maßgeblichen Löchern führen und die Teile damit unbrauchbar machen. Im Labormaßstab ge-

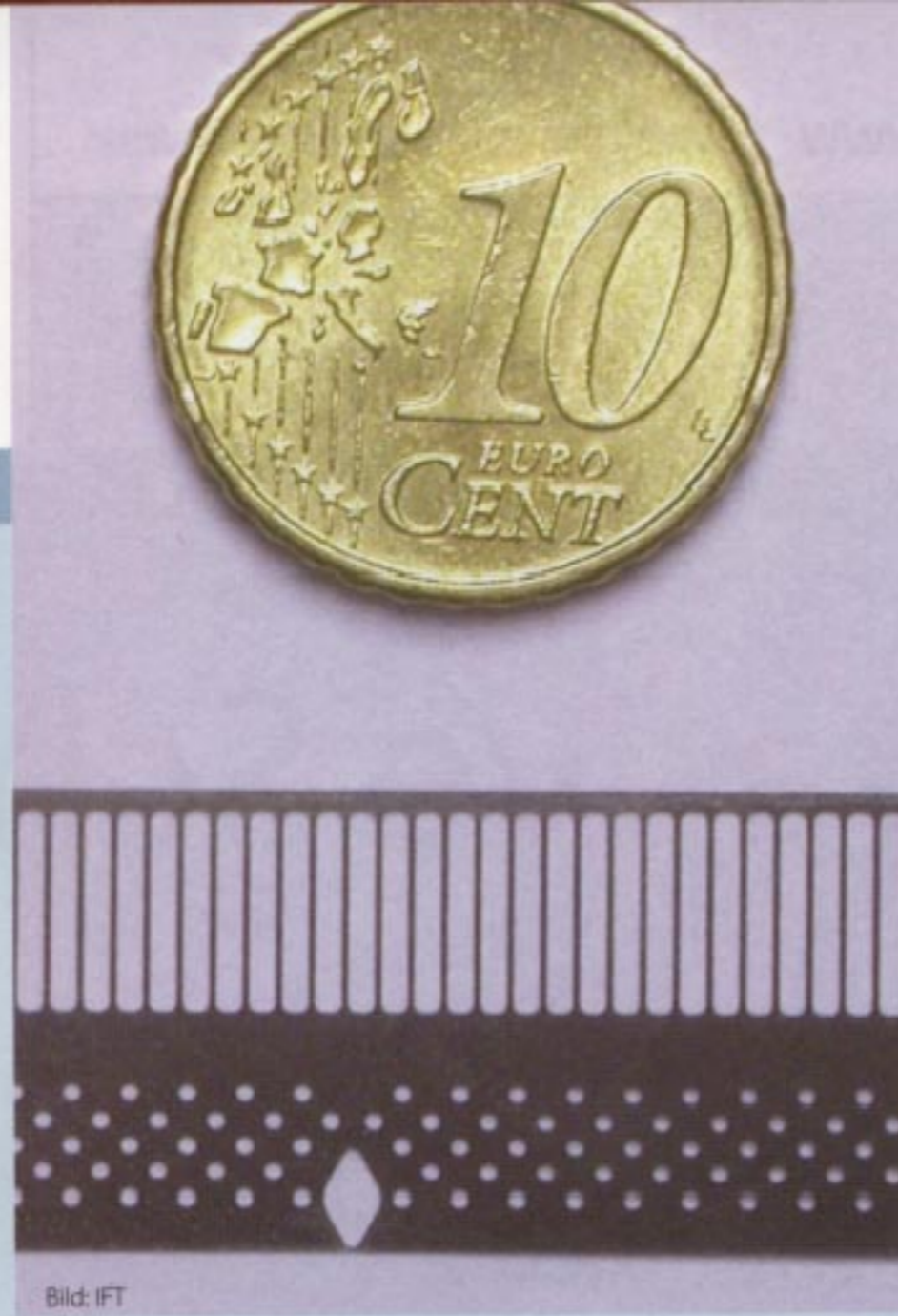


Bild: IFT

nügt zur Erzielung eines stabilen und definierten Aufeinanderpressens eine Kniehebelpresse, wobei dieser diffizile Prozess derzeit noch im Versuchsstadium ist. Deshalb wird derzeit ein alternatives Verfahren via Walzenauftrag erprobt, wobei in jedem Fall die Anwendbarkeit für eine zukünftige industrielle Fertigung wesentlich ist.

Effiziente Vorbehandlung

Um die erforderliche Haltbarkeit der Einzelteile zu erreichen, ist das Auftragen des Klebers und Aufeinanderpressen der Teile nicht ausreichend. „Wenn wir die zu verklebenden Teile ohne Vorbehandlung verkleben, fallen sie fast von selbst wieder auseinander“, meint Christoph Dorn zu den ungenügenden Klebeeigenschaften im Zusammenhang mit dem verwendeten Druckkopfmateri al. „Nach mehreren Versuchen haben wir ein Ätzverfahren zur Aufräumung der Oberfläche gefunden, das sich mit entsprechenden Modifikationen für unser Problem eignet. Ein Bad in 30%-iger Salzsäure über eine genau definierte Zeitspanne schafft ideale Voraussetzungen für eine haltbarere Verklebung.“

Das Ergebnis ist überzeugend: Durch das Ätzverfahren steigt die Zugfestigkeit der verklebten Teile um einen Faktor 100 und erreicht damit den für diese Anwendung mehr als ausreichenden Wert von 7 N/mm². Einziger Nachteil ist die Notwendigkeit einer möglichst raschen Verklebung nach dem Ätzvorgang, da der Effekt durch Luftoxidation schon nach wenigen Stunden deutlich nachlässt.

Daher wurde als Alternative zur Vorbehandlung der Oberfläche auch der Einsatz eines Pyrosil-Verfahrens untersucht. Die dabei aufgebrachte SiO₂-Schicht bewirkt zwar eine ähnliche Verbesserung der Zugfestigkeit wie das Anätzen mit Salzsäure, gefährdet durch die dabei auftretenden Temperaturen jedoch die Struktur der zu verklebenden Teile.

Obwohl die wesentlichen Schwierigkeiten gelöst sind, befindet sich das Klebeverfahren noch im Entwicklungsstadium. Als wichtigen Schritt sehen die Forscher am IFT die Umsetzung der bisherigen Erkenntnisse in eine Serienproduktion.

Institut für Fertigungstechnik der TU Wien,
1030 Wien, Tel. (+43 1) 588 01-311 66, puschitz@ift.at, www.ift.at