

Rasterelektronen-Mikroskop-Aufnahme des Bohrloches mit einem Lochdurchmesser von circa 3,5 Mikrometer

# Auf den Mikrometer genau - Laserbohren in Kunststoff

Mikrometeregenaue winzige Löcher mit sehr hoher Prozessgeschwindigkeit in dünnen Kunststoff zu bohren – eine Aufgabe wie geschaffen für die Lasertechnik. Ein Maschinenbauunternehmen, spezialisiert auf Hochleistungsanlagen, und ein Spezialist für Photonik-Lösungen haben ihre Erfahrung im Bereich der maßgeschneiderten Automationslösungen als auch der integrierten Subsysteme für Laseranwendungen gebündelt, um die Anforderungen in die Realität umzusetzen.

**Keywords:** Lasermaterialbearbeitung, Laserbohren, Mikrobohren, Subsysteme, Optisches System, Beamshaping, Laser material processing, Laser drilling, Micro material processing

Jenoptik deckt den wachsenden Bedarf an höher integrierten Optik-Lösungen. Die dabei eingesetzten Systeme, Module und Komponenten helfen den Anwendern ihre Herausforderungen mit Hilfe Photonik-basierter Technologien zu meistern.

Contexo ist ein international tätiges Maschinenbau-Unternehmen und realisiert weltweit besondere anlagentechnische Herausforderungen für Produktionsumgebungen. Das Unternehmen hat sich auf den Bau von Hochleistungs-Montagemaschinen für Massenartikel spezialisiert.

Mikroskopisch kleine Löcher soll sie „laser-bohren“, mit Durchmessern unter 5 µm, in 0,1 mm dünnen Kunststoff und das 30mal pro Minute - die Herausforderungen an die Produktionsanlagen wachsen mit den Herstellprozessen für neue Produkte, die massenhaft in Serie hergestellt werden. Schnell und kostengünstig soll produziert werden, mit immer gleichem Ergebnis und gleichbleibend guter Qualität.

Das im süddeutschen Winterbach ansässige Familienunternehmen Contexo meistert solche Herausforderungen für seine Kunden weltweit. Langzeitstabile Hochleistungsmaschinen für Massenartikel sind eine der Kernkompetenzen des schwäbischen Anlagenbauers. „Die Maschinen, die wir für unsere Kunden bauen, montieren, bedrucken, fügen, kleben, schweißen und lasern. Wir integrieren bis zu achtzig Arbeitsschritte in einer Anla-

## Laserbohren

ge und kümmern uns darum, dass die Projekte unserer Kunden erfolgreich sind“, erklärt Matthias Müller, einer der drei Söhne des Firmengründers und in der Geschäftsführung verantwortlich für den Vertrieb.

Mitte 2018 stellte sich das Unternehmen der Aufgabe, eine komplexe Automationslösung für einen großen Kunden in der Getränke-Branche zu entwickeln. Das Anlagenkonzept bestand aus acht Maschinen, die aufeinander abgestimmt Druckbehälter montieren. Eine der acht Maschinen sollte das Bohren von speziellen Kunststoffbaugruppen mit einer Fertigungsstückzahl von 16 Millionen Teilen pro Jahr sicherstellen.

Ein zentraler Bearbeitungsschritt dabei ist das Bohren eines Mikrolochs in eine der im Zweikomponenten-Spritzguss hergestellten Ventilkomponenten. So unscheinbar dieses Loch ist, so wichtig ist es. Denn von dem winzigen Loch ist die Funktion der gesamten Baugruppe abhängig. Es muss in einem engen Toleranzfeld zuverlässig eingebracht werden. Die einzige Technologie, die das vermag, ist die Lasertechnologie.

Um diese Leistung zu erbringen, war Hochpräzisionsoptik nötig, die den Laserstrahl bündelt und exakt zum Werkstück ausrichtet sowie thermisch-stabil und vibrations-tolerant ist. Diese Anforderung an sich war für den Maschinenbauer nicht neu, denn das Unternehmen baut zusammen mit Projektpartnern seit vielen Jahren auch Maschinen-Lösungen, die mit Laserlicht arbeiten.

„Wir haben dieses Mal einen Projektpartner gesucht, der uns bei dem umfangreichen Maschinenkonzept mit integrierten Laserprozessen unterstützt. Mit Jenoptik haben wir einen Spezialisten für die Integration optischer Baugruppen gefunden, der für die Laserapplikation 'Mikrobohren in Kunststoff' ein spezielles System zur Laserstrahl-Modulation konzipiert hat und uns auch bei der Applikationsentwicklung unterstützen konnte. So

waren wir in der Lage, uns auf unser Kerngeschäft, die High-speed-Prozessierung von Kunststoffartikeln, zu konzentrieren und unserem Kunden trotzdem in kürzerer Zeit seine schlüsselfertige Lösung zu bieten“, erläutert Müller die Auswahl des Projektpartners.

Doch nicht nur die kurze Entwicklungszeit steht auf der Habenseite des Partners. Mit der Integration eines bereits getesteten optischen Submoduls schließt der Maschinenbauer zudem mögliche Risiken aus, und greift mit Jenoptik auf einen erfahrenen Partner mit technologischem Spezial-Know-how zurück. Hinzu kommt, dass frühere Geschäftsbeziehungen und gemeinsame Projekte eine vertrauensvolle Basis für das Projekt boten.

Das von Jenoptik entwickelte optische System besteht aus einem Beamex-



**Der Testaufbau (Factory Acceptance Test) des optischen Systems, bei Jenoptik in der von Contexo gestellten Halterung**

# Entweder: Reine Luft. Oder: Keine Luft!



**Absaug- und Filtertechnologie für Emissionen bei Laserverfahren.**

**Luft- und Prozessgasreinigung bei der Additiven Fertigung.**

[www.ult.de](http://www.ult.de)



Lernen Sie unser Netzwerk kennen.

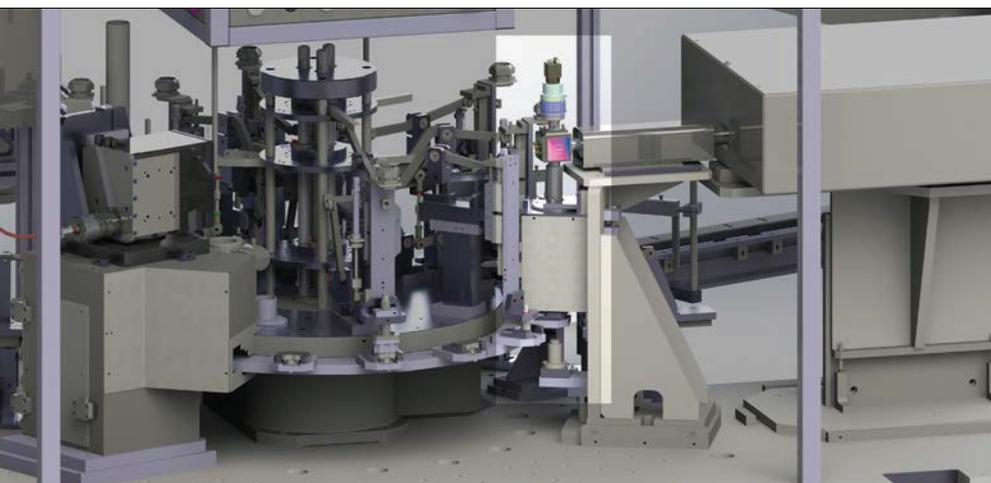
**formnext**  
19.-22.11.2019, Frankfurt/M.  
**Halle 12.0, C119**



pander zur 1- bis 4-fachen Aufweitung des Laserspots bei kollimiertem Strahldurchmesser, einer Umlenkeinheit mit dichroitischem Spiegel, der hochreflektierend für UV und transmissiv für VIS ist und den Laserstrahl 90 Grad umlenkt, und einem Objektiv zur präzisen Abbildung des Laserstrahls auf dem Werkstück. Bei den verwendeten Optikkomponenten handelt es sich um besonders performante Eigenprodukte des Optik-Spezialisten.

„Wir haben uns der Aufgabe gestellt, ein einfach zu integrierendes OEM-Modul zu entwickeln und zu bauen. Dabei mussten die genauen Vorgaben an Bauraum, Laserart, an Bohrgenauigkeiten aber auch an Arbeitsabstand zum Werkstück sowie Einstellbarkeit im optischen System abgebildet werden. Die Herausforderung lag hier zum einen in dem großen Aspektverhältnis von Bohrungsdurchmesser und Bohrlochtiefe zueinander und zum anderen in der Sicherstellung der Reproduzierbarkeit“, beschreibt Steffen Reinl die besonderen Herausforderungen für sein Projekt-Team.

#### Ein Blick in die Fertigungsanlage mit automatisiertem Laserbohrprozess als gerendertes CAD-Bild



#### Herausfordernde Parameter für den Prozess

Gebohrt werden sollten die Mikrolöcher mit einem High-end-Picosekundenlaser mit hoher Pulsenergie im ultravioletten Spektralbereich bei 355 nm. Der Abstand zum Werkstück sollte genau 10 cm betragen, bei einer Laserspotgröße von 3 µm und einer Tiefenschärfe im Bereich der Materialdicke bei 100 bis 150 µm.

Ein wichtiges Kriterium für die Konzeption der Optikbaugruppe war, eine gleichbleibende Lochgröße im Werkstück sicher zu stellen, weil diese entscheidend für die fehlerfreie Funktion des Endproduktes ist. Die Lösung liegt im Restlicht, welches beim Bohrvorgang durch das entstandene Loch tritt und dort an der Bauteilrückseite detektiert, also „gemessen“ werden musste. Die Idee wurde mit integrierter Bildverarbeitung und entsprechender Elektronik praktisch umgesetzt.

Auf diese Weise können optisch gewonnene Daten ausgewertet und dazu verwendet werden, die Laserenergie genau zum richtigen Zeitpunkt abzuschalten und so einen konstanten Lochdurchmesser auch bei abweichender Materialstärke zu gewährleisten. „Wir konnten hier auf eine schon vorhandene Technologie in unserer Unternehmensgruppe zurückgreifen und mussten nur noch Anpassungen für diesen Prozess vornehmen“, so Reinl.

#### Integration nach umfangreichen Testläufen

Das Projekt startete im August 2018 und wurde im ersten Quartal 2019 nach einer Entwicklungszeit von nur sechs Monaten erfolgreich umgesetzt. Im Dezember 2018 wurde das System in die Maschinenumgebung integriert. Zuvor prüften die Thüringer Ingenieure den optischen Strahlengang bereits in ihrem Labor des Unternehmens auf Herz und Nieren, denn so Reinl: „Wir wollten nichts dem Zufall überlassen. Vom Konstruktionsteam unseres Projektpartners erhielten wir für praxisnahe Tests den Picosekunden-Laser für den sogenannten 'Factory Acceptance Test' bei uns in Jena. Dieser ist als technische Bestätigung von Funktion und zur Vorabnahme des optischen Systems vor dem Einbau unerlässlich. Alles hat reibungslos funktioniert, wir konnten das System mit bestem Wissen nach Winterbach schicken.“

Als digitale Einrichthilfe für den Einbau der Optik in der Maschine war außerdem eine adaptierbare Kamera installiert worden, mit deren Hilfe nicht nur genau eingerichtet werden konnte, sondern auch die langfristige Möglichkeit geschaffen wurde, den optischen Pfad auf Zentrierung und Versatz zu prüfen.

Gemeinsam im Projektteam haben Maschinenbauingenieure, Optikingenieure und Montageexperten beider Kooperationspartner das Projekt „Mikrobohren in Kunststoff“ erfolgreich realisiert. Es ist ein gutes Beispiel dafür, wie Kernkompetenzen aus unterschiedlichen Disziplinen sich ergänzen und zu einem größeren Ganzen führen. Am Ende profitiert der Anwender von einer schnelleren Lieferzeit und Projektdurchlauf.

JENOPTIK Optical Systems GmbH  
[www.jenoptik.com](http://www.jenoptik.com)

Contexo GmbH  
[www.contexo-automation.de](http://www.contexo-automation.de)