

Geometrisch anspruchsvoll – und dicht

Aufwendige medizintechnische Funktionsteile schweißen statt kleben

Die Reinraum-Herstellung eines Biochip-Systems aus teilkristallinem Kunststoff stellte den Produzenten vor große Herausforderungen. Das Oberteil mit den Testkammern muss absolut dicht auf einen Träger aufgebracht werden. Nachdem alle Klebeversuche gescheitert waren, rettete methodisches Herangehen an den Schweißprozess das Projekt.

Drei Jahre hatte die R-Biopharm AG aus Darmstadt (siehe Kasten S. 52) in die Entwicklung gesteckt, um ihren Rida-Chip FoodGuide (Bild 1) zur Detektion von Nahrungsmittelunverträglichkeiten aus einer Blutprobe zu entwickeln. Als besonders hartnäckiges Problem erwies sich die Verbindung zwischen Oberteil und Träger des Biochip-Systems: Mit Klebstoff ließ sich die geforderte Dichtigkeit nicht erzielen. Schließlich stießen die Entwickler auf eine für diese Anwendung aussichtsreichere Verbindungstechnik: das Ultraschallschweißen. Es ist nicht nur schnell und sauber, sondern beeinträchtigt im Unterschied zu lösungshaltigen Klebemitteln nicht die biologi-

schen Bestandteile der Testvorrichtung, wie Enzyme.

Allerdings war der Weg zum Ziel auch hier nicht einfach: Ergebnis von Machbarkeitstests war, dass der relativ neu entwickelte, klare Kunststoff gut auf die Ultraschallwellen reagiert, sich also gut verschweißen lässt. Als große Herausforderung erwies sich aber die Geometrie des Biochips. Denn der FoodGuide besteht aus einem Trägerteil mit 24 Öffnungen; aufgeschweißt werden drei Teststreifen mit je acht Testkammern (Bild 2). In Summe war eine Nahtlänge von 670 mm dicht zu verschweißen, aufgeteilt in 24 Kammern, mit einem Schweißweg von gerade einmal 0,25 mm.

Die Prozessentwicklung für die Dichtschweißung dauerte insgesamt fast 24 Monate, erforderte mehrere Besuche der R-Biopharm-Entwickler im Ultraschalllabor der Herrmann Ultraschalltechnik, Karlsbad, und zahlreiche Versuchsschleifen (Bild 3).

Eine nicht unwichtige Rolle bei der Parameterentwicklung spielte das Kühlverhalten des verwendeten Kunststoffs: Für die Produktion war die Empfehlung schließlich, die Bauteile mit Vorlauf zu produzieren, sodass das Material schon vor dem Verschweißen vollständig auskristallisiert vorliegt. Ansonsten kann die Verschweißung unter Umständen einen Verzug oder eine Spannung im Bauteil „einfrieren“ und so Undichtigkeiten hervorrufen.

Design von Energierichtungsgeber und Sonotrode

Der Kunde wurde zur Gestaltung der Fügezonen dahingehend beraten, den noch fehlenden Energierichtungsgeber einzubringen. Das Spritzgießwerkzeug musste zu diesem Zweck nicht neu erstellt werden, sondern ließ sich nachträglich ändern: Es wurde auserodiert und mechanisch spanend nachbearbeitet. Eine Nahtgestaltung mithilfe von Energierichtungsgebern ist notwendig zur zuverlässigen Prozessführung und besteht bei den Spritzgussteilen aus Schweißgeometrien mit Spitzen oder Kanten in der Fügezone. Sie fokussieren den Ultraschall und definieren den Ort der Schmelzebildung. Auf diese Weise übertragen die Bauteile die Ultraschallwellen zur Verbindungsstelle.



Bild 1. Der Teststreifen zur Diagnostik war schwer herzustellen: Rida-Chip FoodGuide zur Feststellung von Nahrungsmittelunverträglichkeiten (© R-Biopharm)

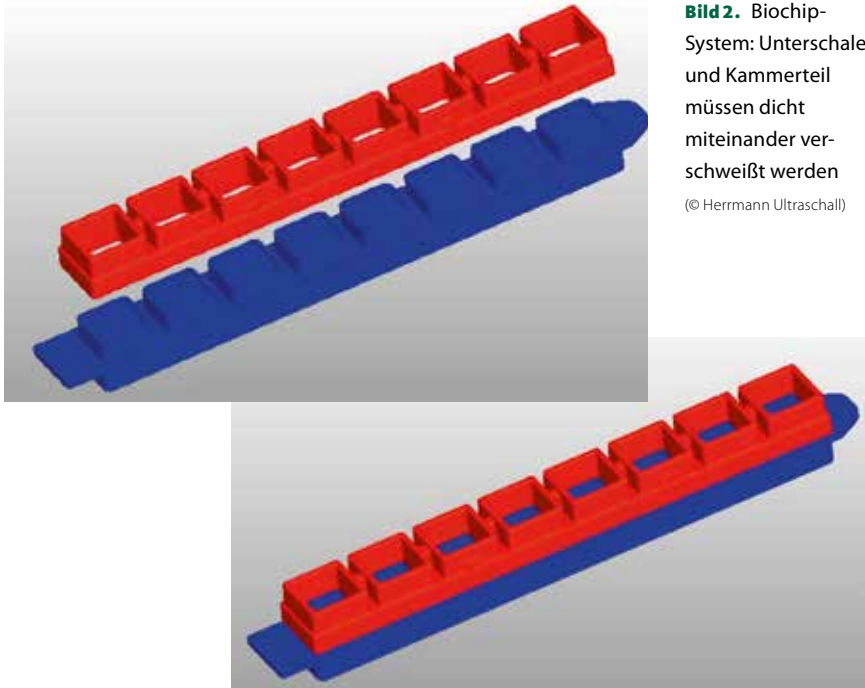


Bild 2. Biochip-System: Unterschale und Kammerteil müssen dicht miteinander verschweißt werden

(© Herrmann Ultraschall)

Eine weitere Schwierigkeit bildete die Auflagefläche für das Schweißwerkzeug, Sonotrode genannt, die beim Fügen auf den Stegen zwischen den Kammern aufsetzt. Oft wird beim Ultraschallschweißen mit abgesetzten Werkzeugen gearbeitet, d. h., über erhabene Konturen oberhalb der Schweißnaht wird die punktgenaue Schalleinleitung sichergestellt. Durch den geometrisch planen Abschluss des Bauteils musste auch die Sonotrode ebenfalls plan aufsetzen. Nun ging es darum, die Kontaktierung der Sonotrode mit dem Bauteil so zu gestalten, dass keine falschen Anschmelzungen entstehen und die geforderte Optik nicht beeinträchtigt wird. Es musste sichergestellt werden, dass nur die 3,8 mm von der Sonotrode entfernten Energierichtungsgeber aufschmelzen würden und nicht die dünnen Stege der Kammern, die direkt mit der Sonotrode in Kontakt kommen. Diese Stege sind eigentlich zu schmal und entsprechen

nicht der Faustregel, dass als Kontaktfläche mindestens drei Mal die Breite des Energierichtungsgebers zur Verfügung stehen sollte.

Normalerweise sind Sonotrodenoberflächen gefräst, aber die Fräsriefen können bei solch feinen Geometrien wie unerwünschte Energierichtungsgeber wirken und eine Schmelze- oder Partikelbildung direkt an der Werkzeugoberfläche erzeugen. Über Schleifen und Polieren der Werkzeugoberfläche lässt sich dies verhindern (**Bild 4**). Um schließlich die Maßhaltigkeit zu gewährleisten, wurden die Werkstückaufnahmen aus reinraumtauglichem Edelstahl gefertigt – und zwar aus einem Stück.

Bauteilzentrierung über Schnittbildvermessung

Als Herausforderung erwies sich auch die Zentrierung des Bauteils bei der Prozesseinrichtung, die sich sehr »



Bild 3. Dichtheitsprüfung mittels des Farbstoffes Rhodamin: links ein undichtes Bauteil während der Versuchsschleifen, rechts ein dichtes Bauteil am Ende der Anwendungsentwicklung

(© Herrmann Ultraschall)

Die Autoren

Dipl.-Betriebswirt Astrid Herrmann ist verantwortlich für die Unternehmenskommunikation der Herrmann Ultraschalltechnik GmbH & Co. KG, Karlsbad; astrid.herrmann@herrmannultraschall.com

Carsten Handt ist Anwendungstechniker im Ultraschall-Labor der Herrmann Ultraschalltechnik GmbH & Co. KG, Karlsbad; carsten.handt@herrmannultraschall.com

Dipl.-Ing. Biotech Ahmed Ait-Benarrou ist Leiter F&E Allergiediagnostik bei der R-Biopharm AG, Darmstadt; a.ait-benarrou@r-biopharm.de

Im Profil

Die **R-Biopharm AG** wurde 1988 als Tochterunternehmen der Röhm GmbH in Darmstadt gegründet. Sie entwickelt Produkte für die klinische Diagnostik sowie Lebensmittel- und Futtermittelanalytik. Das Unternehmen besitzt seit Januar 2000 weltweit die exklusiven Vertriebsrechte für die enzymatische Bioanalytik von Roche Diagnostics (ehemals Boehringer Mannheim).

» r-biopharm.com/

Service

Digitalversion

» Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/8168731

English Version

» Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at www.kunststoffe-international.com

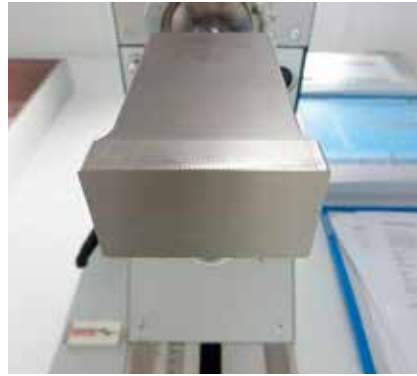


Bild 4. Die Oberfläche des Schweißwerkzeugs (Sonotrode) muss sehr fein geschliffen und poliert werden, um unerwünschte Schmelze- oder Partikelbildung zu verhindern

(© Herrmann Ultraschall)

schwierig gestaltete, aber unerlässlich für eine Dichtschweißung ist. Während der Versuchsschleifen machte eine detaillierte 3D-technische Vermessung des Schnittbilds sichtbar, dass es noch zu große Spaltmaße zwischen den Bauteilen gab und eine erneute Überarbeitung des Spritzgießwerkzeugs zur Veränderung des Energierichtungsgebers notwendig war (**Bild 5**).

Eine weitere Maßnahme, um die Bauteile innerhalb der geforderten Toleranz zu zentrieren, waren Zentriernoppen im Kammerinnern (**Bild 6**). Sie stellen die Positionierung der Bauteile zueinander und damit die Produktion sicher.

Die Bewertung der Fügegüte im Lichtmikroskop bestätigte zum Abschluss der Entwicklungsarbeiten im Labor die Schweißqualität (**Bild 7**).

Fazit

Die Schwierigkeiten einer solch anspruchsvollen Anwendung zu lösen erfordert Entwicklungszeit und zahlreiche Versuche in einem gut ausgestatteten Ultraschalllabor. Die Schweißparameter wurden hier in annähernd 40 Stunden dauernden Versuchen über die DoE-Methode (Design of Experiments) ermittelt. Besonders wichtig war die richtige Interpretation der Kennzahlen und Analyseergebnisse. Das bedeutet, dass die Erfahrung und das methodische Vorgehen bei der Anwendungstechnik eine große Rolle spielen, gerade wenn Entwicklungen, wie in diesem Fall, auf der Kippe stehen. ■



Bild 6. Zentriernoppen im Kammerinnern stellen die Positionierung der Bauteile zueinander innerhalb der geforderten Toleranz sicher (© Herrmann Ultraschall)



Bild 5. Das Schnittbild am Anfang der Versuche zeigt, dass das Bauteil noch nicht korrekt vermittelt ist und eine weitere Änderung des Spritzgießwerkzeugs erfolgen muss (© Herrmann Ultraschall)

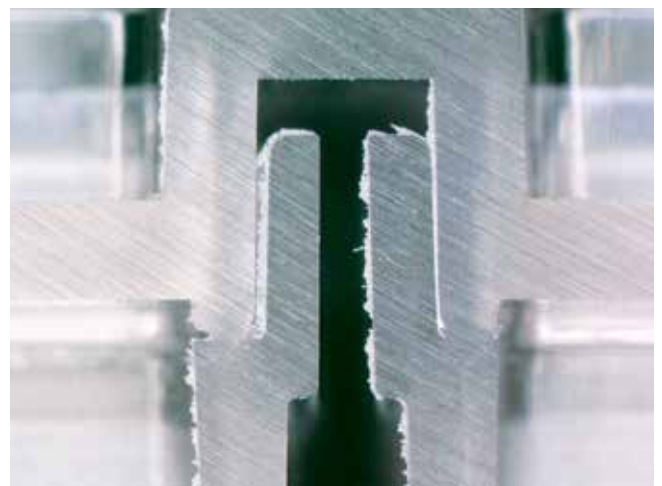


Bild 7. Abschlussbeurteilung im Lichtmikroskop: zentriertes homogenes Fügeergebnis (© Herrmann Ultraschall)