

Werkstoffe auf dem Prüfstand

Technische Keramik stellt für viele Anwendungen eine clevere Alternative zu Metall oder Kunststoff dar und kann dazu beitragen, die Qualität, Standzeit oder auch Ästhetik eines Produkts wesentlich zu verbessern. Gerade bei Düsen mit hochgenauen Bohrungen bietet das **KERAMIKSPRITZGIESSEN** überzeugende Vorteile.



Bild 1. Düsen, die mittels Keramik-Spritzguss gefertigt wurden

UWE KEMPER

Keramische Werkstoffe wie Aluminiumoxid und Zirkonoxid in all ihren Abwandlungen sind seit vielen Jahrzehnten etabliert. Die Potenziale, die sich durch ihre Verwendung ergeben, sind jedoch mit Sicherheit weiterhin erklärungsbedürftig. Das gilt auch für die technischen Verfahren, mit denen diese Werkstoffe in gewünschter Genauigkeit und Oberflächengüte in nahezu jede erdenkliche Form gebracht werden (**Bild 1**).

Die Formgebungsmöglichkeiten des Keramikspritzgießens (CIM) sind mit denen des Kunststoff- oder Metallspritzgießens (MIM) vergleichbar. Für bestimmte Problemstellungen schafft jedoch das Keramikspritzgießen einen signifikanten Mehrwert. Die Entwicklung in den vergangenen 15 Jahren zeigt, dass weltweit immer mehr Anwender aus den verschiedensten Branchen die material- und fertigungstechnischen Vorteile des Verfahrens zur Weiterentwicklung ihrer Produkte entdecken und nutzen. Bauteile aus keramischen Werkstoffgruppen stellen typischerweise eine höherwertige Alternative zu jenen dar, die aus den vorherrschenden Materialien wie Metall oder Kunststoff bestehen. Der CIM-Prozess ist in der Vergangenheit bereits ausführlich beschrieben worden, daher konzentriert sich dieser Artikel auf eine Anwendung aus der Praxis und den Weg der Lösungsfindung. Im Speziellen geht es dabei um ein Produkt aus der Luftfahrt.

Ein Produkt mit anspruchsvollen Vorgaben

Wenn es um Höhenflüge geht, stellen nahezu alle internationalen Vorschriften sicher, dass die Piloten und die Crew nicht bewusstlos werden: Zwischen 12 000 und 13 000 Fuß Höhe muss die Besatzung zusätzlich mit Sauerstoff versorgt werden, wenn länger als 20 Minuten in dieser Höhe geflogen wird; oberhalb von FL130 (13 000 Fuß) müssen grundsätzlich alle Personen an Bord für die gesamte Zeit Sauerstoff erhalten. Masken für die Besatzung sind erst ab 18 000 Fuß Flughöhe unvermeidbar, dann gibt es keine zulässige Alternative mehr.

Die Sauerstoffmasken werden sowohl für zivile Zwecke, zum Beispiel für Frachtflugzeuge, als auch für militärische Zwecke genutzt (**Bild 2**). Sie schützen die Besatzung von insbesondere länger in großer Höhe fliegenden Flugzeugen vor Sauerstoffunterversorgung. Hierbei müssen Qualität und Zuverlässigkeit aller Bauteile sehr hohen Ansprüchen genügen, um in jedem Fall durch eine störungsfreie

> KONTAKT

HERSTELLER
SPT Roth Ltd
 CH-3250 Lyss
 Tel. +41 32 3878080
 info-ch@spt.net
www.spt.net



Bild 2. Für eine Produktfamilie von Sauerstoffmasken wurden spezielle Düsen gefertigt

Funktion das Leben von Besatzung und damit auch Passagieren zuverlässig zu schützen.

Aus dieser Situation heraus ergibt sich die Aufgabenstellung für die Fertigung eines Bauteils: Für eine Produktfamilie von Sauerstoffmasken waren spezielle Düsen im Einsatz. Die bisher aus Rubin und Messing bestehenden Einzelteile mussten sehr präzise gefertigt und aufwendig zusammengefügt werden. Durch diesen Klebprozess kam es immer wieder zu Verunreinigungen im Bauteil. Insbesondere wurde die Hauptbohrung durch überschüssigen Kleber verunreinigt. Konstruktionsbedingt ergaben sich daher im Fertigungsprozess immer wieder erhöhte Qualitätssicherungs- und Ausschusskosten.

Alternative zu klassischen Fertigungsverfahren

Um diese Produkte hinsichtlich Funktion und Aufwand dauerhaft zu verbessern, wurden zunächst alle klassischen Fertigungsverfahren in Betracht gezogen. Da auf diesem Wege die Projektziele fertigungs- und kostentechnisch nicht erreicht werden konnten, untersuchte der Hersteller Safran Aerosystems in Frankreich alternativ auch die Möglichkeit, das Bauteils aus technischer Keramik zu fertigen. Hierbei wurden die Projektverantwortlichen im Rahmen ihrer weltweiten Suche schlussendlich bei SPT Roth fündig. Überzeugt hat dabei der ganzheitliche Ansatz des Unternehmens beim Keramikspritzgießen.

Aus der Sicht von Safran war ein entscheidendes Kriterium bei der Auftragsvergabe, dass SPT als One-Stop-Solution-Provider alle einzelnen Prozessschritte – von keramikgerechter Bauteilauslegung über die eigene Rezeptur des Feedstocks, den Werkzeugbau und den Spritzgussprozess bis hin zur Nachbearbeitung – beherrscht und im eigenen Haus durchführt.

im Hinblick auf Zeit und Kosten einzuhalten.

Komplett aus Zirkonoxid

Die Herausforderung bestand darin, das Bauteil komplett aus Zirkonoxid zu fertigen. Somit entfallen grundsätzlich die Probleme, die durch die Montage der beiden Einzelteile auftreten. Dank der Zusage, geringe Toleranzen von $< 1,5 \mu\text{m}$ und anspruchsvolle Oberflächengüten auch in Serienfertigung zuverlässig einhalten zu können, erhielt SPT den Auftrag zur Fertigung des Bauteils.

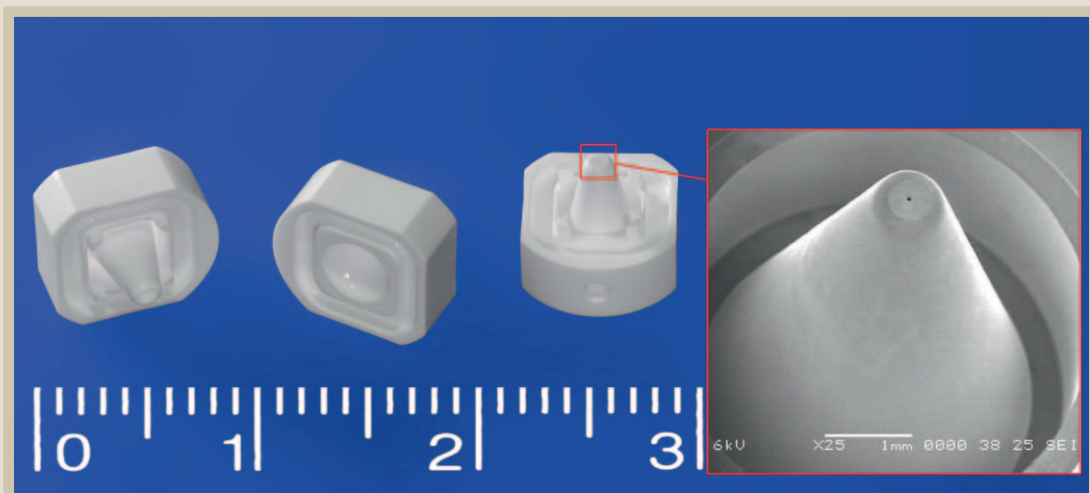
Bauteile aus Keramik benötigen beim Design und der Auslegung des Spritzgießwerkzeugs am Anfang einen geringfügig höheren Aufwand als vergleichbare Bauteile aus Metall oder Kunststoff. Dieser Mehraufwand wird jedoch durch die erreichbaren wirtschaftlichen Vorteile in allen Fällen mehr als kompensiert.

Um die Ideen der Konstrukteure auch keramikgerecht umsetzen zu können, ist es von Vorteil, den Hersteller des keramischen Bauteils frühzeitig mit in die Entwicklung einzubinden. Daher besprachen sich die Fachleute von Safran von Beginn an individuell mit den entsprechenden Experten bei SPT. Diese direkte Kommunikation minimiert eventuell auftretende Missverständnisse und den Zeitaufwand für die optimale Lösungsfindung.

Nach der Abstimmung wurde das neue, vor allem aber keramikgerechte Design des Bauteils kundenseitig freigegeben und die Fertigung des Spritzwerkzeugs begonnen. SPT fertigt alle Werkzeuge und Formen grundsätzlich selbst. Mehr als 50 Jahre Erfahrung konnten eingebracht werden, um den Prozess zielgerichtet zu beschleunigen. Nach neun Wochen wurden im Rahmen der üblichen Bemusterung die ersten Abnahmeteile gefertigt. Auf intensive Qualitäts- und Funktionsprüfungen bei Safran folgte



Bild 3. Beispielhafte Veranschaulichung der Düsenbohrung



zeitnah die finale Freigabe für den Serienanlauf. Das Bauteil mit all seinen Anforderungen wird nun in einem Arbeitsgang (Net-Shape) unter Einhaltung außergewöhnlicher Toleranzen komplett fertig gespritzt und erreicht durch einen Nacharbeitsschritt seine hohe Qualität.

Die Kompetenzen von SPT liegen sowohl im eigentlichen CIM-Prozess als auch im Post-Processing. Daher konnte die Qualität des Bauteils mit einem Nacharbeitsschritt noch weiter optimiert werden. Somit wird zuverlässig sichergestellt, dass stets eine genau definierte Menge an Sauerstoff durch die Bohrung des Bauteils strömen kann. Diese zentrale Bohrung hat einen Durchmesser von weniger als 60 μm mit einer Oberflächengüte von N2 beziehungsweise $R_a = 0,05 \mu\text{m}$ (Bild 3).

Bild 4. SPT stellt ultrapräzise keramische Klein- und Kleinstteile im Spritzgießverfahren (CIM) mit einer Reproduzierbarkeit im μm -Bereich her

Praktisch ohne Alterungseffekt

Das verwendete Zirkonoxid sorgt für eine sehr homogene und dichte Oberfläche der Bohrung. Zudem ist es chemisch inert, das heißt, es oxidiert nicht und reagiert nicht mit den Bestandteilen der Atemluft beziehungsweise der darin enthaltenen Feuchtigkeit.

Im Vergleich zu anderen Materialien sind mögliche Alterungseffekte bei Keramik praktisch nicht vorhanden.

Durch den Entfall der aufwendigen und problembehafteten Montage konnte für das Unternehmen Safran eine Lösung gefunden werden, die sowohl unter funktionellen, aber auch unter wirtschaftlichen Aspekten überzeugt. Der Aufwand für Qualitätssicherung konnte deutlich reduziert werden, da die Bauteile bei SPT nach einer 100-Prozent-Kontrolle und somit einbaufertig das Haus verlassen. Sie können ohne weitere Wareneingangsprüfung bei Safran in das Endprodukt eingebaut werden.

Dieses Beispiel verdeutlicht, welche Potenziale der Keramik-Spritzgussprozess für die Fertigung von geometrisch höchst anspruchsvollen Bauteilen bietet. Je nach beabsichtigtem Zweck werden verschiedene Vorteile erreicht: signifikante Steigerung der Bauteil- und Lebensdauer und/oder bessere Gebrauchseigenschaften bei Abriebfestigkeit, Temperaturbeständigkeit, Bioverträglichkeit, Formstabilität und Alterungsbeständigkeit sowie allgemein erhöhte Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit.

Die ultrapräzisen und in jedem Fall kundenspezifischen Klein- und Kleinstteile aus Keramik werden bei SPT im Spritzgießverfahren seit vielen Jahrzehnten mit einer Reproduzierbarkeit im μm -Bereich hergestellt (Bild 4). Diese Qualität wird sowohl bei mittleren Losgrößen über 5000 Stück pro Jahr als auch bei hohen Stückzahlen von mehreren Millionen Stück pro Jahr konstant erreicht und eingehalten. Gute Voraussetzungen also, um auch in Zukunft herausfordernde Problemstellungen zu lösen.

MI110776

AUTOR

UWE KEMPER ist Business Development Manager HPC Products Europe bei SPT Roth in Lyss, Schweiz; uwe.kemper@spt.net

