

Ein Stapel voller Herausforderungen

Es gibt fundamentale technisch-industrielle Veränderungen in unserem Alltag, die sich im Verborgenen abspielen. Anders als zum Beispiel die Entwicklung von neuen Computertechnologien bleiben sie von vielen unbemerkt - auch wenn sie in ihrem Bereich ebenso bedeutsam sind. Ein Beispiel dafür ist der Materialeinsatz beim Bau eines Flugzeugs.

Viele Jahrzehnte lang wurden Flugzeuge vor allem aus Aluminium gebaut, doch das ist Vergangenheit. Wie groß stattdessen die Bedeutung der sogenannten Verbund-Werkstoffe (Composites) geworden ist, zeigt ein einfacher Vergleich: Als die Boeing 777 im Jahr 1994 zu ihrem Erstflug abhob, bestand sie nur zu sieben Prozent aus Composites. Beim neuesten Modell, der Boeing 787 Dreamliner, beträgt deren Anteil bereits 43 Prozent. Das bedeutet auch: Die prozesssichere und effiziente Bearbeitung von Composites-Materialien ist zum entscheidenden Kriterium für die Wirtschaftlichkeit im Flugzeugbau geworden. Genau in diesem Feld forschen die Composites-Experten von LMT Belin und LMT Onsrud. Besonders interessant ist dabei die Bohrungsbearbeitung von sogenannten Composites-Stacks („Stapel“). Ein Blick auf den Stand der Werkzeug-Entwicklung bei LMT Belin in diesem Bereich verdeutlicht, welche technischen Herausforderungen damit verbunden sind.

„Im Flugzeugbau haben wir es sehr häufig mit kohlenstofffaserverstärkter Kunststoffen, sogenannten CFK-Materialien, zu tun. Die Schwierigkeiten, auf die wie bei Ihrer Bearbeitung stoßen, unterscheiden sich allerdings deutlich von denen metallischer Werkstoffe: CFK-Materialien sind stark abrasiv, haben ein ungünstiges Vibrations- und Resonanzverhalten und sind empfindlich gegen Überhitzung. Die Carbonfasern lassen sich zudem nicht schneiden, sondern müssen „geschert“ werden. Für die Entwicklung der eingesetzten Werkzeuge bedeutet das, dass wir bekannte Wege verlassen müssen.“ Martin Danielczick weiß, von was er spricht. Er ist Manager des Segmentes „Plastics & Composites“ bei LMT Tool Systems, der Vertriebsgesellschaft der LMT. In dieser Funktion steuert er zugleich die enge Zusammenarbeit von Tool System mit den produzierenden Stammhäusern. Die beiden Unternehmen LMT Belin in Frankreich und LMT Onsrud in den USA sind innerhalb der Gruppe die Kompetenzcenter für die Bearbeitung von Composites,

Kunststoffen und Flugzeug-Bauteilen aber auch die anderen Stammhäuser und Allianzpartner der LMT tragen mit ihren Entwicklungen zum Segmentprogramm bei.

Eine Werkstoff-Kombination mit Folgen

Im Zentrum der Bohrungsbearbeitung am Flugzeug stehen häufig sogenannte Stacks. Beplankungsteile, Rumpf- oder Tragflächensegmente am Flugzeug werden aus verschiedenen, aufeinander „gestapelten“ Schichten gefertigt, die allerdings nicht nur aus CFK-Materialien sondern auch aus Titan und Aluminium bestehen können. Je nach Bauteil und Material sind diese Schichten zwischen vier und 10 Millimeter dick. Die Material-Kombination macht die Herausforderung für die Werkzeugentwickler noch größer: „Bereits die reine CFK-Bearbeitung birgt besondere Schwierigkeiten. Beispielsweise können am Bohrungsaustritt Fasern aus der Werkstoffmatrix gezogen werden. Das ergibt unsaubere Austrittskanten. Häufig können sich auch durch lokale Überhitzung oder zu starke Schälkräfte einzelne Materialschichten voneinander lösen. Diese sogenannte „Delamination“ ist das typische Schadensbild bei Faserverbund-Werkstoffen“, so Danielczick. Muss nun aber die Werkstoffkombination CFK/Metall bearbeitet werden, kommen weitere Probleme hinzu: Aluminiumrückstände können in die Schichtgrenze oder die CFK-Laibungsfläche „geschmiert“ werden. Titanspäne hingegen wirken beim Abtransport durch die zumeist an der Oberfläche befindliche CFK-Schicht wie zusätzliche und natürlich unerwünschte Schneiden. „Außerdem hat die Bearbeitung von Titan und Aluminium andere Anforderungen. Zum Beispiel benötigt man ein gedrahtes Werkzeug für den effizienten Abtransport der Späne. Bei der Titan-Bearbeitung ist zudem eine Kühlung des Werkzeugs durch Minimalmengenschmierung nötig“, ergänzt Danielczick.

Bearbeitung mit nur einem „Schuss“

Wie begegnet man bisher im Flugzeugbau diesen Herausforderungen – immerhin nimmt der Einsatz von Stacks-Bauteilen rasant zu? Danielczick erklärt: „Bislang werden zumeist verschiedene Bearbeitungsschritte durchgeführt, sogenannte 3-Shot- oder 2-Shot-Operationen. Beim 3-Shot stellen Vollbohren, Aufbohren und Reiben/Senken jeweils einen einzelnen Arbeitsschritt dar, beim 2-Shot sind Vollbohren und Aufbohren/Reiben/Senken voneinander getrennt. 3-Shot-Abläufe sind aus heutiger Sicht technisch nicht mehr erforderlich. 2-Shot hingegen ist immer noch eine prozesssichere und häufig eingesetzte Lösung für heterogene Stacks aus CFK mit Alu oder Titan.“ Allerdings klingt in der Beschreibung durch Danielczick bereits an, welches Entwicklungsziel bei den LMT-Werkzeugingenieuren Priorität hat: „Für alle Werkstoffkombinationen muß das Ziel eine One-Shot-Bearbeitung sein.“ Die Gründe dafür liegen auf der Hand: Ein Werkzeug, das in einem Arbeitsschritt bohrt, reibt und senkt, reduziert massiv die Taktzeiten in der Produktion und die Kosten pro Bohrung. Voraussetzung ist natürlich, dass gleichzeitig die Qualitätsanforderungen in Puncto Maßhaltigkeit und Vermeidung von Delamination

erfüllt werden. Für die Konstrukteure bei Belin bedeutet diese Herausforderung allerdings, dass bei jeder Werkzeug-Neuentwicklung eine Reihe von Fragen rund um die Konstruktion zu klären sind – zum Beispiel nach der Schneidengeometrie, der Schneidenzahl und dem Schneidstoff. Und je nach zu bearbeitendem Werkstoff und Werkstoffkombination müssen die Antworten jeweils andere sein.

Prozesssicher mit dem LMT-Countersink Drill

„Die Frage nach einer prozesssicheren Bearbeitung von CFK/Aluminium-Stacks mit einem One-Shot-Prozess ist beantwortet“, erklärt Danielczick. „Die Antwort heißt: PKD oder diamantbeschichtete Countersink Drills.“ Während in reinen Aluminumanwendungen Hartmetallwerkzeuge nach wie vor häufig die wirtschaftlichere Gesamtlösung darstellen, ist bei einer Kombination mit CFK-Werkstoffen der Einsatz von Diamant-Schneidstoffen aufgrund der starken Abrasion unumgänglich. Allerdings konkurrieren hier PKD-bestückte Werkzeuge zunehmend mit diamantbeschichteten Hartmetallwerkzeugen. „Und natürlich ist auch hier wieder das Kernkriterium die Vermeidung von Delamination und Überhitzung“, verweist Danielczick auf die entscheidende Qualität der Bohrungsbearbeitung. Wesentliches Merkmal der One-Shot Werkzeuge ist die mehrstufige Geometrie. Der Countersink Drill ist gewissermaßen dreigeteilt: auf die erste Bohrstufe mit großem Freiwinkel folgt eine Aufbohr- oder Reibstufe und schließlich eine Stufe zum Ansenken der Bohrung. „Allerdings sind allgemeingültigen Aussagen über Länge und Durchmesser der Vollbohrstufe sowie Aufmaß zur Finishstufe nicht möglich. Es sind genau diese Parameter, die sich je nach Schichtdicke und Faseranteil in den CFK-Schichten verändern müssen.“ Je nach Einsatzgebiet (zum Beispiel die CFK/CFK- oder die CFK/Aluminium-Bearbeitung) unterscheiden sich die verschiedenen Countersink-Stufenbohrer aber noch in anderen Faktoren wie z. B. Schnittwinkel oder Drall. Das Ziel bleibt aber natürlich immer das Gleiche: prozesssicheres Bohren von Composites-Stacks in nur einem „Shot“.

Nächstes Ziel: CFK-Titan-Bearbeitung

Noch haben die Entwickler nicht alle Aufgaben bei der Stacks-Bearbeitung gelöst: „Bohren und Reiben von CFK/Titan Stacks in einem Schuss ist bislang nur in Einzelfällen möglich. Für diese Aufgabe gibt es noch keine generelle Lösung“, so Danielczick. Drei Faktoren sind dafür verantwortlich: Erstens kommt es insbesondere beim Vollbohren von Titan zu einem enormen Verschleiß des Werkzeugs. Darunter leiden folglich seine Standzeiten. Zweitens wirken die abgetragenen Titanspäne am Bohrer wie zusätzliche Schnittkanten, die den Bohrungsdurchmesser in der CFK-Schicht verändern. Drittens kann es aufgrund der extremen Wärmeentwicklung beim Titanbohren zur Delamination im CFK kommen. „Konstant prozesssichere Ergebnisse in allen gängigen Werkstoffkombinationen liefert derzeit nur das 2-Shot-Verfahren mit Bohrer und Reibahle“, fasst Danielczick den Stand der Entwicklung zusammen. Die

Frage liegt also auf der Hand: Wann wird das Entwicklungsziel „mit einem Schuß durch CFK und Titan“ von den LMT–Ingenieuren erreicht sein? Danielczick dazu: „Wir haben schon sehr gute Resultate in einzelnen Anwendungen – das Ziel ist nicht mehr fern...“

Bildunterzeile: Die Frage nach einer prozesssicheren Bearbeitung von CFK/Aluminium-Stacks mit einem One-Shot-Prozess ist beantwortet. Die Antwort heißt: PKD oder diamantbeschichtete Countersink Drills.

Ihr Ansprechpartner bei LMT

Herr Volker Reinsch
Telefon: +49(0) 41 51 12 498
Fax: +49 (0) 41 51 - 12 77 498
E-Mail: vreinsch@lmt-tools.com
www.lmt-tools.com

Leading Metalworking
Technologies

**BELIN
FETTE
KIENINGER
ONSRUD**

in alliance

**BILZ
BOEHLERIT**