



Neue Materialien und angepasste Bearbeitungsverfahren sind zentrale Hebel für die Weiterentwicklung der Luftfahrt.

Bild: Walter AG

Wie neue Materialien den Flugzeugbau transformieren

Der Flugzeugbau steht vor einem tiefgreifenden Wandel. Klimaziele, neue Werkstoffe und veränderte Fertigungsverfahren verändern Konstruktion und Produktion von Flugzeugen grundlegend.

Der Luftverkehr zählt zu den emissionsintensivsten Formen der Mobilität. Gleichzeitig ist das Flugzeug für viele Menschen und zahlreiche wirtschaftliche Prozesse unverzichtbar, insbesondere auf langen Distanzen. Appelle an individuelles Verhalten allein werden daher nicht ausreichen, um die ambitionierten europäischen Klimaziele bis 2050 zu erreichen. Die Luftfahrtindustrie arbeitet daher intensiv an technischen Lösungen: Dabei werden in der Branche auch neue Materialien sowie angepasste Fertigungsverfahren für die Flugzeuge eingesetzt. Mit innovativen Werkzeuglösungen gestalten Zerspanungsexperten wie Walter den Wandel aktiv mit. Welche Herausforderungen auf Hersteller und Zulieferer zukommen, zeigen Prof. Dr.-Ing. Jan Hendrik Dege, Leiter des Instituts für Produktionsmanagement und -technik (IPMT) an der Technischen Universität Hamburg, und Dirk Masur, Industry Driver Aerospace bei der Walter AG.

Globale Trends: Klimadruck trifft Wachstumsdynamik

Der Anteil des Luftverkehrs am jährlichen Ausstoß von klimaschädlichem CO₂ in die Atmosphäre liegt aktuell bei zirka 3 %. Neben den

eigentlichen CO₂-Emissionen hat die aktuelle Form des Fliegens aber noch eine Vielzahl weiterer klimaschädlicher Effekte. Betrachtet man alle diese Auswirkungen auf das Klima liegt dieser Anteil bei rund 5 %. Die Dekarbonisierung des Flugverkehrs spielt deswegen für die Verlangsamung des Klimawandels eine wichtige Rolle. Die Flugzeugindustrie steckt dabei in einem Dilemma: Wachsenden Anforderungen im Bereich Klimaschutz steht eine ebenso wachsende Nachfrage nach Flugzeugen gegenüber. So gehen Flugzeughersteller wie Airbus davon aus, dass der Bedarf für neue Flugzeuge pro Jahr um ca. 3,6 % wachsen wird: In absoluten Zahlen sind das um die 42.000 neue Flugzeuge bis 2043, die man sowohl als Ersatz für bestehende Flugzeuge als auch zur Deckung des steigenden Bedarfs benötigt.

Die großen Flugzeughersteller haben sich, gemäß der Vorgaben aus internationalen Klimaabkommen, ambitionierte Ziele in der Dekarbonisierung gesetzt. So will der aktuell größte Flugzeugbauer weltweit, Airbus, bis 2050 emissionsfrei fliegen. Das europäische Unternehmen fokussiert aktuell die Forschung und Entwicklung von innovativen, emissionsarmen Kraft-

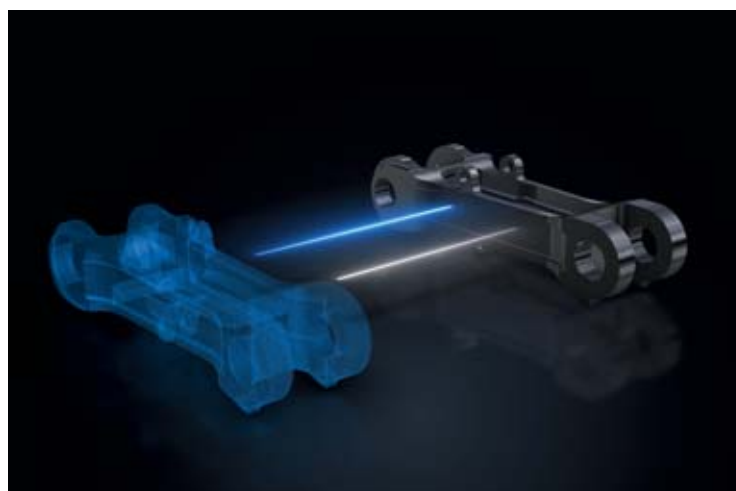
stoffen sowie neuen Triebwerks- und Flugzeugtechnologien wie Antriebe mit Open-Fan-Rotoren oder hochgestreckte Flügel. Durch die Fortschritte bei alternativen Antriebssystemen, zum Beispiel grünem Wasserstoff, kommt nun auch ein Aspekt des Fliegens in den Blick, der bisher nur sehr eingeschränkt unter dem Gesichtspunkt der CO₂-Reduktion betrachtet worden ist: die Flugzeuge beziehungsweise die Materialien, aus denen sie gefertigt werden, sowie deren Fertigungs-

prozesse. Je höher der Anteil an emissionsfreien Kraftstoffen beim Fliegen ist (Operations), desto stärker schlagen die bei der Produktion (Manufacturing) erzeugten klimaschädlichen Emissionen in der anteiligen Gesamtklimabilanz eines Flugzeugs und der Fluggesellschaften zu Buche. Während beim Betrieb mit Kerosin die Emissionen fast vollständig in der Operationsphase anfallen (98 %), wird bei 100 % grünem Wasserstoff der Manufacturing-Anteil an den Emis-

sionen des gesamten Lebenszyklus auf annähernd 100 % geschätzt. Daher richtet sich zukünftig der Fokus deutlich stärker auf CO₂-Einsparungen in der Flugzeugproduktion.

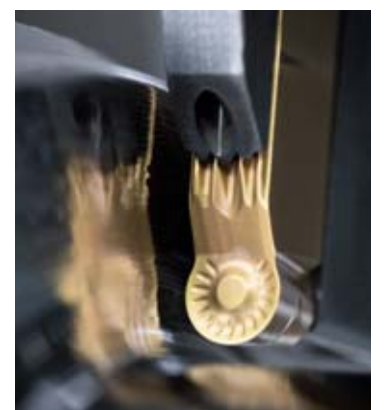
Materialwahl unter Klimaschutz-Aspekten: CO₂-Bilanz im Fokus

Natürlich spielen bisherige Kriterien wie der Energieverbrauch eines Flugzeugs für dessen Konstruktion



Titanlegierungen ermöglichen leichte und hochfeste Flugzeugbauteile, stellen jedoch hohe Anforderungen an Herstellung und Zerspanung.

Bild: Walter AG



Groov-te-GD-Stechsystem von Walter mit patentierter, doppelt verzahnter Wendeschneidplatten-Klemmung für präzise und stabile Bearbeitungsprozesse.

Bild: Andreas Koch



und die Materialwahl eine wichtige Rolle, und damit mehr oder weniger direkt die Reduktion klimaschädlicher Emissionen im Betrieb. Fokussiert wird sich unter anderem auf das Gewicht des Flugzeugs. Denn je weniger Gewicht in und durch die Luft bewegt werden müssen, desto größer ist die Nutzlast, womit der darauf bezogene Treibstoffverbrauch sinkt. Für die Praxis der Flugzeugkonstruktion und -produktion heißt das aktuell noch: Für die strukturell wesentlichen Teile eines Flugzeugs werden Materialien eingesetzt, die hohe Steifigkeit mit relativ niedrigem spezifischem Gewicht erreichen. Bislang dominieren zwar immer noch Aluminiumlegierungen den Flugzeugbau, aber der Anteil an Strukturbauteilen aus kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff (CFK/CFRP) oder aus Titanlegierungen steigt an. So liegt der Anteil von CFK-Bauteilen beim Airbus A350, der seit 2014 in der Serienproduktion ist, bei circa 53 %. Damit ist der Airbus A350 noch immer eines der zivilen Flugzeugtypen mit dem höchsten Anteil an CFK, darunter der komplette Rumpf und die Tragflächen. Es wird erwartet, dass der Airbus-A320-Nachfolger, eAction genannt, einen ähnlich hohen Anteil CFK in der Primärstruktur aufweisen wird.

Durch Kohlenstofffaser verstärkte Kunststoffe zeichnen sich durch eine hohe spezifische Festigkeit aus und ermöglichen somit Bauteile von höchster Festigkeit und Steifigkeit bei gleichzeitig niedrigem Gewicht. An Knotenpunkten kommen oft metallische Verbinder aus Titan zum Einsatz, da diese neben Ihrer hohen Festigkeit in Verbindung mit CFK deutlich weniger korrosionsanfällig als solche aus Aluminium sind. Aber gerade in der Herstellung und Verarbeitung haben faserver-

stärkte Kunststoffe genauso wie Titanlegierungen hinsichtlich Klimaschutz und Dekarbonisierung gegenüber Aluminiumlegierungen keine Vorteile: Die Herstellung von CFK ist ein enorm energieintensiver Prozess. Die Herstellung von 1 kg CFK verursacht ein deutlich höheres CO₂-Äquivalent als die Herstellung von 1 kg Aluminium. Ähnlich sieht es in Bezug auf die CO₂-Bilanz von Titanlegierungen relativ zu Aluminium aus. Hier ist nicht nur der Herstellungsprozess pro Kilogramm deutlich energieintensiver als der von Aluminium. Auch die hohe Buy-to-fly-Ratio, also das Gewichtsverhältnis von Halbzeug zu Fertigbauteil, treibt die CO₂-Emissionen nach oben: Um aus einem geschmiedeten Titan-Halbzeug ein Bauteil zu fertigen, müssen teilweise bis zu 95 % des Materials zerspannt werden, wobei die Produktivität in der Zerspanung im Vergleich zu Aluminium deutlich geringer ausfällt.

Wandel in der Fertigung: Effizienz durch endkonturnahe Halbzeuge

Wer klimaschädliche Emissionen in der Produktion von Flugzeugteilen reduzieren will, muss an vielen Stellschrauben gleichzeitig arbeiten, aber das Prinzip bleibt das Gleiche: Die Bearbeitungsprozesse müssen im Ganzen effizienter sein, vor allem der Energie- und Materialverbrauch. Ein Ansatzpunkt ist die Reduzierung des Halbzeuggewichts, also eine Verringerung der Buy-to-Fly-Ratio. Hierdurch werden die Dauer und der Umfang der zerspanenden Bearbeitung, bis ein Bauteil seine finale Form erreicht hat, deutlich reduziert. Ein wichtiger Ansatzpunkt ist die Umstellung von Plattenhalbzeugen auf endkon-



Hohe Leistungsfähigkeit und Prozesssicherheit für die Titanzerspanung: der Walter-BLAXX-Igelfräser M325.

Bild: Walter AG



Die WSM01-Schlichtsorte mit innovativer PVD-HIPIMS-Beschichtung erzielt überragende Standzeiten und makellose Oberflächen beim Drehen für Inconel.

Bild: Walter AG

turnahe Halbzeuge, die über Verfahren wie Gesenkschmieden oder additive Fertigung, zum Beispiel durch Powder Bed Fusion Laser Beam Metal (PBF LB/M) oder Direct Energy Deposition (DED) hergestellt werden.

Bei endkonturnahen Halbzeugen kann man die Form des finalen Bauteils bereits erkennen. Dadurch verändert sich auch der Bearbeitungsprozess grundlegend, ganz gleich in welchem Material. Bei einer Buy-to-Fly-Ratio von bis zu 22:1, wie sie bei vielen Flugzeugstrukturbauteilen heute üblich ist, macht die Schruppbearbeitung den größten Anteil aus. Bei endkonturnahen Werkstücken wird viel weniger Material abgetragen, der Anteil der Schlichtbearbeitung im Zerspanungsprozess steigt. Dadurch ändern sich viele Parameter, mit denen man die Effizienz des kompletten Herstellungsprozesses bestimmt oder die in die Stückkosten einfließen. Für zerspanende Unternehmen, nicht nur in der Aerospace-Industrie, heißt das, sie müssen ihren gesamten Bearbeitungsprozess analysieren, nicht nur einzelne Aspekte wie beispielsweise das Werkzeug. Denn ein wirklich effizienter Prozess entsteht nur im optimalen Zusammenspiel von Werkzeugmaschine, Werkzeug und Bearbeitungsstrategie.

In der Praxis kann die Umstellung auf endkonturnahe Werkstücke und gegebenenfalls geänderte Werkstoffe ganz unterschiedliche Auswirkungen haben: Der Bedarf an klassischen Schruppwerkzeugen für hohe Zeitspanvolumina sinkt. Die Folge ist eine steigende Nachfrage nach hochpräzisen und effizienten Semi-Schlicht- und Schlichtwerkzeugen.

Bei den Maschinen verlagert sich der Fokus von Maschinen mit hoher Leistungsaufnahme und hohem Drehmoment hin zu Maschinen mit geringerer Leistung aber deutlich höherer Dynamik, die präzise und schnelle Bewegungen für die finale Konturbearbeitung ausführen können. Üblicherweise müssen hier nur geringe Aufmaße (3 bis 7 mm bei DED, <1 mm bei PBF LB/M) abgetragen werden. Die funktionsintegrierte, belastungsangepasste Konstruktion von Bauteilen, die in Additive-Manufacturing-Verfahren hergestellt werden, führt zu deutlich mehr Freiformflächen und nachgiebigen Strukturen. Das macht die Bauteilspanntechnik deutlich anspruchsvoller.

Aber jede Werkzeugmaschine ist nur so gut wie die Werkzeuge, mit denen sie eingesetzt wird. Die Zerspanungsexperten von Walter arbeiten bereits seit Jahren intensiv mit wissenschaftlichen Forschungseinrichtungen und Flugzeugherstellern zusammen, um die Herausforderungen in der Produktion optimal zu gestalten. Als Anbieter mit über 100-jähriger Expertise und Erfahrung in der Metallbearbeitung fokussiert sich Walter weiterhin auf das Zerspanen von Aluminiumlegierungen (ISO N) und von ISO-S-Werkstoffen (etwa Titanlegierungen). Das geschätzte weltweite Marktpotenzial allein für Titanlegierungen und warmfesten Superlegierungen (HRSA) liegt bei rund einer Milliarde Euro pro Jahr. Vor allem im Bereich von Struktur- und Triebwerksbauteilen wächst der Anteil kontinuierlich.

ISO-S-Werkstoffe wie Inconel und Waspaloy finden sich vorwiegend in der ‚Heißeite‘ der Turbine eines Strahltriebwerks, im Gegensatz zu Titan, das eher auf der ‚Kaltseite‘ im Verdichter zu finden ist. ISO-S-Werkstoffe wie Titan harmonisieren aufgrund ihrer thermischen Ausdehnungskoeffizienten gut mit Kohlenstofffaser-Verbundwerkstoffen (CFK) und werden oft in Kombination verbaut.

Für viele Unternehmen, die Titanwerkstücke zerspanen, gehört der Walter-BLAXX-Igelfräser M3255 wegen seiner Leistungsfähigkeit und Prozesssicherheit zur Grundausstattung. Für die anspruchsvolle Titanzerspanung bietet Walter spezialisierte VHM-Fräser wie den MD377 Supreme und den MC377 Advance an. Beide eignen sich sowohl zum Schruppen als auch zum Schlichten und zeichnen sich durch hohe Schneidstabilität aus.

Für die anspruchsvolle Bearbeitung von Triebwerkskomponenten wie Blisks bietet Walter spezialisierte Systeme an: Das 2025 vorgestellte Groov-tec™-GD-Stechsystem bietet gerade bei der Bearbeitung von extrem komplexen und hochwertigen Bauteilen maximale Präzision und Prozesssicherheit. Ausschlaggebend dafür ist die innovative Wendeschneidplattenklemmung, die von Walter auch zum Patent angemeldet ist: Die Schneideinsätze sind sowohl von oben als auch von unten doppelt verzahnt. Dadurch werden die Wendeschneidplatten sicher im Plattensitz fixiert und sind gegen

das seitliche Herausdrücken geschützt. Für die Schlichtbearbeitung von Triebwerksbauteilen setzen renommierte Hersteller auf die von Walter eigens dafür entwickelte Schlichtsorte WSM01. Diese neue PVD-HIPIMS-Beschichtung gibt es in speziellen ISO-S-Geometrien, die mit extrem scharfen Schneiden und höchster Verschleißfestigkeit auf Inconel 718 eigens auf die Anforderungen von Triebwerksbauteilen abgestimmt sind.

Die Expertise, die sich Walter in der Titanbearbeitung bereits erarbeitet hat, nutzt das Unternehmen, um das Portfolio für die Titan-Feinbearbeitung massiv auszubauen. Dabei erhält die Produktfamilie der Xill-tec-VHM-Fräser bereits 2026 eine umfassende Erweiterung um dedizierte Fräser für die Schlichtbearbeitung von ISO-S und ISO-M-Werkstoffen. 2027 kommt ein zusätzliches umfangreiches VHM-Fräser-Programm für HRSA-Werkstoffe auf den Markt.

Globale Vernetzung als strategischer Erfolgsfaktor

Die Dekarbonisierung der Luftfahrt führt zu einer tiefgreifenden Transformation der Zerspanungstechnik: Von der massiven Platte zur präzisen Fertigbearbeitung endkonturnahe, anspruchsvoller Werkstoffe. Technologische Innovation ist jedoch nur ein Teil der Lösung. Walter setzt seine Expertise im Aerospace-Bereich dabei umfassend ein. Das globale Aerospace-Core-Team ist verantwortlich für die frühzeitige Erkennung und strategische Einordnung relevanter Trends. Darüber hinaus unterstützen Spezialisten für NC-Programmierung und Werkzeuge die Kunden gezielt bei der Optimierung ihrer Fertigungsprozesse.

Durch die Kompetenz in der Zerspanung, insbesondere mit CAM-Tools wie Dassault CATIA und Siemens NX, gewährleistet Walter die nahtlose Integration in digitale Prozessketten. Die ganzheitliche Beratung umfasst dabei die umfassende Unterstützung von der Gestaltung effizienter Prozesse bis hin zum detaillierten Werkzeugmanagement. Damit positioniert sich das Unternehmen als strategischer Partner für Hersteller, die ihre Produktionsprozesse auf eine klimafreundliche Zukunft ausrichten. ■

Dirk Masur,

Prof. Dr.-Ing. Jan Hendrik Dege