

YOUR GLOBAL CRAFTSMAN STUDIO



REACH FOR THE SKY

*Effiziente Lösungen
für die Luftfahrtindustrie*

Ausgabe 5 – Inhalt

YOUR GLOBAL CRAFTSMAN STUDIO



3-8
MARKTEINBLICKE Luftfahrtindustrie



9-12
LEISTUNG im FOKUS
IHI Corporation
Soma No.2 Aero-Engine Works



13-14
DIE GESCHICHTE VON MITSUBISHI
Das Herz der Fertigung im Zentrum Tokios



15-18
TECHNOLOGIE-ARCHIV
Die Welt mit neuen Werkstoffen verändern: CFK



19-22
DIE KUNST DES CRAFTSMANS
Bohrwerkzeug für CFK: MC-Serie
Neue Werkstoffentwicklung



23-24
ÜBER UNS
Central Research Institute
Thin Films and Coatings
Department



25-28
INNOVATIVE ZERSPANUNG
Die Entwicklung von Werkzeugen mit rotierender Schneide der nächsten Generation



29-30
WA- UNSERE KULTUR
Japanische Shuriken

EDITORIAL



Fumio Tsurumaki
Managing Executive Officer,
Mitsubishi Materials Corporation
Präsident, Advanced Materials &
Tools Company

Die Entwicklung von optimalen Werkzeugen für die Bearbeitung neuer, fortschrittlicher Werkstoffe ist für Werkzeughersteller eine anspruchsvolle Aufgabe. Solche Werkstoffe kommen in unterschiedlichen Anwendungen, wie beispielsweise in der Fertigung von Strahltriebwerken zum Einsatz und stellen eine Herausforderung für die metallverarbeitende Industrie dar. Es ist unser Bestreben solche Herausforderungen in Kooperation mit unseren Kunden zu bewältigen und neue, innovative Technologien und Werkzeugkonzepte einzuführen. Dies setzt schnelle Entscheidungsprozesse und effektive Handlungen voraus.

Um unser Ziel zu erreichen, brauchen wir sowohl die richtigen Charaktereigenschaften, unter anderem große Willensstärke und Hartnäckigkeit, als auch die richtigen Ressourcen, wie zum Beispiel hochwertige Produkte, zukunftsweisende Bearbeitungstechnologien, ausreichende finanzielle Mittel und engagiertes Fachpersonal. Das ist der sicherste Weg zum Erfolg. Ich bin fest davon überzeugt, dass das Mitsubishi Materials „Craftsman Studio“ auch zukünftig als strategischer Stützpunkt für Wissenstransfer, Zusammenarbeit und gemeinsames Handeln dienen wird.



Der beste Partner für den Erfolg unserer Kunden

Wir bedanken uns für das Lesen der fünften Ausgabe von „Your Global Craftsman Studio“. Technische Innovationen haben in allen Bereichen der Wirtschaft schnell Einzug gehalten, und die Luft- und Raumfahrtindustrie bildet hier keine Ausnahme. Schritthalten mit Innovationen verlangt von Werkzeugherstellern, dass sie Bearbeitungstechniken für neue Materialien wie Aluminium-Lithium-Legierungen und keramische Faserverbundwerkstoffe (CMC) einführen.

Anforderungen von Kunden der zerspannenden Industrie zu erfüllen, verlangt, dass wir den Bedarf der Kunden im Voraus kennen und die Einführung von Produkten, die diese Anforderungen übertreffen, zu unserer Priorität machen. Die Technologien der Zukunft zu sehen, und die dafür benötigten Werkzeuge und Services bereitzustellen, führt zu ganz neuen Innovationen, die heute noch nicht vorstellbar sind. Daher müssen die Werkzeughersteller ihre Ziele definieren und sich auf die Entwicklungen konzentrieren, die tatsächlich die speziellen Arbeitsbereiche der Kunden treffen. Dafür hat Mitsubishi Materials die eigenen Anstrengungen verstärkt, um die Zielbranchen noch besser zu bedienen. Die Luft- und Raumfahrtindustrie ist ein hervorragendes Beispiel dafür.

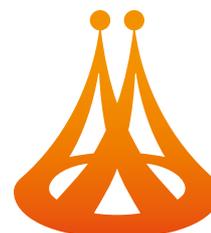
Als echter Geschäftspartner für jeden einzelnen Kunden zeigen wir ein tiefes gegenseitiges Verständnis, und entwickeln Produkte, die auf die speziellen Kundenbedürfnisse abgestimmt sind. Um diesen engen Kontakt sicherzustellen, haben wir weltweit fünf Technologiezentren eingerichtet, die unseren Kunden in allen technischen Belangen unterstützen. An dieses Support-Netzwerk haben wir das Central Japan Technical Center im japanischen Gifu angeschlossen. Die Einrichtung dieses Zentrums ermöglicht es uns, vielfältige Dienstleistungen in Westjapan und auch der in Zentraljapan angesiedelten Luft- und Raumfahrtindustrie und der Automobilbranche anzubieten. Wir sind entschlossen, weiter zu expandieren und unser Netzwerk der Technologiezentren zu erweitern, um eine weltweite Abdeckung sicherzustellen.

Im Mai 2017 haben wir DIAEDGE eingeführt. Diese neue Marke wird für einen noch klareren Mehrwert bei unseren Kunden in der metallverarbeitenden Industrie sorgen. Wir haben uns zur kontinuierlichen Entwicklung hochwertiger Produkte wie „DIA“ und „EDGE“ verpflichtet, um maximale Leistung zu bieten, in der sich unsere Begeisterung und unser Enthusiasmus für

herausragende Produkte widerspiegeln. Wir sind zuversichtlich, dass „Your Global Craftsman Studio“ weiterhin als eine innovative Umgebung dienen wird, in der wir eng zusammenarbeiten können, um diese neue Produktlinie zu einer der weltbesten Marken zu machen.

Mitsubishi Materials fördert die Bemühungen der Mitarbeiter im gesamten Unternehmen, eine schnellstmögliche Bereitstellung von Dienstleistungen sicherzustellen, die unseren Kunden effiziente Lösungen bieten. Unsere Aufgabe besteht in der Bereitstellung der besten Technologie, der besten Produkte und des besten Fachpersonals, um zum Erfolg unserer Kunden beizutragen.

Shinichi Nakamura
Executive Officer,
Mitsubishi Materials Corporation
Vizepräsident,
Advanced Materials & Tools Company



YOUR GLOBAL CRAFTSMAN STUDIO

MARKTEINBLICKE LUFTFAHRTINDUSTRIE



AIRBUS A320neo ist seit 2016 in Betrieb.



BOEING 737MAX ist seit 2017 in Betrieb.

Wettbewerb in der weltweiten Luft- und Raumfahrtindustrie

Neue Modelle sind umweltfreundlich.

Enorme Nachfrage fördert die Expansion der Branche.

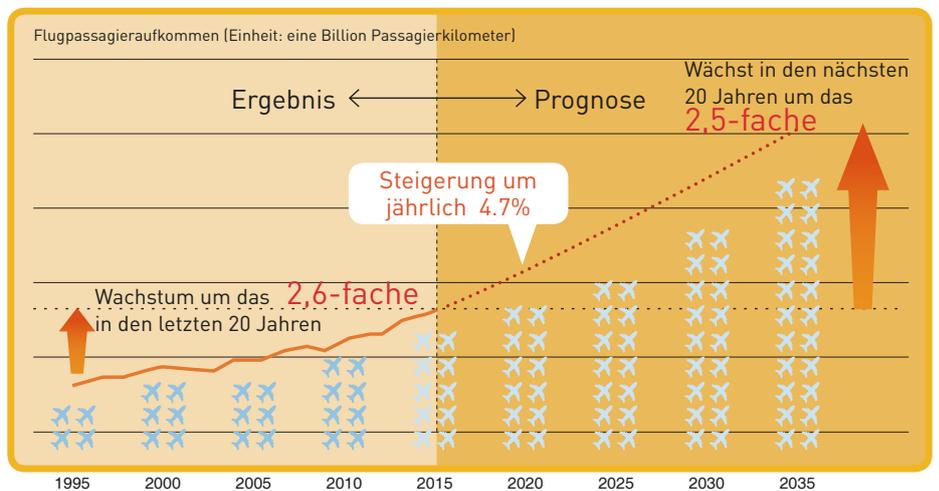
Angesichts der großen Offensive aus den Schwellenländern wird erwartet, dass die Wachstumszahlen bei den weltweiten Flugzeugpassagieren (Fluggastaufkommen) auf einem hohen Jahressatz von 5 % bleiben. Der geschätzte Gesamtanteil aus den verbliebenen bestätigten Aufträgen der beiden Hauptunternehmen, AIRBUS (Europa) und BOEING (USA), lag Ende 2016 bei 85 %. Kleine Standard-Rumpfflugzeuge mit rund 150 Sitzen sind auf den Märkten der

Kurz- und Mittelstreckenrouten in Länder mit hoher Bevölkerungsdichte, wie China und Indien, sehr beliebt. Diese Unternehmen liefern jährlich rund 1.000 Kleinflugzeuge aus. Regionale Passagierdüsflugzeuge mit 100 Sitzen wurden von den Unternehmen EMBRAER (Brasilien) und BOMBARDIER (Kanada) hergestellt. Jedoch stehen SUKHOI (Russland), COMAC (China) und Mitsubishi Aircraft (Japan) schon bereit, in den Markt vorzustoßen, wodurch sich der

Wettbewerb verschärft. Darüber hinaus sind die im 21. Jahrhundert entwickelten und in Passagierflugzeugen verbauten Motoren umweltfreundlich, leise und treibstoffsparend. Das vorhersehbare Wachstum in der Luftfahrtindustrie hat Entwicklungen und Veränderungen in der verarbeitenden Industrie beschleunigt, so dass sich neue Möglichkeiten und spannende Aufgaben eröffnen.

Die Nachfrage nach weltweiten Passagierflugzeugen wächst kontinuierlich mit jährlich 5 %

Quelle: Japan Aircraft Development Corporation

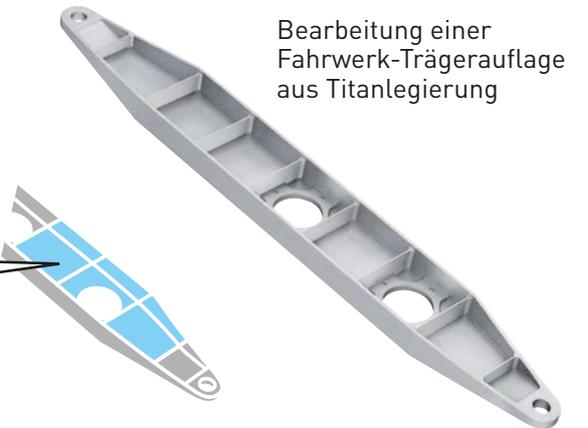
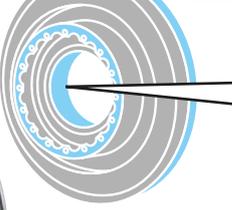


Hersteller von Zerspanungswerkzeugen erzielen große Fortschritte bei der Entwicklung neuer Werkzeuge für die Flugzeugfertigung

Eine höhere Marktnachfrage nach Passagierdieselflugzeugen sorgt dafür, dass Unternehmen, die die entsprechenden Teile herstellen, voll ausgelastet sind, wodurch sie zu höherer Produktivität gedrängt werden. Ein Passagierdieselflugzeug besteht aus über drei

Millionen Teilen. Zur Erzielung der bestmöglichen Treibstoffeffizienz wurden leichtere, stärkere, korrosionsbeständige Werkstoffe für Strukturbauteile und Fahrwerk entwickelt. Werkstoffe, die gegen hohe Temperaturen beständig sind, werden für Motoren eingesetzt.

Die für die Herstellung von Flugzeugen verwendeten Werkzeuge wurden in den letzten Jahren weiterentwickelt. Der Einsatz von immer stärkeren, temperaturbeständigen Legierungen, Titanlegierungen, Aluminiumlegierungen sowie Verbundmaterialien wie CFK ist Standard geworden. Da all diese neuen Werkstoffe schwierig zu bearbeiten sind, arbeiten die Entwickler von Zerspanungswerkzeugen mit Flugzeug- und Maschinenherstellern zusammen, um hochleistungsfähige, hochwertige und hochpräzise Verarbeitungsverfahren voranzutreiben.

<p>Rumpf</p> 	<p>Bohren in eine CFK-Haupttragfläche</p> 	 <p>CDV-diamantbeschichteter Bohrer</p>
 <p>Schaftfräser mit Wechselkopf</p>	<p>Bearbeitung einer Fahrwerk-Trägerauflage aus Titanlegierung</p> 	<p>Fahrwerk</p> 
<p>Strahltriebwerk</p> 	 <p>Bearbeitung von Stegen sowie Außen- und Innendurchmessern der Scheibe aus HRSA-Werkstoff</p> 	<p>WSP für das Drehen schwer zerspanbarer Werkstoffe</p> 



Wettbewerb in der globalen Luft- und Raumfahrtindustrie

MARKTEINBLICKE LUFTFAHRTINDUSTRIE

Mit der Luft- und Raumfahrtindustrie auf die globale Bühne fliegen

Mitsubishi Materials Global Network

Die große Anzahl von Aufträgen hat das Wachstum der kommerziellen Luft- und Raumfahrtindustrie vorangetrieben. Im Herbst 2016 hat Mitsubishi Materials seine Luft- und Raumfahrtabteilung gegründet, um

sicherzustellen, dass seine Kunden Produkte und Dienstleistungen der höchsten Qualität erhalten. Japanische Fachspezialisten wurden nach Europa und in die USA entsandt, um auf Kundenanfragen schnell und umfassend

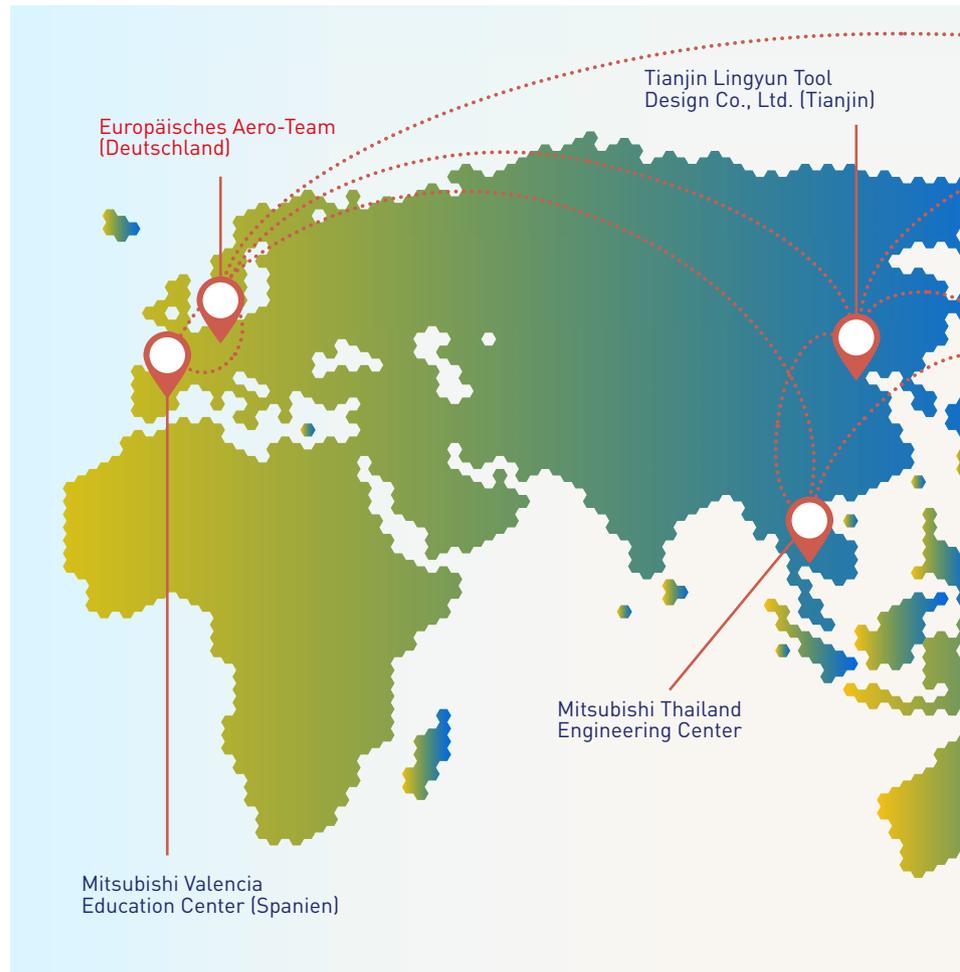
reagieren zu können. Darüber hinaus wurde eine enge Beziehung zu den sechs Technical Centers in Japan, Europa und den USA, zu Universitäten und Forschungseinrichtungen, im Inland wie auch im Ausland, geschlossen.

EUROPA

Teamwork über nationale Grenzen hinaus

Die Vertriebsbüros von Mitsubishi Materials in Europa, Russland und der Türkei und das Technical Center (M-VEC) in Spanien dienen als Herstellungsbasis für Zerspanungswerkzeuge. Das europäische Aero-Team, das bei MMC HARTMETALL GmbH (Deutschland) eingerichtet ist, arbeitet mit den internationalen technischen Mitarbeitern, um den Herstellern in der Luft- und Raumfahrtindustrie die fortschrittlichsten Lösungen zu bieten.

2014 hat sich Mitsubishi Materials dem Advanced Manufacturing Research Center (AMRC) angeschlossen. Viele Hersteller in der Luft- und Raumfahrtindustrie aus aller Welt haben sich dem AMRC angeschlossen, um sich an Forschung, Entwicklung und Prüfung der Herstellungstechnologie der neuesten Generation zu beteiligen, und Mitsubishi Materials hat sich bei einer Vielzahl von AMRC-Projekten hohen Respekt verdient. Darüber hinaus stellt Mitsubishi Materials aktiv auf hochklassigen Luft- und Raumfahrt-Messen aus, einschließlich der Paris Airshow (Frankreich) und der Farnborough International Airshow (England).



Akira Osada, PhD
General Manager, Aerospace Dept.,
Advanced Materials & Tools Company,
Mitsubishi Materials Corporation

Mitsubishi Materials Lösungen

Zur Gewährleistung prompter und maßgeschneiderter Lösungen (Produkte und Dienstleistungen) für seine Kunden in der Luft- und Raumfahrtindustrie hat Mitsubishi Materials die Luft- und Raumfahrtabteilung aufgebaut. Seit ihrem Bestehen vor einem halben Jahr ist das Hauptziel, Kunden ein Höchstmaß an Spezialisierung, Technologie, Qualität und Service zu bieten.

Die Abteilung ist bestrebt, einen innovativen Entwicklungsprozess voranzutreiben, der die Werte des „Your Global Craftsman Studio“-Konzepts respektiert und dem Unternehmen ermöglicht, Lösungen bereitzustellen, die zum weiteren Fortschritt der Luft- und Raumfahrtindustrie beitragen.

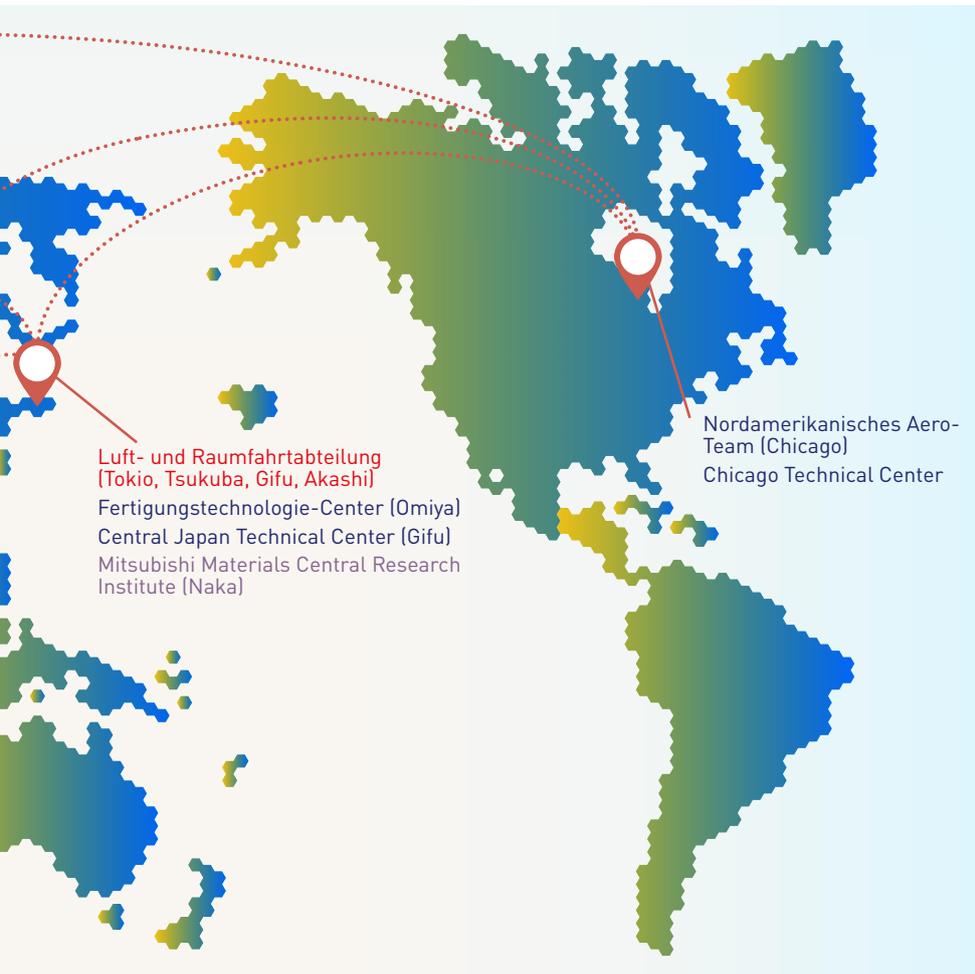
JAPAN

Namhafte Experten der Fertigung spielen auf globaler Ebene eine aktive Rolle

Die Luft- und Raumfahrtabteilung zeichnet sich durch eine breite Palette an Funktionen aus, wie zum Beispiel Vermarktung, Entwicklung, Design und Erstellung von Prototypen. Die Zentrale in Tokio bietet dafür jede notwendige Unterstützung an. So sollen prompte Antworten auf Kundenanfragen weltweit gegeben werden. Das Machining Technology Center (Omiya) und das Central Japan Technical Center (Gifu), eröffnet im Juni 2017, sind stolz auf die fortschrittlichsten Bearbeitungsmöglichkeiten, unter anderem mit dem fünfachsigen Bearbeitungszentrum und

der Dreh-Fräsmaschine sowie weiterer Mess- und Analyseinstrumente. Die Experten in diesen beiden Zentren arbeiten mit Fachkräften anderer Technical Center zusammen und verbessern die Technologien ihres jeweiligen Spezialgebiets. Seit der Gründung im Jahr 2013 haben sich die Mitarbeiter mit Forschern an Universitäten ausgetauscht und sich am Projekt des Collaborative Research Centre for Manufacturing Innovation (CMI, Sonderforschungszentrum für Produktionsinnovation) der Universität Tokio, Institut für Arbeitswissenschaft, beteiligt. Dieses

Projekt wird vom japanischen Ministerium für Wirtschaft und Industrie unterstützt. Das Streben nach technologischen Neuerungen in Zusammenarbeit mit den Forschungsinstitutionen, den Herstellern von Zerspanwerkzeugen und dem Mitsubishi Materials Central Research Institute (Naka) fördert die Entwicklung einzigartiger, Zerspanungswerkzeuge. Die Luft- und Raumfahrtabteilung fliegt weiterhin durch die Welt als wesentlicher Partner von Herstellern in der Luft- und Raumfahrtindustrie und trägt zur Erhöhung der Kundenproduktivität bei.



Luft- und Raumfahrtabteilung (Tokio, Tsukuba, Gifu, Akashi)

Fertigungstechnologie-Center (Omiya)
Central Japan Technical Center (Gifu)
Mitsubishi Materials Central Research Institute (Naka)

Nordamerikanisches Aero-Team (Chicago)
Chicago Technical Center

USA

Hoher Grad an Spezialisierung in einer wichtigen Branche

Die Luft- und Raumfahrt ist eine der wichtigsten Industrien in den Vereinigten Staaten. Der Hauptsitz von Mitsubishi Materials USA befindet sich in Los Angeles, seine Marketingabteilung und das Technical Center in Chicago und die zwei Produktionsstandorte in benachbarten Staaten.

Vor kurzem ist der Bedarf an Hochleistungsverarbeitung für große Konstruktionsteile aus Titan und Aluminiumlegierungen gestiegen. Das nordamerikanische Aero-Team stellt attraktive und effiziente Lösungen unter Einsatz umfassender Spezialkenntnisse bereit. Dank seines breiten globalen Netzwerkes ist Mitsubishi Materials in der Lage, Dienstleistungen für Hersteller in der Luft- und Raumfahrt weltweit kurzfristig bereitzustellen. Das Unternehmen treibt aktiv die Zusammenarbeit mit Forschungsinstitutionen an, die sich auf Verarbeitungstechnik der nächsten Generation spezialisiert haben.

Gespräche mit Kunden

Werkzeugentwicklung

Herstellen von Prototypen

Verarbeitungstest

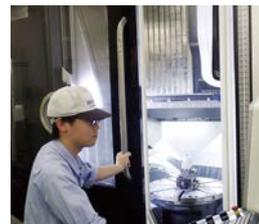
Auslieferung des Prototyp-Werkzeugs



Vorlage von Schätzungen und Vorschlag von Lösungen



Festlegen von Spezifikationen und Zielleistungen



Sonderbeitrag

Wettbewerb in der globalen Luft- und Raumfahrtindustrie

MARKTEINBLICKE LUFTFAHRTINDUSTRIE

Das neue Technologiezentrum in Zentraljapan unterstützt die Luftfahrt- und Automobilindustrie.

Das Central Japan Technical Center wurde für 15 Milliarden Yen (ca. 124 Millionen Euro) errichtet und befindet sich im Mitsubishi Materials Produktionswerk in Gifu. Das neue Technologiezentrum bietet zahlreichen Lösungen wie CAD/CAM/CAE, Testmöglichkeiten sowie umfangreichen technischen Support. Dort befindet sich auch die renommierte Akademie für Zerspanungstechnik mit dem Motto: „Your Global Craftsman Studio, für Sie und die ganze Welt“.

Neben dem Machining Technology Center in Saitama, das den Osten Japans bedient, hat Mitsubishi Materials weitere technische Zentren in den USA, Spanien, China und Thailand. Das neu gegründete Central Japan Technical Center dient als Zweigstelle in Japan, um besseren Service für Kunden in Westjapan anbieten zu können und die Luftfahrt- und Automobilindustrie in Zentraljapan mit zukunftsweisenden Lösungen zu beliefern.

Das Machining Technology Center in Saitama nutzt modernste Maschinen und innovative Werkstoffe für die Entwicklung von Zerspanungstechnologien der nächsten Generation in Kooperation mit Kunden. Mit der vielfältigen Maschinenausstattung und dem gesammelten, umfangreichen Know-how gehört das neue Technologiezentrum zu den wichtigsten Kundenzentren.

Das Central Japan Technical Center verfügt über mehr als zehn Maschinen, darunter hochpräzise Bearbeitungszentren, Dreh-Fräszentren und Drehmaschinen unterschiedlicher Bauart. CAE-Analysen und CAM-Simulationen können dort unter realen Bedingungen durchgeführt werden. Neben Vorschlägen für optimale Bearbeitungsmethoden für fertige Produkte, werden auch individuelle Spezialbearbeitungen nach bestimmten Kundenanforderungen untersucht. Die Testergebnisse werden den Kunden mitgeteilt und die Lösungen direkt vorgeführt. Darüber hinaus werden in diesem Technologiezentrum schwer zu bearbeitende Materialien mit Standardwerkzeugen bearbeitet, um die nötigen Daten für die Entwicklung von Spezialwerkzeugen nach individuellen Kundenwünschen zu erheben. Das Machining Technology Center und das Central Japan Technical Center von Mitsubishi Materials kooperieren mit zahlreichen technischen Instituten im In- und Ausland, um schnelle, kundenorientierte Lösungen an jedem Ort rund um die Uhr anbieten zu können. Des Weiteren arbeitet Mitsubishi Materials zusammen mit weltbekannten Universitäten und anderen Forschungsinstitutionen, um innovative Technologien zu entwickeln. 2016 wurde im Machining Technology Center eine Akademie für Zerspanungstechnik ins

Leben gerufen. Dort werden grundlegende und komplexe Bearbeitungstheorien sowie neue Technologien untersucht und gegenübergestellt, um die vorhandene Werkzeugtechnik weiterzuentwickeln und somit den Fertigungsprozess zu optimieren. Die gleichen Leistungen werden bald auch im Central Japan Technical Center angeboten, um die Mitarbeiter und die Kunden auf den neuesten technologischen Stand zu bringen und den Wissenstransfer auf die nächste Generation sicherzustellen. Seinen Werten und seiner Mission getreu, bietet Mitsubishi Materials fortschrittliche Lösungen und Dienstleistungen, die die Kundenzufriedenheit erhöhen und zum Kundenerfolg beitragen.

■ Technical Center Funktionen



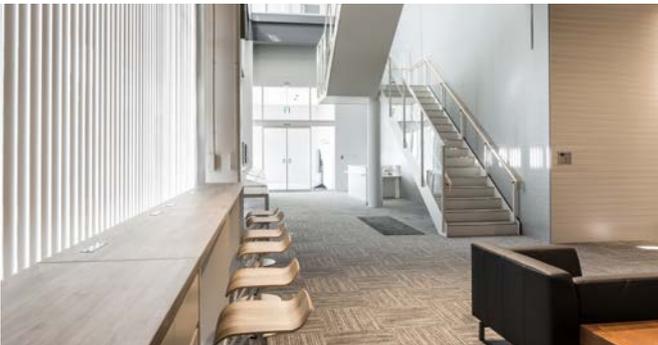
MASCHINENHALLE



SEMINARRÄUME



EINGANGSBEREICH



Wettbewerb in der globalen
Luft- und Raumfahrtindustrie

LEISTUNG IM FOKUS

IHI Corporation Soma No.2 Aero-Engine Works

Produktionssteigerung bei Flugzeugtriebwerken durch die Einführung neuer Technologien.

Die IHI Corporation Soma No.2 Aero-Engine Works stellt mehr als 3.500 Bauteile für Flugzeugmotoren her. Dazu gehören unter anderem Scheiben, Blinks und Getriebe. Mithilfe von mehr als 700 Maschineneinheiten und mehr als 100.000 Herstellungsprozessen fertigt diese Anlage verschiedene Bauteile in Kleinserien. In diesem Beitrag geben wir Ihnen einen Einblick in diesen hochentwickelten Standort.

Ein führendes Unternehmen im Flugzeugmotorenbau in Japan

Die IHI Corporation ist in vier Geschäftsbereichen tätig: „Ressourcen, Energie und Umwelt“, „Soziale Infrastruktur und Offshore-Anlagen“, „Industrielle Systeme und Maschinen für allgemeine Zwecke“ und „Flugzeugtriebwerke für die Luft-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie“. Die Herstellung von Flugzeugmotoren macht zirka 60 bis

70 % der gesamten Produktion in Japan aus. IHI ist unter anderem Hauptlieferant für die meisten der vom japanischen Verteidigungsministerium eingesetzten Militärflugzeuge. Außerdem beteiligt sich das Unternehmen an internationalen Entwicklungsprojekten für eine Vielzahl von Verkehrsflugzeugtriebwerken, indem es seine Ressourcen für die

Entwicklung, Fertigung und Lieferung von Modulen und Bauteilen zur Verfügung stellt. Das Fachwissen von IHI in Sachen Motorenentwicklung und -fertigung kommt auch bei sämtlichen Wartungs- und Reparaturarbeiten zum Einsatz. Solche Arbeiten werden von zahlreichen Kunden, insbesondere von internationalen Fluggesellschaften, sehr hoch geschätzt.

IHI Soma No.2 Aero-Engine Works ist stolz auf seine hochmodernen Anlagen

IHI fertigt und wartet Flugzeugtriebwerke an vier Standorten: den Kure Aero-Engine & Turbo Machinery Works (in der Stadt Kure in Hiroshima), den Mizuho Aero-Engine Works (Mizuho-cho, Tokio), den Soma No.1 & No.2 Aero-Engine

Works (in der Stadt Soma in Fukushima). Die IHI Soma Works, das größte Werk von IHI, befindet sich in Onodai, 10 km von der Pazifikküste entfernt in der Präfektur Fukushima. Soma No.1 Works wurde 1998 als vierte

Produktionsstätte des Geschäftsbereichs „Flugzeugtriebwerke für die Luft-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie“ errichtet. Bestimmte Funktionen des Tanashi-Aero-Engine-Werks wurden auf die neue Produktionsstätte übertragen, um die Herstellung von Bauteilen für Flugzeugtriebwerke zu ermöglichen. 2006 wurden aus demselben Grund auch komplette Produktionsteile der Anlage von Tanashi in die Soma No.2 Works ausgelagert. In der Soma No.2 Works wurden große Druckluft- und elektrische Leitungen durch das ganze Gebäude eingebaut, sodass alle Maschinen mit Strom und Luft gut versorgt werden können. Dies ermöglicht eine flexiblere Aufstellung von weiteren Maschinen, um der zunehmenden Nachfrage noch besser nachzukommen.





(Von links nach rechts) Ryoji Takahashi: Geschäftsführer, Masayoshi Ando: Ingenieur, Hatsuo Okada: Manager
Abteilung Fertigungstechnik, Soma No.2 Aero-Engine Works, Geschäftsbereich „Flugzeugtriebwerke, Raumfahrt und Verteidigung“

Der Einsatz neuer Bearbeitungstechnologien über den kompletten Fertigungsprozess der Flugzeugbetriebe

Zusammen mit der zunehmenden Nachfrage in der Luft- und Raumfahrtindustrie steigt auch der Bedarf an umweltfreundlichen Triebwerken. Dabei spielt die Produktion von Niederdruckturbinen im Soma No.2 Aero-Engine-Werk eine entscheidende Rolle. Der Geschäftsführer Ryoji Takahashi, der technische Leiter Masayoshi Ando und der Produktionsmanager von Soma No.2 Aero-Engine Works wurden für diesen Beitrag interviewt.

Welchen Beitrag leisten die Stärken von Aero-Engine Works zum hohen Marktanteil von IHI?

Takahashi: IHI verfügt über langjährige Erfahrung und umfangreiches Know-how in der Herstellung und Montage von Triebwerksteilen. Teile für Wellen und Niederdruckturbinen sind unsere Spezialität. Unser Unternehmen ist anhand der zunehmenden Vertragsabschlüssen mit dem Verteidigungsministerium stark gewachsen. Darüber hinaus nahm auch die Nachfrage nach Triebwerken für die zivile Luftfahrt zu. Daneben ist IHI eines der wenigen Unternehmen, das mit seinen vielfältigen Leistungen und Technologien den gesamten Triebwerkherstellungsprozess abdeckt.

Schildern Sie uns bitte den Herstellungsprozess der Triebwerksteile.

Takahashi: Viele Teile in Triebwerken sind aus leichten aber extrem stabilen Werkstoffen gefertigt. Die erforderliche Bearbeitungspräzision liegt bei den meisten dieser Teile bei 0,01mm. Bei der Triebwerksentwicklung müssen über längere Zeiträume Bearbeitungstests und Leistungsbewertungen durchgeführt werden, um den optimalen Herstellungsprozess festzulegen. Werden

Werkzeuge im Herstellungsprozess einmal eingeplant, ist es nicht einfach, sie später auszutauschen. Steigt aber dadurch die Produktivität, ist es natürlich sinnvoll, Änderungen bei den Werkzeugen und im Herstellungsprozess vorzunehmen. Jede Änderung muss nach vorgegebenen Vorgaben erfolgen. Wir folgen bei Änderungen von Werkzeugen und Prozessen eine bestimmte Herangehensweise, bei der genaueste Kontroll- und Abnahmeverfahren durchgeführt werden müssen. Dies ist eine Grundvoraussetzung bei der Entwicklung von Herstellungsprozessen, die eine hochpräzise Bearbeitung und hohe Produktivität noch vor der Massenproduktion erzielen.

Wie ist der derzeitige Stand der Technik bei der Triebwerksteileproduktion?

Okada: Im Bestreben um größere

Reichweiten wurde die Entwicklung von Flugzeugen der nächsten Generation mit hoher Leistungsfähigkeit und großer Treibstoffeffizienz vorangetrieben. Die Triebwerke für solche Flugzeuge erfordern neue Werkstoffe, die sich durch größere Temperaturbeständigkeit und geringeres Gewicht auszeichnen.

Takahashi: Aus diesem Grund wurden in den vergangenen zehn Jahren oft Verbundwerkstoffe in der Triebwerksentwicklung eingesetzt. Um den CO₂-Ausstoß und die Kosten für die Nutzung von Flugzeugen als Transportmittel zu senken, ist bessere Treibstoffeffizienz von großer Bedeutung. So kommen heute Werkstoffe wie CFK und keramische Faserverbundwerkstoffe zum Einsatz. Bisher wurde Metall als Werkstoff benötigt, daher wurden stärkere Metalllegierungen entwickelt. Stärkere Werkstoffe können in dünnerer Materialstärke verwendet werden





(Links) Koshiro Terashima, Mitsubishi Materials Corporation, Advanced Materials & Tools Company, Vertriebsabteilung, Verkaufsbüro Sendai

und sind somit leichter. Dies steigert die Treibstoffeffizienz. Durch den Einsatz von Verbundwerkstoffen und hochharten Legierungen wurde die Bearbeitung allerdings sehr komplex.

Worin besteht der Zusammenhang zwischen der Verbesserung der Werkstoffe und der Entwicklung neuer Bearbeitungstechnologien?

Takahashi: Die Gewichtsreduzierung ist ein wichtiger Punkt. Die Gewichtseinsparung bei rotierenden Teilen führt zum Beispiel auch zu leichteren Lagerungen. Durch die Reduzierung des Gesamtgewichts des Triebwerks wird der Treibstoff deutlich effizienter genutzt und somit werden die Betriebskosten niedrig gehalten. Gleichzeitig verringert sich auch die Umweltbelastung. Mit der wachsenden Festigkeit der Werkstoffe wird die Bearbeitung schwieriger. Deswegen ist es notwendig, hochwertige Zerspanungswerkzeuge und Technologien einzusetzen.

Ando: Die verwendeten Bauteile in der Luft- und Raumfahrt sind aus extrem teuren und schwer zu bearbeitenden Werkstoffen. Aus diesem Grund ist es wichtig, Bearbeitungsmethoden zu finden, die eine Beschädigung der Produkte verhindern. Die Fertigung von qualitativ hochwertigen Produkten bei gleichzeitig

geringeren Bearbeitungskosten ist unser wichtigstes Ziel.

Okada: Da die Werkstoffe kontinuierlich besser werden, sind aktuelle Bearbeitungsmethoden teilweise ungeeignet. Aber selbst wenn die vorhandenen Bearbeitungsprozesse eingesetzt werden, können diese Werkstoffe unter Umständen auch mit anderen Methoden bearbeitet werden, z. B. mittels Laser oder Elektroerosion. Auch Zerspanungswerkzeuge werden sich zukünftig sicherlich von den heutigen sehr unterscheiden.

Wie werden die neuen Bearbeitungstechnologien in den Fertigungsprozess eingebunden?

Okada: Ich möchte Ihnen dazu ein Beispiel geben. Wir mussten die Produktivität bei Scheiben erhöhen, weil die Nachfrage nach Flugzeugtriebwerken gestiegen war. Üblicherweise haben wir Schwalbenschwänze, also die Verbindungsstelle, an der die Schaufeln an der Scheibe befestigt werden, im Räumverfahren gefertigt. Die Maschine zum Räumen ist allerdings sehr teuer und die Herstellung der Werkzeuge dauert relativ lange. Daneben ist Räumen eine Bearbeitungsmethode mit niedrigen Schnittgeschwindigkeiten, wodurch eine Verbesserung der Produktivität schwierig

ist. Aus diesem Grund suchten wir nach einer neuen Bearbeitungsmethode. Zuerst führten wir die Schruppzerspanung des Schwalbenschwanzes mit einem Fräser durch. Der Vorteil des Fräsens besteht in einer zuverlässigen Werkzeugverfügbarkeit, und Formen und Werkstoffe können einfach verbessert werden. Allerdings gibt es auch einige Nachteile. Die Werkzeugkosten pro bearbeitetem Volumen sind beim Räumen günstiger als beim Fräsen. Beim Fräsen mussten die Gesamtkosten für Werkzeuge gesenkt werden. Das konnten wir durch die Verwendung weniger Werkzeugen erreichen und zwar indem wir den entsprechenden Werkzeugweg vorgeben und die Standzeiten maximierten. Auch wenn es bei der Umstellung von Räumen auf Fräsen viele Herausforderungen gab, konnten unsere Mitarbeiter alle Probleme lösen. Am Anfang, als bei den Bearbeitungstests noch oft Werkzeuge beschädigt wurden, hatte ich das Gefühl, dass wir diesen Weg aufgeben müssen. Die Unterstützung durch das Personal von Mitsubishi Materials war allerdings sehr hilfreich, sodass wir bei der Entwicklung der Prototypen und der Evaluierung der Produkte große Fortschritte machten. Die Anstrengungen und der Enthusiasmus der Ingenieure beider Unternehmen führten zu diesem Erfolg.





Herstellung der weltweit führenden Bearbeitungstechnologie und der Weg zur weltbesten Anlage

Die Entwicklung hochwertiger Triebwerke setzt eine große Präzision voraus. Eine Verbesserung der Präzision sorgt für geringeren Energieverlust, während eine Gewichtsreduzierung die Leistung erhöht. Außerdem wird durch den geringeren Treibstoffverbrauch und die niedrigen Gasemissionen eine bessere Ökobilanz erzielt. Der Schlüssel zu solchen Verbesserungen ist der Fortschritt bei der Entwicklung von Werkstoffen mit größerer Hitzebeständigkeit und geringerem Gewicht. Die Mission der Soma No.2 Aero-Engine Works besteht in der Entwicklung und Einführung neuer Produkte auf Grundlage solcher Fertigungstechnologien.

Takahashi erläutert: „Es gibt ein besonderes Geschäftsmodell für die Entwicklung von Triebwerken für Verkehrsflugzeuge.

Es handelt sich dabei um ein Entwicklungsprogramm, eine internationale Partnerschaft. Die Entwicklung von Triebwerken für Verkehrsflugzeuge erfordert große Investitionen und viel Zeit. Dieses Programm ist daher eine internationale Gemeinschaftsentwicklung durch eine Partnerschaft zwischen den besten Akteuren von relevanten Fachbereichen. Um das Risiko gerecht zu verteilen, entsprechen die Entwicklungskosten jedes Partners dem Investitionsanteil. Außerdem bauen die Partner für ihre Verantwortungsbereiche langfristige, strategische Beziehungen auf, in denen Aufgaben wie Produktion, technischer Service, Produktentwicklung und After-Sales-Services (Ersatzteile, Triebwerkswartung) abgewickelt werden.“ Die Stärke von IHI ist das umfassende, technische Know-how in der Fertigung der

meisten Triebwerksteile, und die Fähigkeit, die besondere Stärken bei der Entwicklung von Wellen, Verdichterkomponenten, Fan-Bauteilen etc. mit den Partnern abzustimmen, um das Dienstleistungsangebot optimal auszubauen. IHI erweitert stetig seine Produktpalette. Um das Ziel zu erreichen, die weltbeste Produktionsanlage zu werden, hält IHI die Fertigung, das Qualitätsmanagement und die Bearbeitungstechnologien auf höchstem Niveau, um die besten Rahmenbedingungen sicherzustellen. „Wir freuen uns über die Möglichkeit, entwickelte Triebwerke von IHI in Verkehrsflugzeuge einsetzen zu können und das sogar mit Bauteilen, die in Japan hergestellt werden. Wir arbeiten daran, unsere Technologie in den IHI Soma No.2 Aero-Engine Works stetig zu verbessern“.



DIE GESCHICHTE VON MITSUBISHI

Band **5**

Das Herz der Fertigung im
Zentrum Tokios

Das Werk in Tokio

Die Mitsubishi Materials Advanced Materials & Tool Company begann 1931 mit der Herstellung der TRIDIA-Hartmetallwerkzeuge und das Werk in Tokio spielte bei der Entwicklung dieses Werkzeugs eine zentrale Rolle. Eine solche Produktionsstätte im Herzen Tokios war zu dieser Zeit nicht unbedingt üblich. Das Tokioter Werk von Mitsubishi Materials durchlebte die Vor- und Nachkriegszeit, die starke Wachstumsphase und die Bubble Economy und entwickelte sich dabei zu einer Fertigungsbasis für Hartmetallwerkzeuge.

Beginn der Herstellung von Hartmetalllegierungen

Der Standort des Werks in Tokio war dort, wo sich heute der Shinagawa Chuo Park befindet. Im Zentrum Tokios, nur ein paar Gehminuten vom Bahnhof Shimo-Shimmei, der von der Bahngesellschaft Tokyu betriebenen Ōimachi-Linie entfernt ist, wurde das Werk ab 1916 bis vor circa 25 Jahren betrieben. Vor 100 Jahren, im Jahr 1916, zum Zeitpunkt der Gründung des Mitsubishi Goshi Kaisha Mining Research Institute (Central Research Institute) als private Unternehmensforschungseinrichtung basierend auf einem Vorschlag von Koyata Iwasaki, nahm Mitsubishi Materials das Geschäft mit Hartmetallwerkzeugen auf. Das Institut widmete sich noch vor anderen Unternehmen der Wolfram-Forschung. 1923 begann es mit der Forschung an Hartmetalllegierungen. 1926 brachte das deutsche Unternehmen Krupp, das weltweit erste Hartmetallwerkzeug WIDIA auf den Markt. Die überraschend gute Schnittleistung veranlasste Unternehmen auf der ganzen Welt, ihre Forschung an Hartmetalllegierungen voranzutreiben. Mitsubishi Materials erkannte das Potenzial von Hartmetalllegierungen sofort und trieb die Entwicklung voran.

Die Überwindung verschiedener Hindernisse erwies sich als gewaltige Herausforderung, sodass sich das Unternehmen acht Jahre mühen musste, bis es 1931 sein erstes Hartmetallprodukt, TRIDIA, auf den Markt bringen konnte. Als Mitsubishi Materials das Mining Research Institute nach Omiya verlegte, blieb der Geschäftsbereich „Entwicklung von Hartmetalllegierungen“ bestehen und setzte seine Tätigkeit als Niederlassung in Oi fort.

Schwierige Geschäftsbedingungen während des Krieges

Der Beginn des Zweiten Weltkriegs im Jahr 1939 hatte direkte Auswirkungen auf die Industrie. Die Nachfrage nach kriegswichtigem Material wie Hartmetall und Stellite stieg, während die Mitarbeiter an die Front geschickt wurden. 1943 betrug die monatliche Hartmetall-Produktion über 1 Tonne und die Stellite-Produktion über 3 Tonnen. Zu dieser Zeit löste sich das Werk vom Mining Research Institute und wurde unabhängig. Es führte seinen Betrieb als Tokyo Metals Plant fort und wurde schon bald als wichtiges nationales Werk eingestuft. Das Werk wurde 1944 während der Luftangriffe der Alliierten auf die Stadt beschädigt und stand nach dem Krieg auf der Liste möglicher

Vermögenswerte, die nach dem Krieg als Reparationen abgetreten werden sollten, weshalb das Risiko einer Beschlagnahme bestand. Das Werk konnte diesem Schicksal jedoch entgehen und die Angestellten arbeiteten hart, damit die Produktion wiederaufgenommen werden konnte. Das Geschäft mit Hartmetallwerkzeugen war auf Erfolgskurs, doch der Krieg setzte dem ein Ende und die nach dem Krieg vorherrschenden Bedingungen hatten zur Folge, dass es anderen Unternehmen nicht möglich war, dieses Geschäft aufzukaufen oder darin zu investieren, wodurch sich die Lage von Mitsubishi Materials erheblich verschlechterte. Die Unternehmensführung war gezwungen, eine Verringerung der Produktion und die Freistellung von Mitarbeitern in Erwägung zu ziehen, doch die Gewerkschaft wehrte sich gegen diesen Plan und pochte darauf, dass die Werke geschlossen werden sollten, wenn auch nur ein Mitarbeiter aufgrund der Verringerung der Produktion freigestellt werden müsse. Letzten Endes blieb Mitsubishi Materials keine andere Wahl mehr und so wurden am 31. Oktober 1948 die meisten Mitarbeiter freigestellt. Bleiben konnte nur die für die Aufrechterhaltung der Werke und der Technologie erforderliche



Das Mining Research Institute zum Zeitpunkt seiner Gründung. In diesem Gebäude begann die Forschung an Hartmetalllegierungen.



Das Werk in Tokio während der Phase des starken Wirtschaftswachstums (um 1960).



Das Werk in Tokio vor dem Umzug an den Werksstandort in Tsukuba (um 1986).



Ein Erinnerungsfoto aus dem Jahr 1937.



Neues sechsstöckiges Gebäude, um der Massenfertigung gerecht zu werden.



Das Tokioter Werk, das immer wieder umgestaltet und erweitert wurde.



Arbeiten mit CAD-Systemen.



Beim Entwerfen von Werkzeugen



Am Standort befindet sich derzeit der Shinagawa Chuo Park.

Mindestanzahl an Mitarbeitern, doch man hoffte, die freigestellten Mitarbeiter bald wieder zurückholen zu können. Das Unternehmen arbeitete weiter an der Entwicklung von Einsätzen für Abbauwerkzeuge für Europa und die USA und bemühte sich darum, wieder den Stand zu erreichen, auf dem es sich vor dem Krieg befunden hatte. Im Dezember desselben Jahres, also 1948, öffneten die Werke wieder und die freigestellten Mitarbeiter wurden sofort zurückgeholt.

Wirtschaftswachstum und die Wirtschaftsblase

1952 wurde das Werk umbenannt. Fortan hieß es nicht mehr Tokyo Metals Plant sondern Mitsubishi Metal Mining Company Ltd. Oi Plant. Nach einer Phase des starken Wirtschaftswachstums schrieb das Unternehmen 1955 erstmals nach dem Krieg wieder schwarze Zahlen. Danach wurde die Produktion schrittweise gesteigert und man erzielte drei Halbjahreszeiträume hintereinander, nämlich vom ersten Halbjahr 1967 bis zum ersten Halbjahr 1968, Rekordgewinne. Das Werk entwickelte sich zu einem zentralen Geschäftsbereich, der das gesamte Unternehmen mittrug. 1969 baute

das Unternehmen sein Werk in Gifu, da es erkannte, dass es mit dem Werk in Oi zwar zum Marktführer in Japan werden könnte, dieses Werk in Oi allein aber nicht ausreichen würde, um Weltmarktführer zu werden. 1970 wurde das Werk in Oi umbenannt und hieß nunmehr nicht mehr Oi Plant sondern Mitsubishi Metal Corporation Tokyo Plant. Seit der Markteinführung von TRIDIA waren 35 Jahre vergangen und das Unternehmen befand sich an einem Wendepunkt, da es entschied, sein Hartmetallgeschäft auf den Weltmarkt zu tragen.

Der Geist der Vergangenheit setzt sich in der Gegenwart fort

Durch den Wechsel vom Werk Mitsubishi Metal Mining Company Ltd. Oi Plant zum Werk Mitsubishi Metal Corporation Tokyo Plant wuchs das Geschäft mit Hartmetallwerkzeugen weiter. Die Herausforderung, eine in so kurzer Zeit erheblich gestiegene Nachfrage zu bedienen, beeinflusste Kundendienst und Produktentwicklungsfähigkeit. Aufgrund des Standorts in städtischem Gebiet war eine Erweiterung der Betriebsstätten schwierig, was sich auf die Fähigkeit des Unternehmens zur Ausweitung des Geschäfts einschließlich

der Programme betreffend Services und Vergünstigungen für Mitarbeiter auswirkte. Zur Lösung dieses Problems erwog die Unternehmensführung einen Umzug des Werks in Tokio nach Ishigemachi im Bezirk Yuki (heutiger Name der Stadt: Joso) nahe der „Stadt der Wissenschaft“ Tsukuba in der Präfektur Ibaraki. Das Werk wurde im März 1992 an den Werksstandort in Tsukuba verlegt. Der Geist der Unabhängigkeit und des ständigen Strebens nach Fortschritt hat dem Werk dabei geholfen, auch schwere Zeiten zu überstehen. Dieser Geist wird von allen Mitarbeitern weitergetragen. 85 Jahre sind vergangen, seit Mitsubishi Materials 1931 Hartmetallwerkzeuge unter dem Produktnamen TRIDIA auf den Markt brachte. Im Bestreben, uns immer weiterzuentwickeln, knüpfen wir an das in den letzten 85 Jahren Erreichte an und führen es auch in den nächsten 100 Jahren fort.



Werk in Tokio

TECHNOLOGIE-ARCHIV



TORAY

**Die Welt mit neuen
Werkstoffen verändern.
Ein halbes Jahrhundert
CFK-Geschichte.**

Der Traum von
einem schwarzen
Flugzeug, das
durch die Luft fliegt

Leichter als Aluminium und stärker als Stahl ist der kohlenstofffaser verstärkte Kunststoff (CFK) ein revolutionärer Werkstoff, der die erforderlichen Bearbeitungsverfahren verändert hat. Es fand Anwendung in wichtigen Konstruktionsteilen für mittelgroße zivile Passagierflugzeuge. In den frühen 1960er Jahren begann man in Japan an Kohlenstofffasern zu forschen. Wir sprachen mit Shunsaku Noda, Geschäftsführer, und Hiroshi Taiko, stellvertretender Geschäftsführer der Aerospace Technology Section, ACM-Technologie-Abteilung, TORAY, über die fünfzigjährige Geschichte von Kohlenstofffasern und die Entwicklung von CFK.

EINBLICK

Was ist CFK?

CFK ist ein Verbundstoff aus Kohlenstofffasern und Epoxidharz. Verbundwerkstoffe enthalten verschiedene Bestandteile, so dass zusätzliche Werkstoffeigenschaften entstehen, die mit einem einzigen Bestandteil nicht erzielt werden können. TORAYCA® Prepreg wird für Flugzeugteile eingesetzt. Es wird hergestellt, indem 24.000 Kohlenstofffasern mit einer Dicke von 5 µm zu einer Matte geformt und mit einem warmaushärtenden Epoxidharz getränkt werden. Durch unterschiedliche Lagen und Aushärten der in Form gebrachten Matte erhält diese sowohl eine hohe Festigkeit als auch eine gute Elastizität.

Je nach Volumen und Gestaltung der Kohlenstofffasern (Richtung der Fasern, Struktur der Prepreg-Schichten), ergeben sich unterschiedliche Eigenschaften. Daher ist es möglich, den optimalen Werkstoff für die unterschiedlichsten Anwendungen herzustellen.

CFK-Merkmale

- Es ist leicht und hat ein spezifisches Gewicht von 1,7 g/cm³ – was gerade einmal einem Viertel von Stahl entspricht.
- Die Zugfestigkeit von CFK liegt bei hohen 7 kN/mm².
- Die Zugelastizität von hochleistungsfähigem CFK liegt bei 630 kN/mm².
- CFK verfügt auch über hervorragende Formbeständigkeit, Schwingungsdämpfung, hohe Wärmeleitfähigkeit, Korrosionsfestigkeit sowie hohe Ermüdungsfestigkeit und ist nicht magnetisch.

Herstellungsverfahren für Kohlenstofffasern

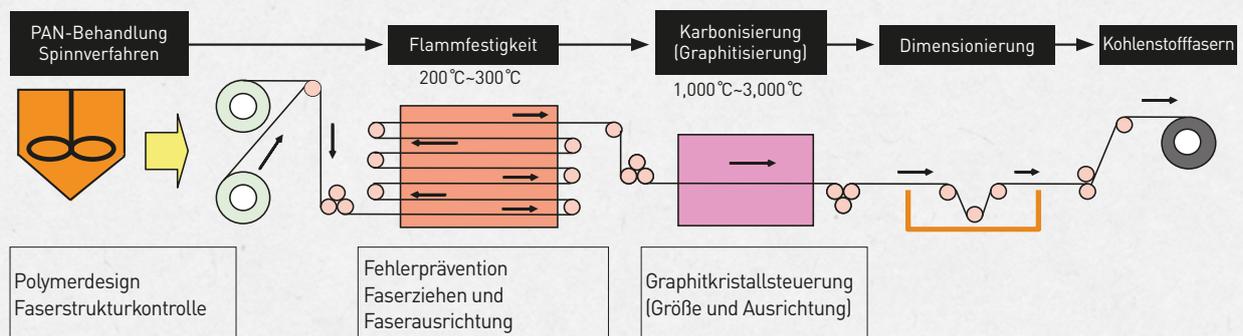
Die Herstellung von PAN-(Polyacrylnitril-)basierten Kohlenstofffasern umfasst vier Verfahren:

- 1) Polyacrylnitrilkunststoff wird behandelt und durch eine Spinnmaschine gepumpt, wo es zu Fasern verarbeitet wird.
- 2) Die Fasern werden wärmebehandelt, um ihre Flammfestigkeit zu verbessern (Oxidation).
- 3) Die Fasern werden zwecks Karbonisierung erneut erhitzt.
- 4) Zum Abschluss des Verfahrens wird die Oberfläche behandelt.



Durchmesser: 7 µm

Die Grenzen der Herstellungsverfahren und Bauteiltechnologie



Teil

1

1950 ~

Aufkommen von Kohlenstofffasern und Forschung und Entwicklung

Wenn wir zu den Wurzeln der Kohlenstofffasern zurückgehen, kommen wir zur Glühlampe, die Ende des 19. Jahrhunderts von Thomas Edison und Joseph Swan erfunden wurde. Der Glühfaden, der für diese Glühlampe verwendet wurde, war eine karbonisierte Bambusfaser. Diese war die erste Kohlenstofffaser der Welt. Nachdem Wolfram als Material für den Glühfaden beliebt wurde, gerieten Kohlenstofffasern nach und nach in Vergessenheit. In den 1950er Jahren gewann die Kohlenstofffaser erneut an Aufmerksamkeit, als die Vereinigten Staaten ihre Forschung und Entwicklung für Einspritzdüsen für Raketen

vorantrieben, da diese Motoren eine hohe Hitzebeständigkeit erfordern.

In der Zwischenzeit erfand Dr. Akio Shindo am Institut für Maschinenbautechnologie in Osaka 1959 ein Verfahren zur Herstellung von Kohlenstofffasern durch Karbonisierung von Polyacrylnitril (PAN). Seitdem wurde die Forschung und Entwicklung sowie die Vermarktung von Kohlenstofffasern beschleunigt. Kohlenstofffasern verfügen über eine hervorragende Festigkeit, wodurch sie zu einem idealen Hochfunktionsbestandteil für Verbundwerkstoffe werden. 1967 kündigte Rolls-Royce, einer der Hersteller an der

Weltspitze für Luft- und Raumfahrtmotoren, die Anwendung von CFK bei Düsenflugzeugmotoren an. Fast gleichzeitig begann TORAY mit der groß angelegten Entwicklung von Kohlenstofffasern unter Einsatz einer Acrylfaser: TORAYLONTM. 1970 erwarb TORAY eine Patentlizenz von Dr. Shindo. Die Unternehmen führen ihre Geschäfte auf der Prognose zukünftiger Marktgängigkeit und Umsatzpotenziale ihrer eigenen Produkte. TORAY glaubte fest an das Potenzial von CFK und gab der Einrichtung eines Herstellungssystems mit einer hohen Investition, die heute ein unglaublicher Betrag wäre, den Vorzug.

2

1971 ~

Herstellung von Kohlenstofffasern noch ehe man das Potenzial voll ermaßen konnte

Im darauffolgenden Jahr, 1971, begann TORAY mit der Herstellung und dem Vertrieb von TORAYCA®300, einer PAN-basierten hochfesten Kohlenstofffaser. Obwohl Kohlenstofffasern als ein Werkstoff der neuen Generation große Aufmerksamkeit erhielten, waren die wichtigsten Einsatzbereiche noch klar. TORAY beschloss jedoch, ein neues Werk mit einer Produktionskapazität von 12 Tonnen zu bauen. Es war zu jener Zeit das größte Werk der Welt. Diese mutige Entscheidung beruht auf der Überzeugung der TORAY-Mitarbeiter, dass hochfeste Werkstoffe eines Tages stark nachgefragt werden würden. Außerdem hatte die Geschäftsführung den Traum von einem schwarzen Flugzeug, das durch die Luft fliegt, einem Flugzeug aus CFK, das aus den schwarzen Kohlenstofffasern hergestellt wird. Ungefähr zu dieser Zeit hatte Rolls-Royce mit großen Schwierigkeiten bei der Entwicklung eines Düsenflugzeugmotors,

für das CFK verwendet wurde, zu kämpfen. Mittlerweile war das erste aus Kohlenstofffasern hergestellte und vermarktete Produkt von TORAY eine Angelrute für Süßwasserfische, die im Jahr 1972 auf den Markt kam. Das Gewicht der Angelruten betrug nur rund die Hälfte der bis dahin vorhandenen Ruten; obwohl sie relativ teuer waren, genoss ihre Leistungsfähigkeit auf dem Markt einen guten Ruf. Im selben Jahr setzte der Golfprofi Gay Brewer Jr. Schläger mit schwarzem Schaft aus CFK ein und gewann das Taiheiyo-Masters-Turnier. Die Anerkennung des Golfschlägers mit dem schwarzen Schaft verbreitete sich schnell, und Golfspieler stürzten sich darauf. Danach wurde CFK auch für die Herstellung von Tennisschlägern verwendet, wodurch sich die Beliebtheit des Werkstoffs weiter steigerte. CFK fand jedoch hauptsächlich im Bereich Unterhaltung und Sport Anwendung. Unter

Berücksichtigung des industriellen Potenzials von CFK war sein Vertrieb bestenfalls gering. Der Wendepunkt kam 1975. Die Ölkrise 1973 hatte die Flugzeughersteller gezwungen, sich auf die Senkung des Flugwerkgewichts zu konzentrieren, um einen geringen Treibstoffverbrauch zu erreichen. Hier wandten sie ihre Aufmerksamkeit dem CFK als sekundärem Konstruktionsmaterial zu, also für Teile, die keinen direkten Einfluss auf die Flugsicherheit hatten. Damals sah TORAY seinen Traum verwirklicht, dass CFK bei der Herstellung von Flugzeugen eingesetzt wird. Mit dem Einsatz von CFK für Flugzeugteile durch Boeing und Airbus lag die Gesamtproduktion der TORAYCA®-Kohlenstofffaser im Jahr 1988 bei über 10 000 Tonnen. Viele Hersteller in Übersee ländern wie England und den Vereinigten Staaten beschlossen, sich aufgrund der geringen Rentabilität aus dem CFK-Geschäft zurückzuziehen; japanische Unternehmen jedoch, darunter TORAY, die ihre Technologie mit einer langfristigen Perspektive geplant hatten, arbeiteten weiter an der Entwicklung und Herstellung von CFK und verwendeten hierfür hochleistungsfähige Kohlenstofffasern. 2010 schließlich hatten japanische Kohlenstofffaserhersteller einen globalen Anteil von rund 70 %.

3

1990 ~

Erweiterung der Anwendungsbereiche von CFK als Konstruktionsmaterial für Flugzeuge

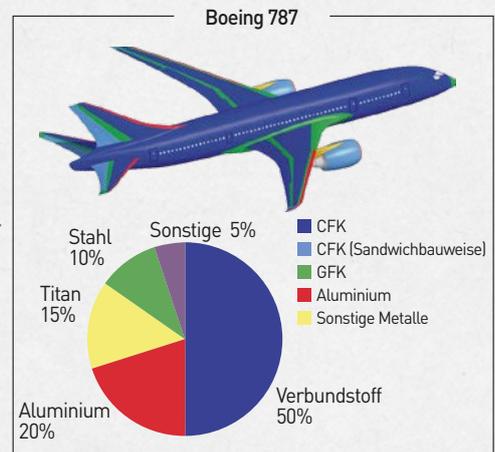
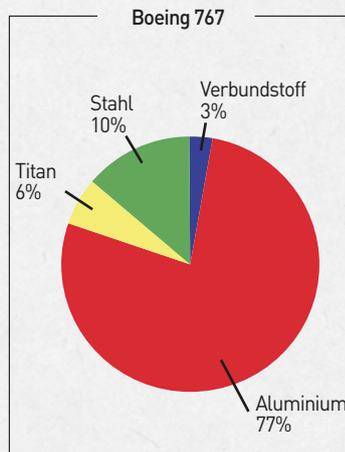
1990 wurde TORAYCA® Prepreg (plattenartiges CFK) von Boeing als primäres Konstruktionsmaterial für Strukturteile (wichtige Teile, die direkten Einfluss auf

die Sicherheit haben) spezifiziert, was CFK zur Zulassung als hochzuverlässigem Hochfunktionsmaterial verhalf. Die Zugfestigkeit von CFK ist zehnmal

höher als die von Stahl, während sein Gewicht gerade ein Viertel beträgt. CFK kann außerdem eine Vielzahl von Formen annehmen.

In dem im Jahr 2003 initiierten Projekt Boeing 787 machte CFK rund 50 % des Gesamtgewichts des Flugzeugs aus, einschließlich Flugzeugzelle und Tragflächen. 2006 schlossen TORAY und Boeing einen langfristigen Vertrag über die Lieferung von CFK ab, in dem die Bereitstellung von primärem Konstruktionsmaterial durch TORAY spezifiziert war.

	Boeing 767	Boeing 787
Rumpf	Aluminium	CFK
Haupttragfläche	Aluminium	CFK
Heckflügel	Aluminium	CFK
Lande-kappen	CFK	CFK



4

2010 ~

Industrieller Einsatz erhöht die CFK-Nachfrage

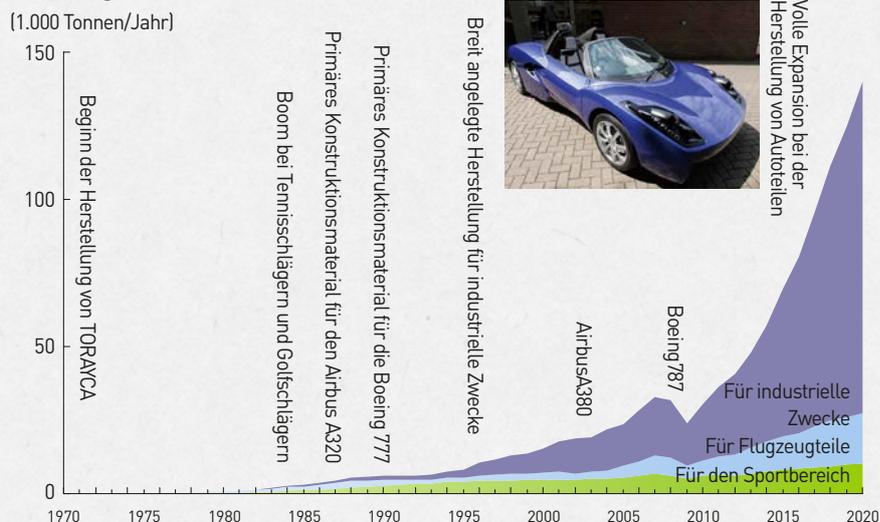
Zu Beginn des Jahres 2010 wuchs die weltweite Nachfrage nach CFK rasant an. CFK kommt nun zu einer Vielzahl von Zwecken zum Einsatz. Zusätzlich zu Sport- und Flugzeugprodukten gehören die Rotorblätter von Windenergieanlagen, Dächer und Hauben, Autoteile wie Antriebswellen, Tanks für Erdgas und Brennstoffzellenfahrzeuge, Robotergabeln für den Transport von Flüssigkristall-Leiterplatten, Zugwaggons, Computergehäuse und vieles mehr zu den Einsatzgebieten von CFK.

Das Geschäft mit Kohlenstoffaser-Verbundwerkstoffen ist Teil von TORAYs grundlegender Expansionsstrategie. TORAY hat Managementressourcen in diese neuen Wachstumsbereiche, z.B. Automobil- und Luftfahrtindustrie, und in die neuen Energien investiert, um die Nachfrage zu erweitern. Für 2020 plant TORAY, die Investition auf Nordamerika auszuweiten, um mit dem Unternehmen auch dort zu expandieren. Die Festigkeit der Kohlenstoffaser liegt zu diesem Zeitpunkt immer noch bei einem Zehntel ihres theoretischen Werts. Es bleibt also noch ausreichend Raum für weitere Verbesserungen. Die Kosten für die Kohlenstoffaser bleibt ein Hindernis für die Beliebtheit auf dem Markt. Mit der Ausweitung von Anwendungen auf die Autoteileindustrie kann jedoch die Massenproduktion zu einer erheblichen Preissenkung und schnell zu einer erhöhten Nachfrage in naher Zukunft führen. Es ist fast ein halbes Jahrhundert vergangen,

seit Toray weltweit mit der ersten kommerziellen Produktion von Kohlenstoffasern startete. Es bedurfte beständiger Bemühungen über einen langen Zeitraum, um stabile Märkte zu finden. Was hat sie motiviert? Es war Torays Unternehmensphilosophie, langfristige Kontinuität, unterstützt von dem starken Wunsch der Geschäftsführung, ein Flugzeug aus CFK in der Luft zu sehen. CFK wird auch in Zukunft als fortschrittlichster und hochfunktionaler Werkstoff, der den globalen Industrien zur Verfügung steht, weiter verbessert werden.



Nachfrage nach Kohlenstoffaser-Werkstoffen



Rückblick auf die Geschichte von CFK

Noda: Wir sind sehr glücklich, wenn die von uns entwickelten Produkte die Welt zum Besseren verändern, beispielsweise in Form eines niedrigen Treibstoffverbrauchs in der Luftfahrt. CFK von TORAY ist zu einem strategisch expandierenden Unternehmen geworden. Unsere Aufgabe besteht darin, CFK zu einem der Eckpfeiler des Unternehmens TORAY zu machen. Im Vergleich zu dem, was wir über Metallwerkstoffe wissen, bleiben die Typen, Mengen und Anwendungen von Kohlenstoffaser-Verbundwerkstoffen unbekannt. Wir sind jedoch der Ansicht, dass sich uns mit CFK unbegrenzte Möglichkeiten erschließen,

und wir werden diese Möglichkeiten weiter erforschen, um die Welt zu verbessern.

Taiko: Meine Liebe zur Luftfahrt aus meinen Jugendjahren hat mich zu einer Karriere im Bereich Luftfahrt und Raketen geführt. Als Mensch, der sich in der Forschung und Entwicklung engagiert, habe ich den Traum, eines Tages ein Flugzeug zu betreten, das aus Werkstoffen hergestellt ist, die ich entwickelt habe. Das für die Herstellung der Boeing 787 verwendete CFK wurde von einem früheren F&E-Team entwickelt. Ich war nur indirekt daran beteiligt. Ich hoffe, dass sich mein Traum in den nächsten zehn Jahren erfüllt.



TORAY Industries, Inc.,
Aerospace ACM Technology Dept.
(Links) Shunsaku Noda, Geschäftsführer
(Rechts) Hiroshi Taiko, stellvertretender Geschäftsführer



Die Kunst des Craftsmans

Band 6

Kazuya Yanagida:
Gifu Aero Group, Abt. Luft- und Raumfahrt
(seit 1997 im Unternehmen)

Tadashi Yamamoto:
Gifu Aero Group, Abt. Luft- und Raumfahrt
(seit 2008 im Unternehmen)

Bohrwerkzeug für CFK: MC Serie Neue Werkstoffentwicklung

Seit der Einweihung der Boeing 787 im Jahr 2011 wurde CFK nach und nach immer häufiger als neuer Werkstoff für Rahmenkonstruktionen, Hauptflügel usw. eingesetzt. Anders als reguläre Metalle besteht CFK aus Kohlenstofffasern und Epoxidharz, und die Bearbeitung dieses neuen Werkstoffs erfordert neue Techniken. Wir haben Mitarbeiter der Gifu Aero Group, die an der Entwicklung dieses wichtigen Werkstoffs beteiligt waren, zu diesen neuen Bearbeitungstechniken befragt.



Was ist charakteristisch für den Vorgang des CFK-Bohrens?

- Welchen Hintergrund hat die Entwicklung?

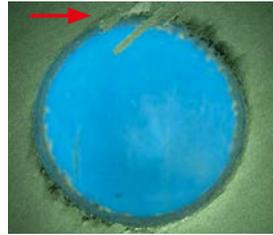
Yanagida: Mitsubishi Materials beliefert seine Kunden seit über zehn Jahren mit Bohrern für die CFK-Bearbeitung. Im Laufe dieser Jahre haben wir alle Bohrfunktionen verbessert. Wir nutzen das über die Jahre zusammengetragene Know-how, um breite Lösungen anzubieten, die bei einer Vielzahl von CFK-Anforderungen anwendbar sind. Yanagida: CFK verfügt über Schichten aus Kohlenstofffasern und Epoxidharz, die einer Wärmebehandlung unterzogen wurden. Im Vergleich zu Stahl hat CFK nur ein Viertel des Gewichts und ist zehn Mal stärker. Es ist außerdem korrosionsbeständig, wärmebeständig und hochfest. Während die Kohlefaserschicht hart aber zerbrechlich ist, ist die Harzschicht weich und leicht verformbar.

Yamamoto: Darum kommt es bei der CFK-Bearbeitung zu Gegebenheiten, die sich grundsätzlich von der Bearbeitung von Metall unterscheiden. Die Hauptfehler, die beim CFK-Bohren auftreten, betreffen die Erzeugung unzerspanter Fasern, Delamination aufgrund der Schichtstruktur und Schädigungen an der Bohrungswand durch Reibung von CFK und Metall. In diesem Projekt haben wir begonnen, diese Problematik zu überprüfen, indem wir die technischen Mechanismen, die die Fehler verursachen, sorgfältig untersuchen.

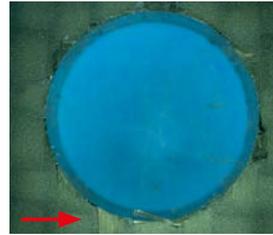
Yanagida: Es gibt zwei Sorten von CFK-Werkstoffen, die für Flugzeugteile verwendet werden. Die eine enthält Harz mit duroplastischen Eigenschaften und Thermoplastizität, die andere ist ein Schichtverbundmaterial, das durch Aufeinanderlagern von Aluminium- und Titanrippen auf das CFK hergestellt wird. Dazu gibt es auch zwei wesentliche Bearbeitungsmethoden. Bei der einen erfolgt eine mechanische Bearbeitung mittels eines Bearbeitungszentrums, bei der anderen erfolgt ein manueller Vorschub. Angesichts dieser unterschiedlichen Materialien und Bearbeitungsmethoden ist es äußerst schwierig, einen Bohrer herzustellen, der für

Beispiele für Bearbeitungsfehler an CFK-Bohrlöchern

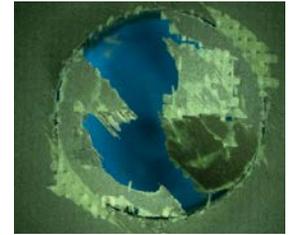
Eintrittsöffnung:
Unzerspannte Faser



Austrittsöffnung:
Delamination



Faserausbruch



alles geeignet ist. In diesem Projekt haben wir daher die MC-Serie mit sieben verschiedenen Bohrern für eine breite Palette von CFK-Werkstoffen entwickelt. Sie wurden im April 2017 auf dem Markt eingeführt.

MCA-Serie mit neuer Spannutgeometrie für die Bearbeitung von Schichtverbundmaterialien zur Vermeidung von Schädigungen an der Bohrungswand

- Könnten Sie uns bitte einige der sieben Produkte vorstellen?

Yanagida: Es gibt zwei Typen: MCA und MCC. MCA ist ein Bohrer für CFK und Aluminiumverbundwerkstoffe. Wir haben versucht, die Leistung der CFK-Bohrer, die in den letzten zehn Jahren als Spezialprodukte verfügbar waren, erheblich zu verbessern. Normalerweise verwenden wir denselben Bohrer für Schichtverbundmaterialien aus Kohlefasern und Aluminium, obwohl deren Bearbeitbarkeit völlig anders ist. Das Problem ist das Entstehen von Schädigungen an der Bohrungswand. Wenn der Bohrer durch das CFK dringt und die Aluminiumschicht bearbeitet, können die Aluminiumspäne die CFK-Oberfläche zerspannen. Infolgedessen weichen die Lochdurchmesser in den CFK- und den Aluminiumschichten ab. Wir haben das Nutdesign des MCA geändert, um dies zu verhindern.

Yamamoto: Wir haben uns auf die Breite der Spannuten konzentriert. Die Nutbreite ist normalerweise konstant; die Nuten des MCA jedoch vergrößern sich kontinuierlich

ab der Schneide. An der Stelle haben wir eine enge Spannute konstruiert, um einzelne kompakte Späne zu erzeugen, die dann durch die Spannuten transportiert werden können, ohne die Oberfläche der Bohrung zu beschädigen. Hierbei handelt es sich um ein spezielles Nutdesign das hauptsächlich für Schichtverbundmaterialien vorgesehen ist.

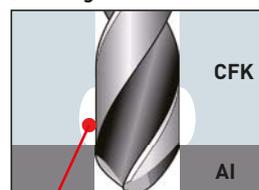
Yanagida: Wir setzten die zur Tieflochbohrbearbeitung verwendete MWS-Bohrtechnologie von Mitsubishi Materials ein. Die gleichmäßige Förderung der Späne verlangte eine höhere Oberflächenqualität des Bohrlochs, was ein allgemeines Problem bei der Bearbeitung sowohl von Schichtverbundmaterialien als auch Tieflochbohrungen darstellte. Für die MCA-Entwicklung verwendeten wir ebenfalls die Technologie der MHE-Bohrer, die für die Bearbeitung von Radnaben eingesetzt wurden. MHE-Bohrer werden genutzt, um Bohrungen für Schraubbolzen an den Naben herzustellen, die die Fahrzeugachse und die Räder verbinden. Der Durchmesser der Bohrungen in jeder Nabe muss sehr genau sein, und die Qualität der Bohrungsoberfläche muss äußerst hoch sein. Um zu vermeiden, dass die Späne die Oberfläche der Nabe beschädigen, benötigt der MHE engere Nuten als reguläre Bohrer.

Yamamoto: Infolgedessen griff MCA auf die Erfahrungen mit unseren MWS und MHE zurück. Der Bohrer erzeugt zunächst kleine Späne, die durch eine enge Nut abgeführt werden. Dann werden die Späne in eine verbreiterte Nut befördert und ausgetragen, ohne die Wand des Bohrlochs zu beschädigen. Auf diese Art und Weise wurde beim MCA-Bohrer ein völlig neues Konzept angewandt, indem der Spantransport des MWS-Tieflochbohrers mit der Spanformung des MHE-Radnabenbohrers kombiniert wurden.



MCA

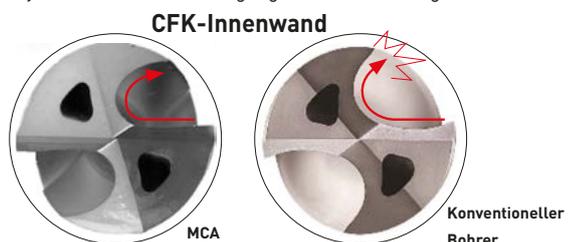
■ Schädigungen an der Bohrungswand



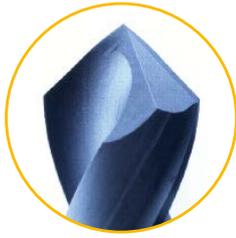
Beschädigung im Bohrl Lochdurchmesser, erzeugt durch die Bearbeitung von Schichtverbundmaterialien mit CFK und Metall

■ Neue Spannute

Die Nut wurde konstruiert, um den Kontakt zwischen Spänen und der Wand des Bohrlochs im CFK zu verringern und eine gleichmäßige Spanabfuhr zu ermöglichen. Dieses System verhindert Schädigungen an der Bohrungswand.



Die Späne haben Kontakt zu inneren CFK-Wand, wodurch Schädigungen an der Bohrungswand verursacht werden!



■ **90-Grad-Spitzenwinkel**

Der scharfe Spitzenwinkel verringert den Druck in Richtung Vorschub ab Beginn der Bearbeitung und begrenzt Delamination.



MCC

Positive Schneide fördert die Zerspanungsqualität

- Welchen Hintergrund hat die MCC-Entwicklung?

Yamamoto: MCC wurde zwar speziell für die Bearbeitung von CFK entwickelt, aber bei Flugzeugteilen wird nicht nur CFK verwendet, sondern auch Schichtverbundmaterialien. Auch in der Automobil- und Windanlagenindustrie wird CFK verwendet. Tatsächlich haben unsere Kunden einen hohen Bedarf zur Bearbeitung von CFK-Werkstoffen, und häufig müssen Löcher in dünne Platten gebohrt werden.

Yanagida: Das größte Problem beim Bohren von CFK-Werkstoffen ist die Delamination am Ende der Bohrung. Im Gegensatz zu Schichtverbundmaterialien verfügt CFK nicht über eine Metallschicht am Bohrungsende, die Absplitterungen an der Bohrungswand verhindern könnte. Stattdessen hat der Bohrungsgrund keinerlei Abstützung, sodass die unterste CFK-Schicht weggedrückt statt zerspannt wird. Dies kann dazu führen, dass die CFK-Oberfläche am Bohrlochausgang entfernt wird.

Yamamoto: Wir haben die Schneiden der MCC-Bohrer extra scharf ausgeführt, damit sich ein weicher Schnitt im CFK ergibt. Durch den geringen Schnittwiderstand wird eine Delamination wirkungsvoll verhindert. Der

wichtigste Aspekt des MCC-Bohrers ist die Schneide. Bohrer verfügen klassischerweise über einen negativen Spanwinkel, um die Schneidstabilität zu verbessern und die Werkzeugstandzeit zu verlängern. Ein negativer Spanwinkel kann jedoch nicht für ein gleichmäßiges Zerspanen harter Kohlefaserschichten sorgen. Der MCC profitierte von der herausragenden Prozesssicherheit der Schneidstoffe von Mitsubishi Materials, so dass eine scharfe positive Schneide in radialer Richtung realisiert werden konnte. Die Schneide ist jetzt rasiermesserscharf. Sie zerspannt CFK gleichmäßig und vermeidet Delamination und unzerspannte Fasern am Bohrlochausgang. Darüber hinaus verringerte der 90-Grad-Spitzenwinkel den Schneiddruck zu Beginn der Bearbeitung, was ebenfalls zu einer verringerten Delamination beitrug.

- Über welchen Eigenschaften verfügt die Beschichtung?

Yamamoto: CFK hat mechanische Eigenschaften, die sofort nach dem Beginn der Bearbeitung mit unbeschichteten Hartmetallbohrern zu abrasivem Verschleiß führen. Gegen dieses Problem setzten wir CVD-Diamantbeschichtungen für MCA- und MCC-Bohrer ein, um den Verschleißwiderstand zu erhöhen.

Yanagida: Zur Maximierung der Schärfe der Schneide mussten wir sowohl die Form der Schneide als auch die Größe der Partikel der

Diamantbeschichtung berücksichtigen. Die neuen CVD-Diamantbeschichtungspartikel von Mitsubishi Materials sind extrem fein, wodurch die Haftung erheblich verbessert wird, und wir konnten die Werkzeugstandzeit im Vergleich zu konventionellen Beschichtungen um etwa das Zehnfache verbessern.

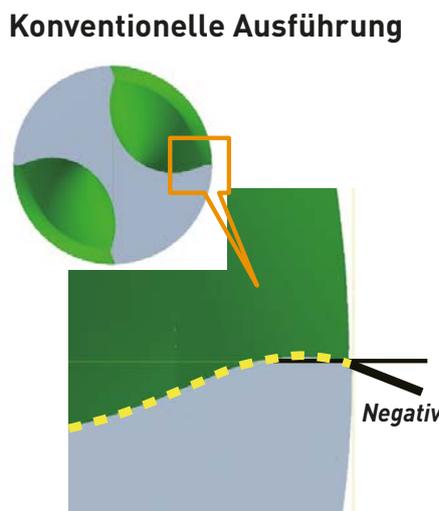
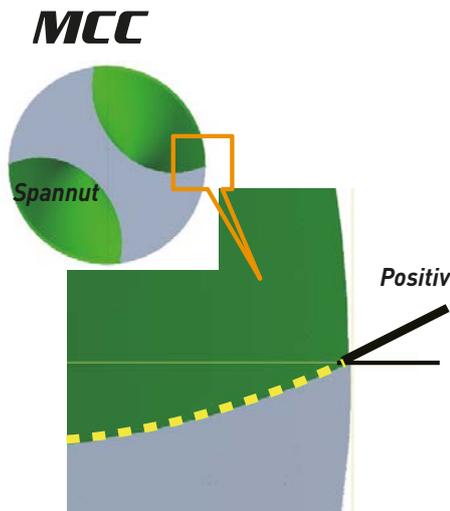
- Was haben Sie zur Verbesserung der Schärfe unternommen?

Yamamoto: Zur Verbesserung der Schärfe, die für uns Priorität hatte, haben wir nach der besten Bearbeitungsmethode der Schneidkante und der Maximierung von Spiral-, Span- und Freiwinkel gesucht, bei denen es sich um grundlegende Elemente von Bohrern handelt. Wir haben einzelne Kombinationen von Winkeln untersucht, um die beste Lösung zur Vermeidung von Schäden am Bohrer zu finden. Im Allgemeinen gilt, je größer diese Winkel, umso besser wird die Schärfe. Hartmetall ist jedoch ein spröder Werkstoff und ist nur begrenzt belastbar. Die Kombination von Schneidengeometrie und Werkstoff bestimmt die endgültige Leistung, das heißt, dass wir den Bohrer praktisch verwenden mussten, um zu sehen, wie leistungsfähig er ist.

Yanagida: Wir führten gemeinsame Untersuchungen mit der TU Wien in Österreich durch, die uns dabei unterstützt hat, unsere MC-Serie zu entwickeln. Als wir Tests mit den Prototypen mit unterschiedlichen Beschichtungsdicken, mit Kantenformen

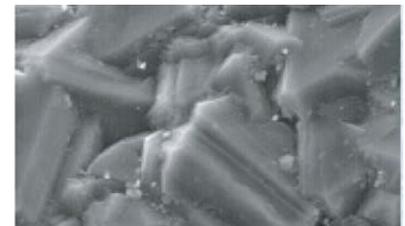
■ **Spannt mit positivem Spanwinkel**

Ein verbesserter radialer Spanwinkel ermöglicht eine scharfe Schneidkante, die effektiv eine Delamination oder andere Beschädigungen des Werkstücks verhindert.

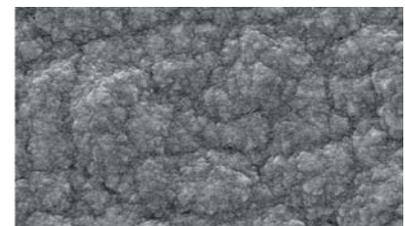


■ **Vergleich von CVD-diamantbeschichteten Oberflächen**

Die einzigartige CVD-Diamantbeschichtung reduziert den Verschleißwiderstand durch eine glattere Oberfläche.

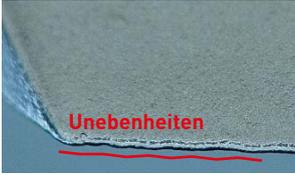


Konventionelles Produkt

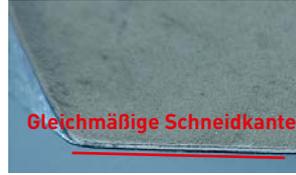


Neue Beschichtung

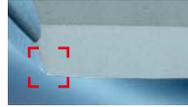
■ Optimierung der Schneidkante



Konventionelle Kantenbearbeitung



Neue Kantenbearbeitung für CFK



- Verringerung der Rauheit zur Verbesserung der Schärfe
- Gleichmäßige Kantenlinie zur Verlängerung der Werkzeugstandzeit



und Spanwinkeln durchführen mussten, baten wir die TU Wien um Zusammenarbeit und erwarben Basisdaten, von denen wir annahmen, dass sie zum Erfolg dieser wichtigen Innovation erheblich beitragen würden.

Herausforderungen und Erfolge bei der Entwicklung neuer Werkstoffe

– Mit welchen Herausforderungen hatten Sie bei der MCC-Entwicklung zu kämpfen?

Yamamoto: Neben den Herausforderungen, die sich uns gestellt haben, hatten wir auch das Vergnügen der CFK-Bearbeitung, deren Mechanismen ganz anders als bei regulären Metallen sind. Ich wechselte zur Luft- und Raumfahrtabteilung der Gifu Aero Group, als wir im Oktober 2016 beschlossen, mit der MCC-Entwicklung zu beginnen. Ich hatte Erfahrungen mit der Entwicklung von Bohrern für Metall, aber es war das erste Mal, dass ich an CFK-Bohrern arbeiten sollte. Die speziell mit der Bearbeitung verbundenen Phänomene und alle anderen Aspekte hinsichtlich der Arbeit mit CFK waren für mich vollkommen neu aber auch eine schöne Erfahrung. Angesichts der kurzen Geschichte der CFK-Bearbeitung war ich wirklich erfreut, an etwas Neuem zu arbeiten.

Yanagida: Die Entwickler in dieser Abteilung, einschließlich Yamamoto, fertigen Prototypen.

Wir bedienen die Werkzeugschleifmaschinen selbst. Dabei achten wir auf optimale Maschinenparameter, wie Schleifscheibenwinkel, Drehzahl, Körnungen. Durch die Erfahrungen, die wir dabei sammeln, entstehen immer bessere Prototypen.

Yamamoto: Wir haben wiederholt die Schleifbedingungen mit Schwerpunkt auf Sicherstellung der Schärfe überprüft. Während dieser Prozesse haben wir vielversprechende Prototypen ausgewählt und baten die Kunden, deren Qualität zu überprüfen. Als wir hörten: „Das ist viel besser als der Bohrer, den wir jetzt benutzen“, waren wir hoch erfreut.

Yanagida: Da wir Prototypen selbst entwerfen, herstellen und testen, bemerken wir sofort den kleinsten Unterschied in der Leistung. Da Yamamoto die MMC-Prototypen entwickelt hat, hatte er einige Ideen, die er bei der Produktentwicklung umsetzte. Dadurch waren wir in der Lage, ein besonderes Produkt zu liefern.

– Würden Sie uns bitte etwas über Ihre Pläne für die zukünftige CFK-Bohrerentwicklung erzählen?

Yanagida: Die wichtigste Anforderung bei der Herstellung von Flugzeugteilen ist die Sicherheit. Die Verlängerung der Werkzeugstandzeit ist ebenfalls ein wichtiges Ziel, aber die Qualität des Bohrlochs hat Priorität. Wir streben beides an. Es ist vorhersehbar, dass sich die Festigkeit von CFK-Werkstoffen weiter verbessern

wird. Neue Schichtverbundmaterialien mit Edelstahl werden noch schwieriger zu zerspanen sein. Mitsubishi Materials wird weiterhin gemeinsame Forschung mit Kohlefaserherstellern durchführen und mit Universitäten zusammenarbeiten, die sich mit Schneidkantenforschung befassen, um das Verständnis über die CFK-Bearbeitung zu vertiefen und auf die wachsenden Marktanforderungen zu reagieren.

– Gibt es etwas, das Sie Ihren Kunden noch sagen möchten?

Yanagida: JIS und ISO haben noch keine CFK-Strukturen spezifiziert. Es gibt viele verschiedene Typen von Kohlefaserharzen, unterschiedliche Stärken und Webtechniken. Daher ist es notwendig, maßgeschneiderte Bohrer für den jeweils zu verwendenden Werkstoff herzustellen, um Bohrlöcher höchster Qualität sicherzustellen. Wir freuen uns darauf, die Anforderungen unserer Kunden zu erfüllen. Bitte setzen Sie sich mit uns in Verbindung!

Yamamoto: Die MC-Serie ist im Katalog als Standardprodukt aufgeführt. Ich denke jedoch, dass die MC-Serie maßgeschneidert und individuell auf die jeweiligen Kundenanforderungen zugeschnitten sein sollte. Unser Ziel ist es, Kundenanforderungen schnell und effizient zu erfüllen. Bitte lassen Sie sich von uns beraten.

MITSUBISHI MATERIALS

P713G

SOLUTIONS FOR COMPOSITE

■ Produktangebot MC-Serie

Bearbeitungs- maschine	CNC-Maschine	Handwerkzeug
Werkstoff	für einfaches CFK	für einfache CFK-Bearbeitung mit Handwerkzeug
 CFK CFRTP	 MCC DD2105	 MCCH DT2030
 CFK Al	für CFK/Al-Schichtverbundmaterial MCA DD2110	für CFK/Al-Schichtverbundmaterial – Handwerkzeugbearbeitung MCAH DT2030
 CFK Ti	für CFK/Ti-Schichtverbundmaterial MCT TF15	CFK/Ti-Schichtverbundmaterial Hochpräzise Bohrungsbearbeitung MCW HT110

*CFRTP = Kohlenstofffaserverstärkte Thermoplaste



Die Forschungsbasis, die die Luftfahrtindustrie bei der Entwicklung von Werkstoffen und Beschichtungen unterstützt

ÜBER UNS

Central Research Institute
Thin Films and Coatings Department

Das Thin Films and Coatings Department des Central Research Institute der Mitsubishi Materials Corporation führt Forschungs- und Entwicklungsarbeiten an Werkstoffen und Beschichtungen durch, um bei Schneidwerkzeugen eine deutlich verbesserte Leistung zu erzielen. In diesem Beitrag wird der hochentwickelte Standort und seine Forschungs- und Entwicklungsarbeit vorgestellt.

Frag den Manager!

Takatoshi Oshika
Manager, Thin Films and Coatings Department,
Central Research Institute



Mehrwert durch neue Prozesse und Technologien zur Entwicklung einzigartiger Werkstoffe schaffen.

Zukunftsweisende Forschung und Entwicklung mit modernster Analyse- und Auswertetechnik
Das Mining Research Institute der Mitsubishi Materials Corporation wurde 1917 in Shinagawa als Japans erstes privates Forschungsinstitut gegründet. Nach dem Umzug in die Stadt Omiya (heute Saitama) in der Präfektur Saitama schlug es als Central Research Institute neue Wege ein. 2007 erfolgte eine Expansion nach Naka, eine Stadt in der Präfektur Ibaraki, mit drei Niederlassungen in Omiya, Onahama und Kitamoto. Dieses Jahr feiert das Institut sein 100-jähriges Bestehen. Das Thin Films and Coatings Department hat die meisten wissenschaftlichen Mitarbeiter am Institut. Im Mittelpunkt der Abteilung steht die Prüfung der Struktur, der Konsistenz und der Verbindung zwischen dem gesinterten Hartmetall und den Beschichtungen auf Nanoebene, um neue Werkstoffe mit ganz neuen Funktionen zu entwickeln. Der Leiter der Abteilung, Takatoshi Oshika, sprach über die Stärken des Instituts. „Wir verfügen über hochmoderne Anlagen und Geräte, wie sie nur wenige andere Institute in Japan haben, und beschäftigen zudem viele herausragende, hochqualifizierte Wissenschaftler. Das Institut verfügt über neun weitere Abteilungen, die eine große Bandbreite an Forschungsthemen wie Werkstoffanalyse und elektronische Werkstoffe abdecken. Diese Abteilungen arbeiten Hand in Hand und sind daher in der Lage, verschiedene Technologien in kürzester Zeit anzuwenden. Tatsächlich haben wir durch die Integration von neu entwickelten

Technologien laufend neue Produkte auf den Markt gebracht. Eines dieser Produkte ist der weltweit dünnste flexible Thermistorfühler.“

Das Thin Films and Coatings Department hat Basistechnologien entwickelt, die bei der Herstellung innovativer Produkte wie den Sorten UC5105/ UC5115 zur Anwendung kommen. Durch die Verwendung der Al2O3-Beschichtungstechnologie bei der für die UC-Sorten entwickelten CVD-Beschichtung haben sich Standzeit und Verschleißfestigkeit erheblich verbessert. „Derzeit forschen wir an einer Element-Technologie für PCD-Bohrer zur Bearbeitung von CFK, für die das Design des Grundwerkstoffs bereits fertig ist. Zudem forschen wir an CVD-Diamantbeschichtungsmaterialien für CFK-Anwendungen und hoffen, die Technologie in naher Zukunft im Unternehmen einsetzen zu können.“ Weiter erklärte er: „Wir arbeiten auch an einer innovativen technologischen Entwicklung. Stellen wir beispielsweise fest, dass sich die Festigkeit eines Beschichtungsmaterials durch eine Verkleinerung der Materialpartikel verdoppeln lässt, müssen wir das Gerät zur Herstellung der Partikel entsprechend umgestalten. Dies führt letztlich dazu, dass wir weltweit die einzigen sind, die ein solches Gerät besitzen. Dank dieser Entwicklungsarbeit und der Verwendung von Ausrüstungsmaterial können wir innovative Werkstoffe erarbeiten. Es ist wie ein magischer Ball in einem Baseball-Comic. Anstatt zu versuchen, unseren Pitch zu verbessern,



arbeiten wir lieber an der Entwicklung eines magischen Balls, den niemand treffen kann. Innovative Produktentwicklung – das ist unser Credo.“

Entwicklung von CVD-Diamantbeschichtungsmaterialien für die CFK-Bearbeitung

Kazutaka Fujiwara fing vor 20 Jahren bei Mitsubishi Materials an und arbeitet seit 10 Jahren im Central Research Institute. In den letzten fünf Jahren war er im Bereich Forschung und Entwicklung von CVD-Diamantbeschichtungsmaterialien für Schneidwerkzeuge tätig. Fujiwara erklärt: „Im Vergleich zu den Entwicklungsabteilungen an den Produktionsstätten ist dieses Institut nicht so nah an unseren Kunden. Deshalb ist es mir sehr wichtig, enge Arbeitsbeziehungen zu den Mitarbeitern der Entwicklungsabteilungen an den Produktionsstätten zu pflegen, da diese regelmäßig Kontakt zu den Kunden haben und daher deren Bedürfnisse am besten kennen. Mit dem Wissen um die Kundenbedürfnisse versuche ich, Grundprinzipien zu definieren, die in neue Hypothesen münden. Die Ergebnisse führen dann zu einer erheblichen Verbesserung der Produktleistung. Ich freue mich sehr, wenn ich höre, dass Produkte, die mithilfe der neuen, von uns entwickelten Technologien hergestellt wurden, auf dem Markt erfolgreich sind.“ Fujiwara arbeitet derzeit im Bereich Forschung und Entwicklung von CVD-Diamantbeschichtungsmaterialien für CFK-Schneidwerkzeuge, die bei Rahmenkonstruktionen zum Einsatz kommen. „Mitsubishi Materials hat bereits mit von uns entwickelten Materialien beschichtete Bohrer und Schafffräser auf den Markt gebracht. Nun arbeiten wir an neuen, sogar noch leistungsfähigeren Beschichtungsmaterialien.“

Unser Bestreben: Die Entwicklung einzigartiger Technologien, die zur Herstellung neuer Produkte eingesetzt werden können.

Neben reinem CFK kommen bei Flugzeugteilen auch Verbundwerkstoffe wie CFK und Aluminium oder CFK und Titan zum Einsatz. Zur Bearbeitung verschiedener Werkstoffe mit einem einzigen Werkzeug bedarf es einer deutlich höheren Leistung. Zur Bearbeitung dieser Verbundwerkstoffe ist eine hohe Qualität der CVD-Diamantbeschichtungsmaterialien unverzichtbar. Fujiwara dazu: „Für die Bearbeitung von reinem CFK gilt: je höher der Diamantanteil, das heißt je härter das Material, desto besser die Leistung des Beschichtungsmaterials. Erhöhen wir jedoch den Diamantanteil, neigt das Beschichtungsmaterial bei der Bearbeitung von Metallen wie Aluminium und Titan dazu, mit den Werkstoffen zu reagieren, was zu Adhäsion, geringerer Präzision bei der Bearbeitung und verkürzter Werkzeugstandzeit führen kann. Bei der Entwicklung der CVD-Diamantbeschichtungsmaterialien müssen wir diese Konflikte gleichzeitig lösen, um mit einem einzigen Beschichtungsmaterial, das die Werkzeugstandzeit erheblich verlängern kann, bei einer breiten Palette an Werkstoffen herausragende Leistungen zu erzielen.“ Fujiwara arbeitet an der Entwicklung von CVD-Diamantbeschichtungsmaterialien, die im Vergleich zu bereits existierenden Materialien für eine dreimal längere Werkzeugstandzeit sorgen. Mit dem erklärten Ziel, im GJ 2018 Produkte auf den Markt zu bringen, arbeitet das gesamte Team mit Hochdruck an Forschung und Entwicklung. „Anspruch des Central Research Institute ist es, modernste Technologien zu entwickeln. Wir freuen uns, Technologien hervorzubringen, zu deren Entwicklung nur Mitsubishi Materials in der Lage ist, und auf diese Weise bei unseren Kunden mit den Produkten, die sie mit unseren Werkzeugen herstellen, für große Zufriedenheit zu sorgen.“

Frag den Wissenschaftler!

Kazutaka Fujiwara
Leiter der Forschungsabteilung, Thin Films and Coatings Department, Central Research Institute

Arbeite an der Entwicklung von CVD-Diamantbeschichtungsmaterialien, die im Vergleich zu bereits existierenden Materialien für eine dreimal längere Werkzeugstandzeit sorgen



Charakteristika des Central Research Institute

1

Modernste Analysetechnik



2

Aktiver Informationsaustausch unter den Wissenschaftlern dank eines einladenden, für diese Interaktionen geschaffenen Raums



3

Bibliothek mit zahlreichen Fachbüchern und Fachliteratur zur Unterstützung der Forschungs- und Entwicklungsarbeit



INNOVATIVE ZERSPANUNG

Band 5

Die Entwicklung von Werkzeugen mit rotierender Schneide der nächsten Generation

Im Flugzeugbau kommen immer häufiger schwer zu bearbeitende Werkstoffe zum Einsatz. Solche Werkstoffe sind zwar belastbarer, verkürzen aber deutlich die Werkzeugstandzeit. Durch die Entwicklung von Zerspanungswerkzeugen mit rotierender Schneide der nächsten Generation reagiert Mitsubishi Materials auf die steigende Nachfrage nach innovativen Bearbeitungsverfahren, die die Werkzeugstandzeiten erhöhen. Der Fokus in diesem Artikel liegt auf zwei solcher Werkzeuge, nämlich auf angetriebene rotierende Zerspanungswerkzeuge, die in Multi-Task-Maschinen zum Einsatz kommen und auf passive rotierende Zerspanungswerkzeuge, die in Bearbeitungszentren verwendet werden.

PROJEKT 1

Drehwerkzeug mit aktiv rotierender Schneidplatte

Entwicklung rotierender Zerspanungswerkzeuge unter Nutzung der Vorzüge von Multi-Task-Maschinen

Vor 20 Jahren hat Mitsubishi Materials zum ersten Mal rotierende Zerspanungswerkzeuge für Drehmaschinen entwickelt, bei denen sich die Schneidplatte kontinuierlich drehte. Damals kam ein Mechanismus zum Einsatz, der diese Rotation mithilfe des Schnittwiderstands antrieb. Dies führte zu einer Verringerung des Kerbverschleißes, einem der Hauptgründe für kürzere Werkzeugstandzeiten bei der Bearbeitung von schwer zu bearbeitenden Werkstoffen. Problematisch war der komplizierte Mechanismus, der die Stabilität einschränkte sowie die höheren Kosten im Vergleich zu herkömmlichen Werkzeughaltern.

Zu dieser Zeit wurden bereits neue rotierende Zerspanungswerkzeuge entwickelt. Die Entwicklung des neuen Rotationsmechanismus wurde durch das Aufkommen von Multi-Task-Maschinen unterstützt. Die ersten rotierenden Zerspanungswerkzeuge ließen die Schneidplatte mithilfe der Zerspankräfte rotieren. Das führte zu Unregelmäßigkeiten in der Drehung, und machte eine stabile Bearbeitung schwierig. Das Ziel war aber, eine stabile, von den Schnittdaten unabhängige Drehkraft zu erzeugen, und somit einen neuen Typ von Rotationswerkzeug zu schaffen.

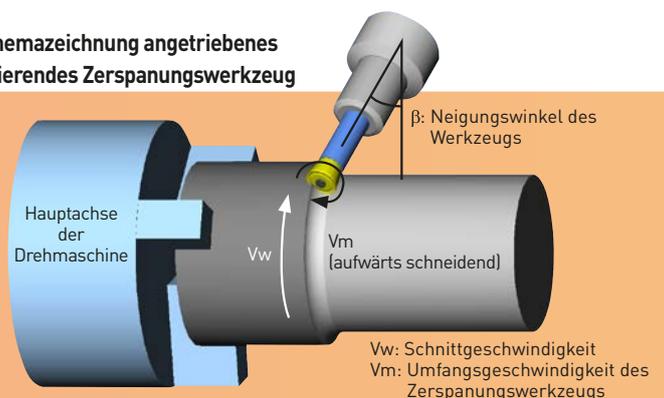
Vor etwa zehn Jahren begann Mitsubishi Materials neue rotierende Zerspanungswerkzeuge zu erforschen. Zu diesem Zeitpunkt erfuhr das Unternehmen von einer Studie über die angetriebenen rotierenden Zerspanungswerkzeuge von Professor Sasahara von der Universität für Landwirtschaft und Technologie in Tokyo. Das führte zu einer Kooperation mit der Universität. In einem gemeinsamen Forschungsprojekt wurden die Stärken und Schwächen der angetriebenen rotierenden Werkzeuge untersucht. Die Nutzung von Multi-Task-Maschinen erlaubte die Festlegung gezielter Parameter bei der Werkzeugrotation. Die Multi-Task-Maschinen unterstützten nicht nur die Steuerung der Werkzeugrotation, sondern auch die freie Wahl des Kontaktwinkels. So konnte die beste Kombination aus Schnittdaten und Werkzeug-Kontaktwinkel ausgesucht werden.

Es war auch wichtig, den besten Kontaktwinkel zu identifizieren. Die Spandicke, die einen entscheidenden Einfluss auf die Werkzeugstandzeit und den Spanfluss hat, ist von grundlegenden Bedingungen wie Geschwindigkeit, Vorschub und Schneidengeometrie abhängig. Aufgrund dieser Überlegungen wurden beim neuen Design unterschiedliche Neigungswinkel ausprobiert.

Die größte Herausforderung war die Minimierung der Rundlauffehler beim Einsetzen der Schneidplatte in den Halter. Größere Fehlausrichtungen erzeugten eine exzentrische Rotation, welche sich auf die Schnitttiefe auswirkte, und so zu Maßabweichungen am Werkstück führte. Der Rundlauffehler führte auch zu schwankendem Schnittwiderstand und so zu Vibrationen und Schäden an der Schneidplatte. Schließlich hat Mitsubishi Materials das gewünschte Ziel erreicht, den Rundlauf zwischen Schneidplatte und Zerspanungswerkzeug auf weniger als 0,01 mm zu reduzieren.

Eine weitere wichtige Eigenschaft war die interne Kühlmittelzufuhr. Das Werkzeug wurde so konstruiert, dass Kühlmittel zwischen Schneidplattenloch und Spannschraube zugeführt werden kann. Dieser Mechanismus führte zwar zu einer verringerten Spannkraft, wenn die WSP in den Halter eingesetzt wurde. Aber die neue Werkzeugkonstruktion sorgte für ausreichende Haltekraft. Das Werkzeug drehte sich stabil und verteilte die beim Schneiden entstehende Hitze gleichmäßig auf den gesamten Umfang der Schneide. Die Zufuhr des Kühlmittels aus dem Inneren des Werkzeugs ermöglichte die effektive Kühlung der Schneide und somit eine gute Spanabführung.

■ Schemazeichnung angetriebenes rotierendes Zerspanungswerkzeug





Bei der Bearbeitung

Die Entwicklungsstufen: vorne die aktuelle Lösung

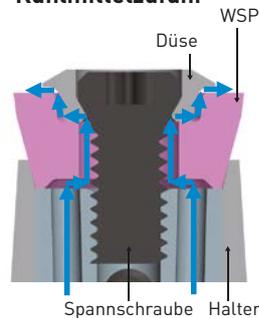
Zehn Mal längere Werkzeugstandzeiten als bei herkömmlichen Zerspanungswerkzeugen mit WSP

Vorteile der angetriebenen rotierenden Zerspanungswerkzeuge:

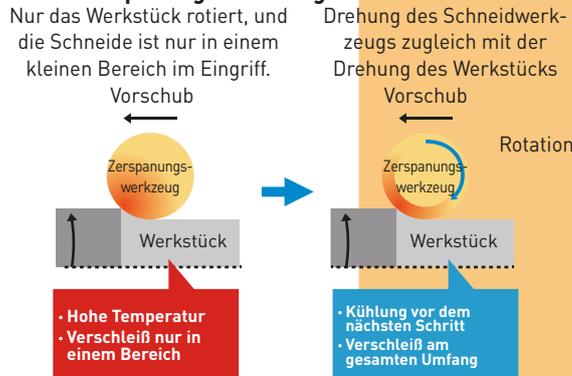
1. Die Nutzung des vollen Umfangs der WSP sorgt für die gleichmäßige Verteilung des Verschleißes und dadurch erhöht sich der Nutzungsdauer des Werkzeugs.
2. Die stabile Rotation des Werkzeugs sorgt für effektive Ableitung der Hitze, während die interne Kühlmittelzufuhr die Abnutzung der WSP reduziert.
3. Der einzigartige, hochpräzise und hochstabile Spannmechanismus ermöglicht eine stabile Hochleistungszerspanung.

Im Vergleich zu herkömmlichen Zerspanungswerkzeugen mit WSP weisen die neuen Werkzeuge eine deutlich längere Standzeit bei der Bearbeitung von Inconel 718 auf. Darüber hinaus sind sie nicht nur für die Bearbeitung schwer zerspanbarer Materialien, sondern auch für Verbundwerkstoffe wie Aluminium und Eisen geeignet. Durch die verlängerten Standzeiten, die längeren Wechselintervalle und die mannlöse Fertigung werden erhebliche Einsparungen erreicht.

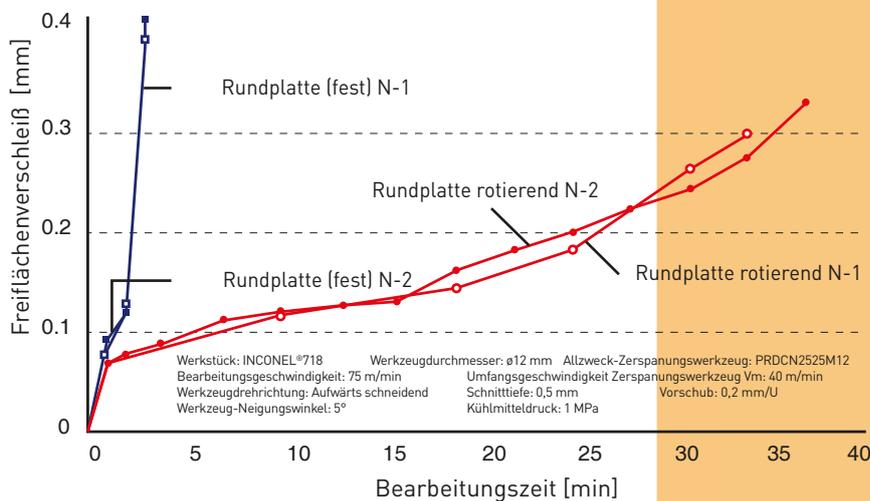
■ Interne Struktur der Kühlmittelzufuhr



■ Funktionsweise eines angetriebenen Zerspanungswerkzeugs



■ Standzeitkurve für INCONEL®718



Konnten die Probleme behoben werden, die sich bei der Entwicklung der ersten rotierenden Zerspanungswerkzeuge einstellen?

Aufgrund der Stauchung der Späne liegt die ideale Drehzahl für die Schneidplatte bei 33% der Schnittgeschwindigkeit (entsprechend der Spanabfuhrgeschwindigkeit), um den Freiflächenverschleiß zu verringern, der oft ein Problem bei der Bearbeitung schwer zu bearbeitender Werkstoffe mit geringer thermischer Leitfähigkeit darstellt. Die ersten rotierenden Zerspanungswerkzeuge

wurden durch den Schnittwiderstand gedreht, wodurch eine Kontrolle der Drehzahl unmöglich war. Die neuen rotierenden Zerspanungswerkzeuge haben viele Parameter, was es schwierig macht, die optimalen Schnittdaten zu finden. Auch wenn empfehlenswerte Bedingungen für die allgemeine Zerspanung ermittelt werden

konnten, ist es interessant, zu wissen, dass die optimale Werkzeugdrehzahl ein Drittel der Werkstückgeschwindigkeit ist, die für die ersten rotierenden Zerspanungswerkzeuge angenommen wurde. Derzeit werden angetriebene rotierende Zerspanungswerkzeuge entwickelt, die 2017 auf den Markt gebracht werden sollen.

INNOVATIVE ZERSPANUNG



(Links): Yuji Takada, Tsukuba Aero Group, Abteilung Luft- und Raumfahrt, beteiligt an der Entwicklung passiver rotierender Zerspanungswerkzeuge
 (Rechts): Wataru Takahashi, Advanced R&D Group, Machining Technology Center, Abteilung Forschung und Entwicklung, beteiligt an der Entwicklung angetriebener rotierender Zerspanungswerkzeuge

PROJEKT 2

Fräs Werkzeug mit passiv rotierenden Schneidplatten

Ermittlung der Kraft zur Eigenrotation der Schneidplatte

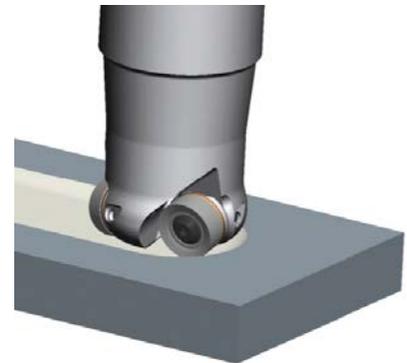
Bei der Entwicklung des neuen Fräasers mit passiv rotierenden Schneidplatten wurden die Erfahrungen genutzt, die bei den ersten Drehwerkzeugen mit selbstrotierender Schneidplatte entstanden sind. Seit der Markteinführung des ersten rotierenden Zerspanungswerkzeugs hat Mitsubishi Materials einen Mechanismus verwendet, bei dem die Schneidplatte durch den Schnittwiderstand in Rotation versetzt wird. Dieses Prinzip sollte jetzt auf ein Fräs Werkzeug übertragen werden. Aufgrund der Platzverhältnisse war es allerdings sehr schwierig, den Rotationsmechanismus des ersten rotierenden Zerspanungswerkzeugs bei einem Fräser einzusetzen.

Die zunehmende Verwendung schwer zu bearbeitender Werkstoffe in verschiedenen Industrien erforderte aber effizientere Bearbeitungen und längere

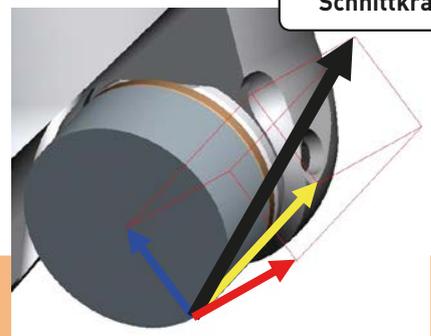
Werkzeugstandzeiten. Als sich vor ungefähr zehn Jahren das Potenzial von WSP, die sich während des Fräsens drehen, herauskristallisierte, leitete Mitsubishi Materials die Entwicklung von Werkzeugen in Zusammenarbeit mit der Universität von Nagoya und Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. ein.

Die erste Herausforderung bestand darin, den idealen Winkel zu finden, der die Schneidplatte mittels Schnittwiderstand rotieren lässt und die optimale Drehkraft sicherzustellen. Wenn der Schnittwiderstand zu gering ist, wird zu wenig Antriebskraft für das Drehen der Schneidplatte erzeugt. Ist er zu groß, führt dies bei der Bearbeitung zu Vibrationen und letztlich zu Schäden am Werkzeug oder der Schneidplatten. Es sollte der optimale Winkel gefunden werden.

Der Universität von Nagoya gelang es, diese Herausforderung zu meistern. Mithilfe komplexer Formeln konnten die Ingenieure den optimalen Winkel für die effektivste Rotation bestimmen. Dieses Mal reduzierte die theoretische Berechnung der optimalen Werte die Entwicklungszeit stark.



■ Mechanismus der Antriebskraft für die Drehung der WSP



- Teilkraft in Richtung Mitte Schneidplatte
 - Teilkraft tangential zum Schneidenradius
 - Teilkraft in Richtung Plattensitz
- ⇒ Antriebskraft





Bearbeitung



Das erste rotierende Drehwerkzeug

Bis zu 10-fache Standzeit!

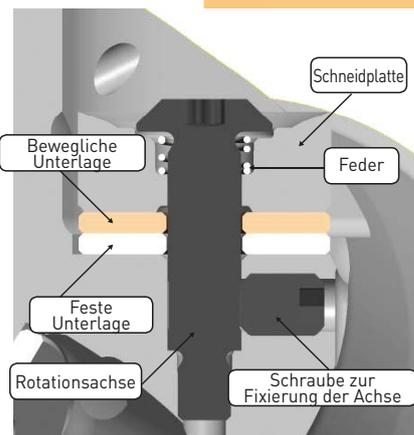
Die nächste, besonders anspruchsvolle Herausforderung bestand darin, die WSP auf extrem engem Raum unterzubringen. Es ging darum, einen Drehmechanismus zu entwickeln, der auf so engem Raum untergebracht werden konnte. Dazu musste das Spiel zwischen Schneidplatte und der Spannschraube optimiert werden, um den leichtgängigen Lauf der Schneidplatte bei der Bearbeitung sicherzustellen. Wenn dieses Spiel zu klein ist, klemmt der Mechanismus, ist es zu groß, kommt es zu Vibrationen. Darüber hinaus ist es wichtig, die richtige Spannschraubendicke für die Größe der WSP zu wählen. Nach wiederholten Tests wurde das Ziel durch die Anbringung einer Feder oberhalb der Spannschraube erreicht, nämlich die Entwicklung eines Drehmechanismus, der sowohl den idealen Freiraum als auch die erforderliche Stärke hatte. Gerade als das Problem mit dem Drehmechanismus gelöst wurde, zeichnete sich eine weitere Herausforderung ab. Der untere Bereich der WSP kam während der Rotation mit der Hartmetallplatte am Werkzeug in Berührung, was zu unregelmäßigem Verschleiß führte. Die Schneidplatte konnte durch die Rotation den Verschleiß

ausgleichen, aber die Hartmetallplatte, auf die die Schnittkraft einwirkte, wurde ungleichmäßig belastet, und die Belastung auf den Abschnitt unterhalb des Schneidwerkzeugs war hoch. Weil sowohl WSP als auch diese Schicht aus Hartmetall waren, mussten die Berührung und eine anhaltende Rotation unter Last zu unregelmäßigem Verschleiß führen. Als Lösung für dieses Problem wurde eine bewegliche Metallplatte zwischen dem WSP und der Hartmetallplatte als Puffer eingesetzt.

Der größte Vorteil von Werkzeugen mit rotierenden Schneidplatten ist die mannlose Bearbeitung ohne Plattenwechsel über längere Zeiträume hinweg. Außerdem, wie im Diagramm unten dargestellt, konnte eine Werkzeugstandzeit erzielt werden, welche die bisherige um das Acht- bis Zehnfache übertraf.

Dieses Fräswerkzeug mit passiv rotierenden Schneidplatten wird voraussichtlich 2017 auf den Markt kommen. Neben der Erweiterung der Größen der WSP ist auch die Entwicklung von Schneidwerkzeugen zum Schrägeintauchen geplant.

Aufbau des Rotationsmechanismus



Testergebnisse der Bearbeitung von hitzebeständiger Legierung



Schnittdaten:
ae = 18 mm

vc = 30 m/min.
Nassbearbeitung

fz = 0,1 mm
Werkstück: INCONEL®718

ap = 1,0 mm



和

Japanische *Shuriken*



Enshi Goju Yochō von Utagawa Kunisada.
Der Kampf eines Ninja, der sich in ein Haus schlich.

Was sind *Shuriken*?

Shuriken, wörtlich „in der Hand verstecktes Schwert“, ist eine spezielle Waffe, die traditionell von den *Ninja* verwendet wurde. Die *Samurai* lernten neben Speerwurf, Bogenschießen und Schwertkampf auch den Umgang mit dieser Waffe. Tokugawa Yoshinobu, der letzte Shogun der *Edo-Zeit*, ist für seinen meisterhaften Umgang mit *Shuriken* bekannt. Wann und wie *Shuriken* entwickelt wurden, ist unklar. Manche sind der Auffassung, dass sich *Shuriken* aus in der *Sengoku-Zeit* (1467-1568) verwendeten Waffen entwickelt haben, andere wiederum glauben, dass sie ihren Ursprung in Wurfaffen haben, die im Altertum von China

nach Japan gelangten. *Shuriken* können auf eine Entfernung von bis zu 15 Metern wirksam eingesetzt werden. Die kleinen schwarzen Waffen sind nur schlecht zu erkennen, sodass der Feind ihnen nur schwer ausweichen kann. Da sie nur tödlich wirken, wenn sie ihr Ziel in einer bestimmten Weise treffen, wurden *Shuriken* traditionell zur Ablenkung des Feindes verwendet, sodass der Krieger ihn mit seinem Schwert töten oder flüchten konnte; zum Teil wurden sie aber auch mit Gift bestrichen und geworfen, um dem Feind eine Fleischwunde zuzufügen. Es gibt zwei Arten von *Shuriken*, die *Bo-Shuriken* (bolzenförmig) und die *Shaken*

(sternförmig), und unterschiedliche Kampfkunstschulen verwendeten unterschiedliche Formen. Ihre Farbe war jedoch immer schwarz. Die schwarze Farbe entstand dadurch, dass man während des Aushärtungsprozesses Baumwolle auf die heißen *Shuriken* gab. Die Baumwolle verbrannte und verband sich mit dem Metall. Dies sorgte dafür, dass die *Shuriken* nicht nur schwerer erkennbar, sondern auch rostbeständig und bequem zu handhaben waren, und die durch dieses Verfahren erzeugte raue Oberfläche sorgte dafür, dass das aufgetragene Gift haften blieb.

Wer waren die *Ninja*?

Es gibt die Auffassung, dass die Anfänge der *Ninja* in der *Asuka-Zeit* vor circa 1400 Jahren liegen. Ursprünglich sollen sie Männer im Dienste des Prinzen Shotoku gewesen sein. Bekannt als *Shinobi* sammelten sie am kaiserlichen Hof Informationen. In historischen Dokumenten werden *Shinobi* in und nach der *Nambokucho-Zeit* (1336-1392) erwähnt. Der Begriff *Ninja* wurde circa 1955 geprägt.

Die Rolle der *Ninja* und ihre Wahrnehmung veränderten sich im Laufe der Zeit. Ihre zentrale Rolle war nicht die eines Kämpfers auf dem Schlachtfeld. Die *Shinobi* aus der *Sengoku-Zeit* dienten Feudalherren als Spione und hatten die Aufgabe, feindliches Gebiet zu infiltrieren und Informationen zu sammeln.

Ihre wichtigste Aufgabe war es daher, lebend zurückzukehren, was die *Ninja* veranlasste, sich eine Reihe von Fähigkeiten, darunter auch den Umgang mit *Shuriken*, anzueignen. Das gängige Bild vom *Ninja* ist das eines geräuschlosen Spions, der sich auf dem Dachboden versteckt und das unter ihm geführte Gespräch belauscht. Tatsächlich mischten sie sich in der Regel unter die örtliche Bevölkerung und trugen Informationen aus Gesprächen zusammen. Während der von Frieden geprägten *Edo-Zeit* (1602-1868) war es Hauptaufgabe der *Ninja*, so viele Informationen wie möglich über die politische Situation in den benachbarten Gebieten zu sammeln, um ihr eigenes Territorium und den eigenen Herrn zu schützen. Als die *Shinobi* gegen Ende der

Edo-Zeit allmählich verschwanden, tauchten in Romanen und anderen Unterhaltungsformaten sachlich falsche Darstellungen von *Ninja* auf. *Ninja* wurden häufig gezeigt, wie sie ihre geheimnisvollen Fähigkeiten zur Begehung von Diebstählen einsetzten. *Kabuki* (traditionelles japanische Theater) und *Ukiyoe* (Bilder aus dem Alltagsleben in der *Edo-Zeit*) zeigten *Ninja* oft in schwarzer Kleidung und mit *Shuriken* in der Hand, ein Bild, das die heutige Vorstellung von den *Ninja* stark prägte. *Ninja* bleiben geheimnisumwittert und wir müssen darauf warten, dass uns künftige Studien mehr Informationen zu diesen interessanten Figuren liefern.

Arten von **Shuriken**

Shuriken lassen sich in zwei Hauptarten unterteilen, die *Bo-Shuriken* (bolzenförmig) und die *Shaken* (sternförmig). *Bo-Shuriken* sind einfacher herzustellen und wirkungsvoller als *Shaken*.

Shaken gibt es wiederum in vielen verschiedenen Formen. *Shaken* sind beliebter als *Bo-Shuriken*, weil sie viele Klingen haben, und jede einzelne dieser Klingen dem Feind Verletzungen zufügen kann.



Oben rechts ist ein *Bo-Shuriken* abgebildet, die anderen abgebildeten Waffen sind *Shaken* in verschiedenen Formen.

Wie werden **Shuriken** gehalten und genutzt?

Wie werden **Shuriken** gehalten?

Shuriken werden je nach Situation unterschiedlich gehalten. Die Art ihres Gebrauchs ist nicht fest vorgeschrieben. Sie sind darauf ausgelegt, ein Ziel unabhängig von der Wurfweise zu treffen.

[*Bo Shuriken*]

[*Kurumaken*]



Beispiel 1



Beispiel 2



Beispiel 3

Wie werden **Shuriken** geworfen?

[*Hon-uchi* (Klassischer Wurf)]

Die klassische *Shaken*-Wurftechnik. Der Arm wird in einer schwingvollen Bewegung von oben nach unten geführt.



Wurfposition



Der *Shuriken* wird direkt auf das Ziel geworfen.

[*Yoko-uchi* (Seitwärts-Wurf)]

Die Waffe wird aus einer Seitwärtsbewegung heraus abgeworfen. Diese Technik wird häufig in Mangas dargestellt; ihre Durchführung ist jedoch beinahe unmöglich. Der *Shuriken* muss fest in der Hand gehalten werden, um ihn kraftvoll abwerfen zu können.

[*Wie werden Shuriken getragen?*]

Shuriken wurden in einem um die Hüften gebundenen Hirschleder-Beutel getragen. Einige *Shuriken* wurden auch in einer versteckten Brusttasche mitgeführt, um sich bei einem feindlichen Angriff zu schützen und die Waffe stets griffbereit zu haben.

Anmerkung der Redaktion

Die Veröffentlichung des MMC Magazins, Band 5, wurde durch die Mitwirkung zahlreicher talentierter und engagierter Personen ermöglicht und ich möchte all jenen, die sich zu einem Interview bereit erklärt haben, herzlich danken.

Als Fortsetzung zu Band 1 fokussiert diese Ausgabe auf die Luftfahrtindustrie. Innovative Werkstoffe und Verarbeitungstechnologien werden vom Flugzeugbau umfassend genutzt und wir bieten Ihnen Interviews mit Experten, die im Bereich der Fertigung von Flugzeugteilen arbeiten. Ich hoffe, dass wir Ihnen mit diesen Interviews die spannende und facettenreiche Welt der Fertigung sowie die Freude an der Fertigung näher bringen können. Diese Ausgabe enthält zudem einen Sonderbericht zu einem neuen Werkstoff, CFK. CFK ist heute weitverbreitet, wurde jedoch in langjähriger Arbeit und mit tatkräftiger Unterstützung japanischer Hersteller entwickelt. Außerdem hoffe ich, dass diese Ausgabe dabei hilft, das Potenzial und den Wert einer Tätigkeit in der Luftfahrtindustrie zu vermitteln und die Entwicklung dieses ständig wachsenden Sektors in Japan und auf der ganzen Welt zu fördern.

Yutaka Nada
Chefredakteur

Your Global Craftsman Studio Band 5
By Business Strategy Dept.
Advanced Materials & Tools Company
Mitsubishi Materials Corporation

*Ohne entsprechende Genehmigung sind Kopien oder Vervielfältigungen der Inhalte dieses Magazins einschließlich der Texte und Fotos untersagt.

Die Spitze der **Shuriken**

1. Waffe der *Ninja*.

Die *Ninja* trugen neben den *Shuriken* noch zahlreiche andere Waffen. Eine davon war die Kettensichel, eine kompakte Waffe, die man leicht in einer Hand halten konnte. Sie wurde in einer Tasche versteckt, sodass sie immer griffbereit war.



Mitwirkung: Ninja-MUSEUM Igaryu

2. Dienten historische Figuren als *Ninja*?

Von einigen historischen Figuren wird gesagt, dass sie *Ninja* waren. So glauben manche beispielsweise, dass Matsuo Basho, der Autor von *Oku no Hosomichi*, der durch ganz Japan zog, und Ishikawa Goemon, eine Art Robin Hood, der die Reichen bestahl und die Beute an die Armen verteilte, *Ninja* waren. Das ist gut möglich und bei vielen anderen Personen ist ebenfalls denkbar, dass sie *Ninja* waren.



3. *Ninja* trugen keine schwarze Kleidung.

Ninja werden von uns gemeinhin in schwarzer Kleidung abgebildet, doch in *Shoninki*, einem von drei Büchern über die Geheimnisse der *Ninja*-Künste, wird die Kleidung der *Ninja* als dunkelbraun oder auch dunkelblau beschrieben. Vor der Erfindung der Elektrizität musste Kleidung nicht schwarz sein, um nachts möglichst unerkannt zu bleiben.





Mitsubishi Materials ist nicht nur ein Werkzeughersteller

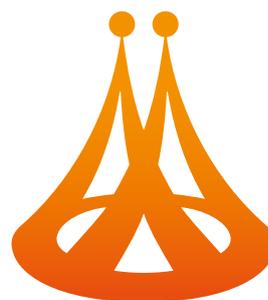
Wir setzen uns ununterbrochen dafür ein, umgehend auf die Wünsche unserer Kunden mit Professionalität und Engagement einzugehen und um einen aktiven Beitrag zu deren Erfolg zu leisten.

Unser Ziel ist es, der weltweit führende Werkzeughersteller zu werden, der Kunden im Rahmen des Craftsman-Studio-Services einzigartige Dienstleistungen mit Mehrwert bietet.

Bei uns können Kunden: modernste Technologien und Produkte entdecken, von Lösungen profitieren – jederzeit und an jedem Ort der Welt, unsere Begeisterung für die neuesten Technologietrends und Produktinnovationen teilen.

In diesem Studio denken, teilen, erschaffen und entwickeln wir gemeinsam mit unseren Kunden spannende Lösungen, die Kundenerwartungen übertreffen.

YOUR GLOBAL CRAFTSMAN STUDIO
 MITSUBISHI MATERIALS



YOUR GLOBAL CRAFTSMAN STUDIO

Die Bedeutung unseres Markenzeichens

Unser neues Markenzeichen zeigt Menschen, die im Kreis stehen und sich an den Händen halten. Der Kreis symbolisiert die Erde. Die Menschen, die einander an den Händen halten, repräsentieren unseren Wunsch, mit unseren Kunden weltweit zusammenzuarbeiten und gemeinsam zu wachsen. Die Form des Logos schließt eine Reihe von Bildern und Ideen ein. Dazu gehört das Bild der Schneidwerkzeuge in Verbindung mit dem Buchstaben M im Markennamen Mitsubishi Materials. Zugleich wird eine Fackelflamme abgebildet, die unsere Leidenschaft für Leistung, Qualität und fachliche Kompetenz symbolisiert.

 **MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION**

