

# YOUR GLOBAL CRAFTSMAN STUDIO



**SIĘGNAĆ NIEBA**

*Wyzwania związane  
z przemysłem lotniczym*

# Nr 5: Artykuły

YOUR GLOBAL CRAFTSMAN STUDIO



## 3-8

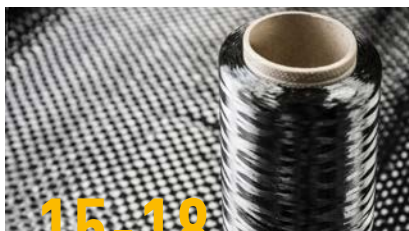
### RZUT OKA na RYNEK PRZEMYSŁ LOTNICZY



## 13-14

### HISTORIA MITSUBISHI

Główny zakład produkcyjny w sercu Tokio  
- Zakład w Tokio -



## 15-18

### Z ARCHIWUM TECHNIKI

Zmieniać świat dzięki nowym materiałom  
Pięćdziesiąt lat kompozytów CFRP



## 9-12

### NAJWAŻNIEJSZA jest WYDAJNOŚĆ

Firma IHI Corporation - Zakłady produkcji silników lotniczych nr 2 w Soma



## 19-22

### FACHOWCY ZABIERAJĄ GŁOS

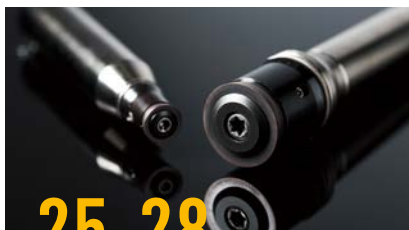
Wiertła do obróbki kompozytów CFRP Seria MC  
Opracowywanie nowych materiałów



## 23-24

### O NAS

Centralny Instytut Badawczy  
Dział folii i powłok cienkowarstwowych  
Baza naukowa wspierająca dział lotniczy w opracowywaniu materiałów i powłok



## 25-28

### PRZEŁOMOWE TECHNOLOGIE

Nowa generacja narzędzi obrotowych



## 29-30

### WA

Japońskie shurikeny

## SŁOWO WSTĘPNE



**Fumio Tsurumaki**

Dyrektor Zarządzający Mitsubishi Materials Corporation  
Prezes Advanced Materials & Tools Company

Pojawiające się ciągle nowe materiały są dla producentów narzędzi niczym piętrząca się wysoka góra, na którą nieustannie trzeba się wspinać. Materiały te są coraz lżejsze i bardziej wytrzymałe, są też wykorzystywane w coraz to nowych zastosowaniach. Kadłub i silnik samolotu to przykładowe miejsca, w których można znaleźć najbardziej zaawansowane technicznie materiały. Naszym celem jest współpraca z klientami w przemyśle lotniczym, gdyż pragniemy zdobywać szczyty tych niezwykle wymagających gór piętrzących się przed nami, szczyty nowych technologii obróbki. Do tego potrzeba siły naszej woli, potencjału oraz zdolności szybkiej i dokładnej oceny, a także podjęcia skutecznych działań w celu pokonania przeszkód,

które napotykamy na tej drodze. Oznacza to również, że musimy mieć niezbędne zasoby, takie jak produkty, technologie obróbki i zdolności produkcyjne, a odpowiedni potencjał oznacza zapewnienie środków finansowych i zasobów ludzkich. Dopiero wtedy, gdy wszystko to mamy do swej dyspozycji, możemy planować nasz marsz. Dopiero wtedy i tylko wtedy producent wraz z klientem może podjąć to ambitne wyzwanie i wyruszyć w drogę na sam szczyt.

Jestem przekonany, że czasopismo Mitsubishi Materials będzie nadal miejscem wymiany wiedzy, tymczasowego schronienia i dzielenia się radością po osiągnięciu szczytu.





# Być najlepszym partnerem sukcesu naszych klientów

Dziękuję za zainteresowanie piątym numerem Your Global Craftsman Studio.

Postęp techniczny dokonuje się niezwykle szybko w całej gospodarce, a przemysł lotniczy, któremu poświęcony jest ten numer, nie jest wyjątkiem. Dotrzymanie kroku innowacjom wymaga od producentów narzędzi opracowania technologii obróbki nowych materiałów takich, jak stopy aluminiowo-litowe i kompozyty na osnowie ceramicznej (CMC).

Aby odpowiedzieć na zapotrzebowanie ze strony klientów wykorzystujących nowatorskie materiały, należy przewidywać ich potrzeby i koncentrować się na komercjalizacji produktów, które spełniają te wymogi, a nawet je przewyższają. Wykraczanie poza ograniczenia, dla stworzenia idealnych produktów i usług zaspokajających potrzeby klientów, prowadzi do efektów przekraczających naszą wyobraźnię. Dlatego producenci narzędzi muszą wybierać cele i koncentrować się na działaniach, które skutecznie służą realizacji potrzeb klientów. Firma Mitsubishi Materials ukierunkowała swe działania na potrzeby każdej branży, w której działa, a Dział Lotniczy któremu poświęcamy ten numer, jest tego doskonałym przykładem.

Aby stać się rzeczywistym partnerem danego klienta, należy pogłębić wzajemne zrozumienie i postawić na bezpośrednią współpracę z nim podczas realizacji produktu. Bliski kontakt stał się faktem dzięki utworzeniu pięciu centrów technicznych, świadczących wsparcie techniczne naszym klientom na całym świecie. Sieć ta obejmuje także Centrum Techniczne na Japonię Środkową w Gifu. Utworzenie tego centrum pozwala nam świadczyć szerszy zakres usług dla klientów z zachodniej Japonii oraz klientów z branży lotniczej i motoryzacyjnej w środkowej Japonii; dla zapewnienia globalnego zasięgu, pragniemy dalej rozbudowywać i doskonalić naszą sieć centrów technicznych.

Pragnąc zapewnić klientom jeszcze atrakcyjniejszą ofertę wyrobów z węglików spiekanych, w maju 2017 roku wprowadziliśmy nową markę - DIAEDGE. Pragniemy dalej prowadzić prace badawczo-rozwojowe nad produktami zaawansowanymi technicznie, których symbolem jest nasza nowa marka, aby dać wyraz naszej ekscytacji i entuzjazmu w dążeniu do doskonałości. Jesteśmy przekonani, że nasze czasopismo "Your Global Craftsman Studio" dalej będzie służyło jako miejsce, w którym przybliżamy

Państwu jedne z najlepszych na świecie produkty z węglików spiekanych.

Mitsubishi Materials wciąż wspiera wspólne wysiłki pracowników w całej firmie, służące zwiększeniu szybkości świadczonych usług, polegających na dostarczaniu skutecznych rozwiązań klientom. Naszym celem jest zapewnienie najlepszej technologii, produktów i zasobów ludzkich dla wsparcia sukcesu naszych klientów.

Shinichi Nakamura  
Dyrektor Zarządzający  
Mitsubishi Materials Corporation  
Wiceprezes  
Advanced Materials & Tools Company



**YOUR GLOBAL CRAFTSMAN STUDIO**

# RZUT OKA na RYNEK PRZEMYSŁ LOTNICZY



AIRBUS A320neo jest w eksploatacji od 2016 roku.

BOEING 737MAX po raz pierwszy wzniósł się w powietrze w 2017 roku.

## Konkurencyjność w globalnym przemyśle lotniczym

Oba nowe modele są przyjazne dla środowiska.

### Duży popyt sprzyja rozwojowi branży.

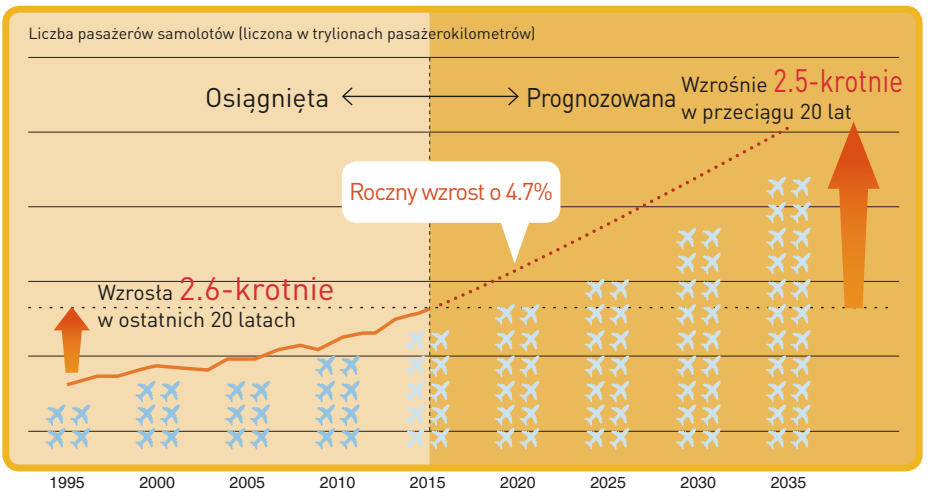
W związku z dużym naciskiem ze strony gospodarek wschodzących, roczny wskaźnik wzrostu liczby pasażerów samolotów na całym świecie ma się utrzymać na stałym poziomie 5%. Pod koniec 2016 roku całkowity udział rynkowy dwóch dużych producentów: AIRBUS (Europa) i BOEING (USA), szacowany na podstawie liczby potwierdzonych zamówień wynosił 85%. W najbardziej zaludnionych krajach świata takich, jak

Chiny i Indie bardzo popularne są niewielkie, wąskokadłubowe samoloty krótko- i średniodystansowe na ok. 150 miejsc. AIRBUS i BOEING co roku dostarczają na rynek ok. 1 000 małych samolotów. Regionalne samoloty odrzutowe na około 100 miejsc są produkowane przez dwie główne firmy: EMBRAER (Brazylia) i BOMBARDIER (Kanada), jednak na rynek planuje wejść SUCHOJ (Rosja), COMAC (Chiny) i Mitsubishi Aircraft

[JAPONIA], co zwiększy konkurencję. Poza tym, silniki montowane w samolotach pasażerskich, opracowane w XXI wieku są bardziej przyjazne dla środowiska, charakteryzują się niską emisją hałasu i wysoką efektywnością zużycia paliwa. Przewidywany wzrost branży lotniczej będzie napędzał rozwój i zmiany w branży obróbkowej, otwierając nowe możliwości i stwarzając nowe wyzwania.

Popyt na samoloty pasażerskie na świecie rośnie w tempie 5% rocznie.

Źródło: Japan Aircraft Development Corporation




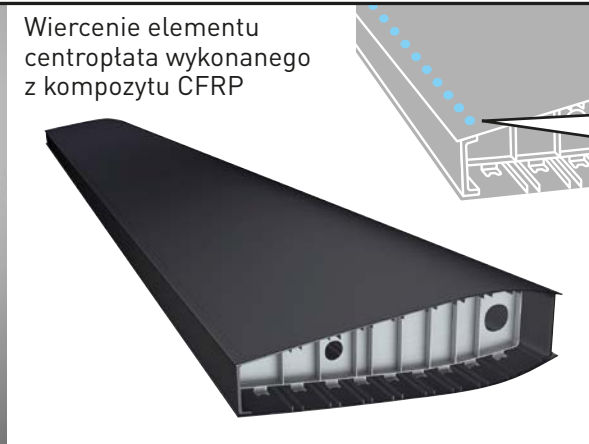


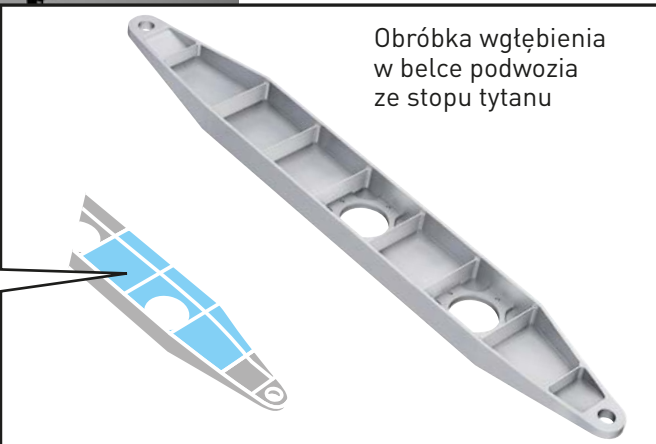


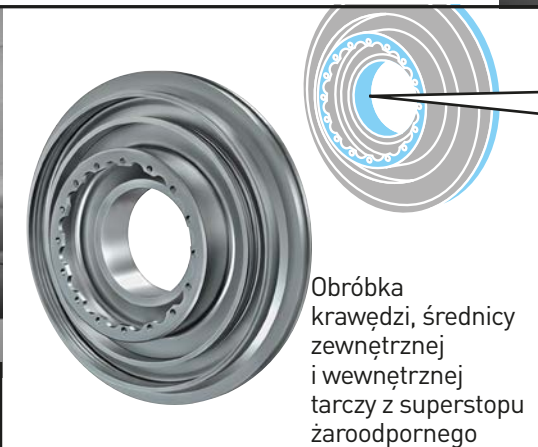



# Producent narzędzi skrawających czyni postępy w opracowaniu nowych materiałów dla ciągle rozwijającego się rynku lotniczego

Zwiększony popyt rynkowy na odrzutowce pasażerskie powoduje, że firmy produkujące części do nich są obciążone bardziej niż kiedykolwiek, co zmusza je do zwiększania wydajności. Odrzutowiec pasażerski składa się z ponad 3 mln części. Aby osiągnąć jak najwyższą

oszczędność paliwa, opracowano lżejsze, bardziej wytrzymałe, odporniejsze na korozję materiały kadłuba i podwozia, w silnikach natomiast stosuje się materiały wytrzymujące wysokie temperatury. W ostatnich latach zanotowano znaczny postęp w zakresie materiałów stosowanych

w produkcji samolotów. Normą stało się zastosowanie coraz bardziej wytrzymałych stopów żaroodpornych, stopów tytanu, stopów aluminium, jak również materiałów kompozytowych, np. CFRP. Ponieważ wszystkie te nowe materiały są trudne do obróbki, producenci narzędzi skrawających we współpracy z producentami samolotów i obrabiarek, prowadzą prace badawczo-rozwojowe nad opracowaniem wysokowydajnych, wysokodokładnych i wysokojakościowych metod obróbki.

<p><b>Kadłub</b></p> 	<p>Wiercenie elementu centropłata wykonanego z kompozytu CFRP</p> 	 <p>Wiertło z powłoką diamentową</p>
 <p>Frez trzpieniowy z wymienną głowicą</p>	<p>Obróbka wgłębienia w belce podwozia ze stopu tytanu</p> 	<p><b>Podwozie</b></p> 
<p><b>Silnik odrzutowy</b></p> 	<p>Obróbka krawędzi, średnicy zewnętrznej i wewnętrznej tarczy z superstopu żaroodpornego</p> 	<p>Płytki do toczenia materiałów trudnoobrabialnych</p> 



**Konkurencyjność w globalnym przemyśle lotniczym**

RZUT OKA na RYNEK

## PRZEMYSŁ LOTNICZY

## Dział lotniczy przepustką do rynku globalnego

## Globalna sieć Mitsubishi Materials

Duża ilość zamówień przychodzących z całego świata przyspieszyła rozwój komercyjnego przemysłu lotniczego. Aby umożliwić klientom dostęp do produktów i usług o najwyższej jakości, na jesieni 2016 roku w Mitsubishi

Materials utworzono Dział Lotniczy. Dla zapewnienia szybkiej i kompleksowej reakcji na potrzeby klientów, nowy dział w Japonii posiada także przedstawicielstwa w Europie i USA. Ponadto, celem opracowania innowacyjnych technologii obróbki

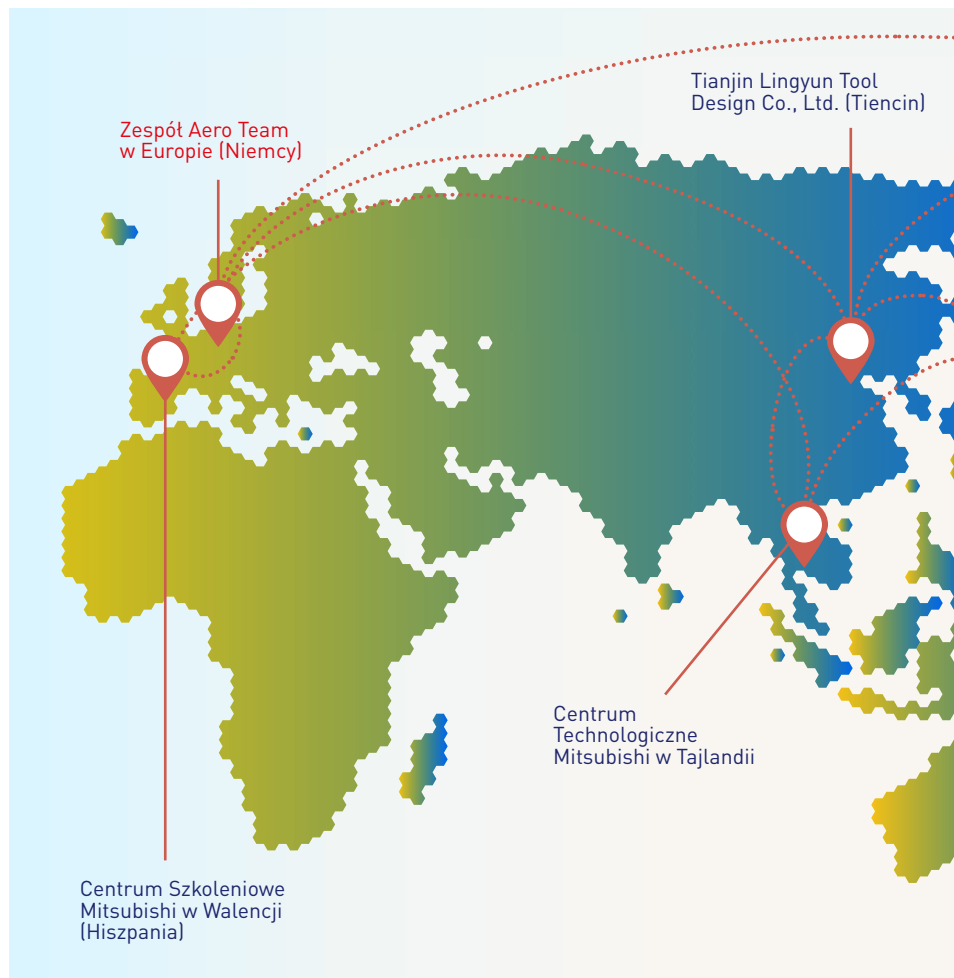
skrawaniem, nawiązano ścisłą współpracę z sześcioma ośrodkami technicznymi w Japonii, Europie i USA oraz uniwersytetami i ośrodkami badawczymi w kraju i za granicą.

## EUROPA

## Praca zespołowa przekracza granice państw

Baza produkcyjna narzędzi skrawających obejmuje biura handlowe Mitsubishi Materials w Europie, Rosji i Turcji, a także centrum techniczne MTEC w Hiszpanii. Zespół Aero Team utworzony w MMC HARTMETALL GmbH (Niemcy) na stałe współpracuje z personelem technicznym w Anglii, Francji, Włoszech, Hiszpanii i wielu innych krajach, aby oferować najbardziej zaawansowane technicznie rozwiązania dla producentów związanych z branżą lotniczą.

W 2014 roku Mitsubishi Materials przystąpiła do Centrum Badawczego Advanced Manufacturing Research Center (AMRC). Do centrum AMRC przystąpiło dotąd wielu producentów z branży lotniczej z całego świata, aby współuczestniczyć w pracach badawczo-rozwojowych i testach technologii wytwarzania nowej generacji, a rola Mitsubishi Materials w wielu projektach AMRC jest wysoko oceniana. Poza tym, Mitsubishi Materials bierze aktywny udział w wielu światowej klasy wystawach branżowych, np. w organizowanym co dwa lata Salonie Lotniczym w Paryżu i Międzynarodowym Salonie Lotniczym w Farnborough (Anglia).



Akira Osada  
Dyrektor Generalny Działu Lotniczego.  
Advanced Materials & Tools Company  
Mitsubishi Materials Corporation

## Rozwiązania Mitsubishi Materials

Aby szybko dostarczać kompletne rozwiązania (produkty i usługi) dla swych klientów branży lotniczej, w Mitsubishi Materials utworzono Dział Lotniczy. Pół roku minęło od momentu utworzenia tego działu, który zajmuje się dostarczaniem klientom specjalistycznych rozwiązań, technologii i produktów najwyższej jakości. Przez dążenie do wspierania rozwoju,

firma Mitsubishi wyraża przekonanie, że kontynuując te działania i patrząc z perspektywy klienta, utrzyma pozycję specjalisty, fachowca i będzie dostarczać rozwiązania przyczyniające się do rozwoju branży lotniczej.

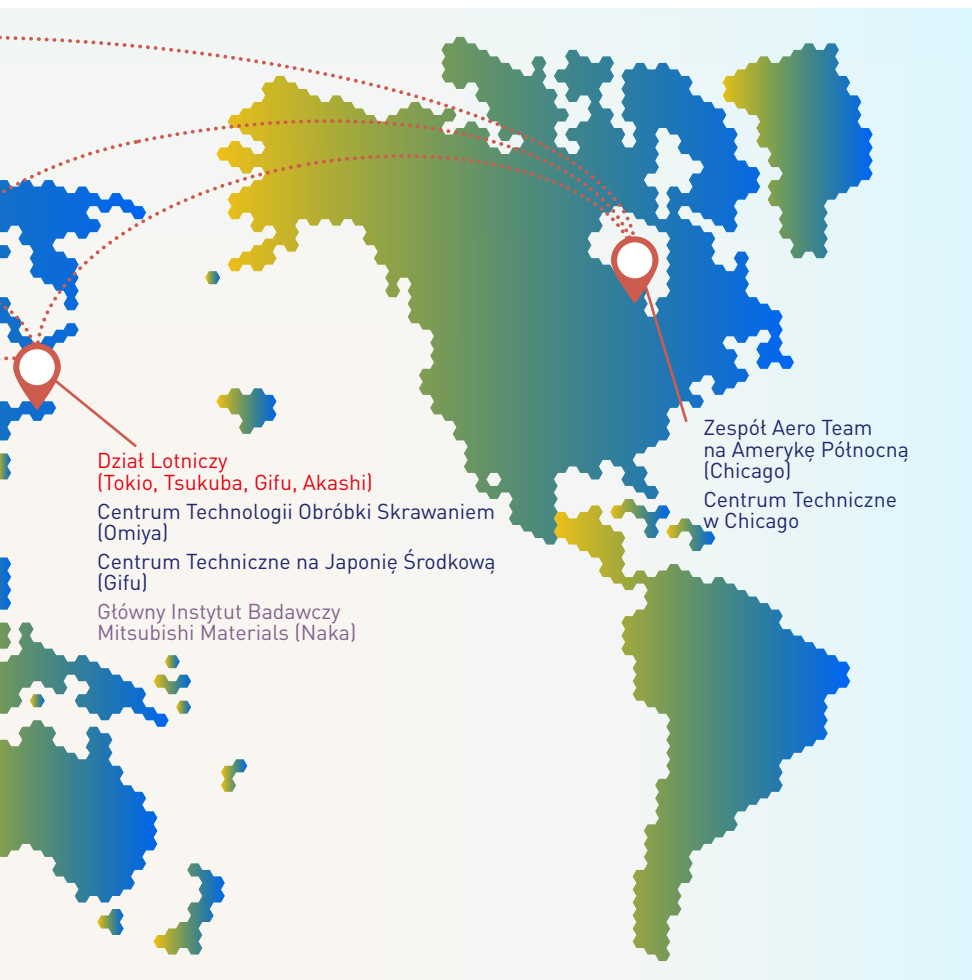
**JAPONIA**

## Elita specjalistów obróbki skrawaniem odgrywa aktywną rolę na scenie globalnej

Dział Lotniczy obejmuje wiele funkcji, które są niezbędne dla osiągnięcia sukcesu. Składa się na to rozwój marketingu, projektowanie i wykonanie prototypów w ośrodkach miejscowych, pod nadzorem specjalistów z głównej siedziby w Tokio, aby szybko i kompleksowo sprostać wymogom klientów z Japonii, Europy i USA, a także z szybko rozwijających się rynków Azji. Otwarte w czerwcu 2017 r. Centrum Technologii Obróbki Skrawaniem w Omiya i Centrum Techniczne na Japonię Środkową w Gifu szczytują się najnowocześniejszymi, m.in. 5-osiowymi,

wielozadaniowymi obrabiarkami oraz urządzeniami pomiarowymi i analitycznymi, umożliwiającymi przeprowadzanie różnorodnych testów. Personel tych obu ośrodków współpracuje z innymi ośrodkami technicznymi na całym świecie, codziennie doskonaląc swe specjalistyczne technologie. Od utworzenia w 2013 r., personel centrum aktywnie współpracuje z ośrodkami uniwersyteckimi. Oprócz tego uczestniczy w projekcie Wspólnego Centrum Badawczego Innowacji Produkcyjnych (CMI) Instytutu Nauk

Przemysłowych Uniwersytetu Tokijskiego, wspieranym przez Ministerstwo Gospodarki, Handlu i Przemysłu. Te poszukiwania nowych technologii we współpracy z instytucjami badawczymi, producentami obrabiarek i Głównym Instytutem Badawczym Mitsubishi Materials (Naka) przyczyniają się do rozwoju unikatowych, zaawansowanych technicznie narzędzi skrawających. Jako ważny partner, Dział Lotniczy kontynuuje działania zmierzające do zwiększenia wydajności klientów z branży lotniczej.



**USA**

## Wysoki stopień specjalizacji w głównej branży przemysłu

Przemysł lotniczy jest jedną z głównych branż przemysłu USA. Ten ogromny rynek obejmuje wielu producentów - od dużych do małych. Mitsubishi Materials U.S.A. posiada główną siedzibę w Los Angeles, Dział marketingu i Centrum Techniczne w Chicago, a w sąsiednich stanach dwa zakłady produkujące narzędzia skrawające i zaopatrujące klientów. Ostatnio wzrosło zapotrzebowanie na wysokowydajną obróbkę dużych elementów konstrukcyjnych wykonanych z tytanu i stopów aluminium. Zespół Aero Team na Amerykę Północną oferuje atrakcyjne i skuteczne rozwiązania wykorzystujące wysoko wyspecjalizowaną wiedzę techniczną. Dzięki swej rozległej globalnej sieci, Mitsubishi Materials może zapewnić szybką obsługę zakładów produkcji lotniczej na całym świecie. Aktywnie również rozszerzany współpracę z instytucjami badawczymi specjalizującymi się w technologiach obróbki skrawaniem nowej generacji.



Artykuł specjalny

### Konkurencyjność w globalnym przemyśle lotniczym



**RZUT OKA na RYNEK PRZEMYSŁ LOTNICZY**



# Nowe Centrum Techniczne utworzono w Japonii środkowej, obsługujące przemysł lotniczy i motoryzacyjny.

Obiekty tego Centrum, to inwestycja o wartości 15 mld jenów, zlokalizowana na terenie zakładów w Gifu. Oferują one atrakcyjne możliwości, m.in. komputerowe systemy CAD/CAM/CAE, testy na różnych obrabiarkach i efektywne wsparcie techniczne. Centrum obejmuje również szeroko znaną Akademię Obróbki Skrawaniem, której motto brzmi: "Your Global Craftsman Studio, for You and the World".

Oprócz Centrum Technologii Obróbki Skrawaniem w Saitama, obsługującego Japonię wschodnią, Mitsubishi Materials posiada sześć centrów technicznych w USA, Hiszpanii, Chinach i Tajlandii. Nowo utworzone Centrum Techniczne na Japonię Środkową pełni rolę drugiej bazy w Japonii, świadcząc szeroki zakres usług dla klientów w Japonii zachodniej oraz zakładów branży lotniczej i motoryzacyjnej zlokalizowanych w centrum kraju.

Przy opracowaniu nowych technologii obróbki skrawaniem we współpracy z klientami, Centrum Technologii Obróbki Skrawaniem w Saitama wykorzystuje najbardziej zaawansowany park maszynowy i innowacyjne materiały. Jednocześnie, nowoczesne wyposażenie nowo utworzonego Centrum Technicznego na Japonię Środkową daje możliwość pełnienia roli głównego ośrodka świadczącego usługi techniczne dla szerszego grona klientów, z wykorzystaniem bogatej wiedzy i kompetencji.

Centrum Techniczne na Japonię Środkową posiada 10 obrabiarek, w tym wysokodokładne centra obróbcze, obrabiarki wielozadaniowe i automaty tokarskie, umożliwiające przeprowadzanie analizy CAE i symulacji CAM w warunkach zbliżonych do warunków w zakładzie klienta. Oprócz propozycji strategii obróbki dla wyrobów gotowych, symulowane są warunki obróbki, które pozwalają przewidywać potrzeby indywidualnych klientów i analizować je w realnych warunkach. Dla klientów przeprowadzane są także symulacje wyników testów. Poza tym, możemy obrabiać materiały trudne w obróbce za pomocą standardowych narzędzi, celem opracowania narzędzi specjalnych, spełniających indywidualne potrzeby klientów i udzielać wsparcia w zakresie najbardziej efektywnego wykorzystania narzędzi.

Centrum Technologii Obróbki Skrawaniem i Centrum Techniczne na Japonię Środkową współpracują z szeregiem krajowych i zagranicznych ośrodków technicznych, celem zapewnienia szybkich i skutecznych rozwiązań dostosowanych do indywidualnego klienta, w każdym miejscu i czasie. Promowany jest otwarty model innowacyjny we współpracy z uczelniami wyższymi i innymi instytucjami w celu badań i rozwoju przyszłościowych technologii obróbki skrawaniem. Od czerwca 2016 r. w Centrum Technologii Obróbki Skrawaniem prowadzono kurs Akademii Obróbki Skrawaniem dotyczący technologii (podstawowe i zaawansowane teorie obróbki skrawaniem) dla wielu branż, uszkodzeń narzędzi, diagnozowania

problemów i usprawniania linii produkcyjnych z wykorzystaniem urządzeń pomiarowych i analitycznych. Planowane jest oferowanie identycznych usług przez Centrum Techniczne na Japonię Środkową, celem umożliwienia kształcenia specjalistów potrafiących przekazać najbardziej zaawansowane technologie obróbki i wiedzę specjalistom klientów Mitsubishi Materials.

Rozwiązania są analizowane, opracowywane i udostępniane klientom. Ma to na celu dostarczenie najlepszych rozwiązań i usług dla indywidualnego klienta, wsparcia ich działalności i zapewnienia sukcesu. Mitsubishi Materials jest specjalistyczną firmą produkcyjną, wybieraną przez coraz więcej klientów.

**■ Funkcje Centrum Technicznego**





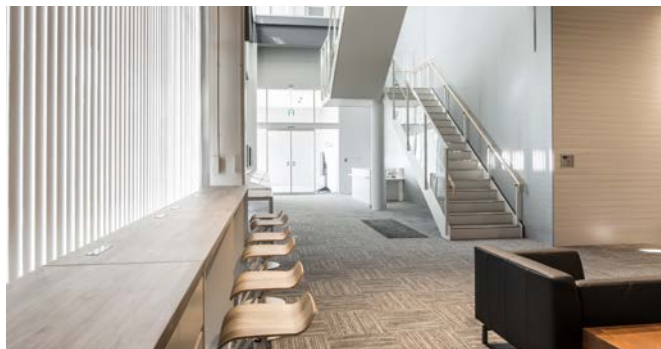
## HALA OBRABIAREK



## SALA WYKŁADOWA



## HOL, RECEPCJA



Konkurencyjność w globalnym przemyśle lotniczym



**NAJWAŻNIEJSZA**  
jest WYDAJNOŚĆ

# IHI Corporation Zakłady produkcji silników lotniczych nr 2 w Soma

Prace nad nową technologią,  
celem przygotowania do zwiększenia  
produkcji silników lotniczych

Zakłady produkcji silników lotniczych nr 2 firmy IHI Corporation w Soma produkują ponad 3 500 części do silników lotniczych, m.in. rotory, tarcze z topatkami i koła zębate. Zakład produkuje szeroką gamę wyrobów w małych seriach, wyposażony jest w 700 obrabiarek, realizujących ponad 100 000 procesów produkcyjnych. W tym artykule koncentrujemy się na najnowocześniejszej hali produkcyjnej, produkującej na potrzeby przemysłu lotniczego.

## Jako wiodąca firma w zakresie produkcji silników lotniczych w Japonii

IHI Corporation prowadzi działalność w czterech obszarach: "Zasoby, energia i środowisko", "Infrastruktura spoteczna, obiekty morskie", "Systemy przemysłowe, maszyny ogólnego przeznaczenia" i "Silniki lotnicze, sprzęt kosmiczny, wojskowy". Nasza działalność w zakresie produkcji silników lotniczych stanowi od 50 do 70% całości naszej

produkcji w Japonii. IHI jest głównym wykonawcą, produkującym większość samolotów na zamówienie japońskiego ministerstwa obrony. Brałiśmy także udział w międzynarodowych wspólnych projektach rozwojowych dotyczących szerokiej gamy silników do samolotów komercyjnych poprzez rozwój, produkcję i dostawę modułów

i części. Ponadto, zgromadzona przez nas wiedza w zakresie projektowania i produkcji silników, jest wykorzystywana w konserwacji i naprawach, które cieszyły się uznaniem wielu klientów, w tym zagranicznych linii lotniczych, które zlecają IHI konserwację.

## Zakłady produkcji silników lotniczych Nr 2 w Soma szczycą się najbardziej zaawansowanym technicznie wyposażeniem

IHI zajmuje się produkcją, montażem i konserwacją silników lotniczych w czterech zakładach: Kure Aero-Engine & Turbo Machinery Works (w mieście Kure, prefektura Hiroshima), Mizuho Aero-Engine Works (Mizuho-cho, Tokio),

Zakłady Nr 1 i Nr 2 w Soma (w mieście Soma w prefekturze Fukushima). Zakład IHI w Soma, największy zakład IHI, znajduje się w miejscowości Onodai, w prefekturze Fukushima, 10 km od wybrzeża Pacyfiku.

Zakłady Nr 1 w Soma zostały utworzone w 1998 roku jako czwarta baza produkcyjna silników lotniczych, sprzętu kosmicznego i wojskowego, po częściowym przeniesieniu produkcji części do silników lotniczych z zakładu w mieście Tanashi. W 2006 roku do zakładów Nr 2 w Soma przeniesiono pozostałe funkcje zakładów w Tanashi. W zakładzie tym instalacje elektryczne i sprężonego powietrza zasilające poszczególne urządzenia, są prowadzone wzdłuż dźwigarów budynku. Pozwala to na swobodne rozmieszczenia urządzeń, zapewniające elastyczne dostosowanie do potrzeb. Zakład jest czysty, nie unosi się w nim zapach chłodniwa, co pozwala robotnikom pracować w komforcie.







[Od lewej do prawej] Ryoji Takahashi: dyrektor generalny; Masayoshi Ando: inżynier; Hatsuo Okada: kierownik  
Dział technologii produkcji, Zakład silników lotniczych Nr 2 w Soma, obszar biznesu: silniki lotnicze, sprzęt kosmiczny i wojskowy

## Asortyment produktów do obróbki części do silników samolotowych Wytrwałość w opracowywaniu nowych technologii obróbki skrawaniem

Spodziewany rozwój przemysłu lotniczego przyczyni się do wzrostu popytu na przyjazne dla środowiska silniki lotnicze. Istnieje zainteresowanie produkcją w Zakładzie silników lotniczych Nr 2 w Soma, w którym produkowane są części turbin niskoprężnych. W artykule niniejszym prezentujemy wywiad przeprowadzony w dziale technologii produkcji zakładu silników lotniczych Nr 2 w Soma - Ryoji Takahashim, dyrektorem generalnym, Masayoshi Ando, inżynierem i Hatsuo Okada, kierownikiem.

### W jakim stopniu atuty zakładu przyczyniają się do dużego udziału rynkowego IHI?

**Takahashi:** "IHI ma wieloletnie doświadczenie i bogatą wiedzę w zakresie produkcji i montażu części do silników lotniczych. Naszą specjalnością są wały i części do turbin niskoprężnych, które cieszą się wysokim uznaniem naszych klientów. Nasza firma rozwijała się dzięki kontraktom dla Ministerstwa Obrony, jednak rośnie udział silników do samolotów komercyjnych w naszej sprzedaży. Oprócz tego IHI jest jedną z niewielu firm, która dysponuje szerokimi umiejętnościami i technologią niezbędną do realizacji całego procesu produkcji silników.

### Czy może nam pan powiedzieć o asortymencie produktów do obróbki części silników lotniczych?

**Takahashi:** "Wiele części wchodzących w skład silników lotniczych jest wykonanych z lekkich, ale bardzo wytrzymałych, trudnych do obróbki materiałów, przy czym wymagana dokładność obróbki większości z nich wynosi 0.01 mm. Nasze w pełni kontrolowane procesy produkcyjne zapewniają produkcję wysokiej jakości części.

Produkcja silników wymaga przeprowadzania testów obróbki narzędziami i oceny wyników, które są zwykle wykonywane przez dłuższy okres czasu, przed ostatecznym wyborem technologii. Po wprowadzeniu, zmiana narzędzi stosowanych w procesie technologicznym nie jest prosta. Oczywiście, jeśli istnieje możliwość znacznego zwiększenia wydajności, warto podjąć wysiłki i rozważyć nie tylko zmianę narzędzi, ale także samego procesu. Wszelkie zmiany muszą być jednak zgodne ze ściśle określonymi procedurami. Ponieważ musimy przestrzegać procedur dotyczących zmian narzędzi i procesów, poddawać się ścisłej kontroli i uzyskiwać zgodę, musimy planować z dużą ostrożnością, aby ustrzec się kosztownych opóźnień. Zasada polegająca na tym, że przed wprowadzeniem do produkcji masowej musi być zapewniona wysoka

dokładność i wysoka wydajność obróbki, ma tu fundamentalne znaczenie".

### Jaki jest aktualna sytuacja jeśli chodzi o produkcję części do silników lotniczych?

**Okada:** "Aby zwiększyć zasięg samolotu, podejmowane są aktywne wysiłki, aby skonstruować samolot nowej generacji o większej efektywności paliwowej i o lepszych parametrach eksploatacyjnych. Silniki zainstalowane w takim samolocie wymagają nowych materiałów, charakteryzujących się odpornością na wyższe temperatury i niższą masą".

**Takahashi:** "Dlatego od 10 lat w produkcji silników często stosuje się materiały kompozytowe. Aby zredukować emisję CO2 i obniżyć koszty przelotu, niezbędne jest zwiększenie efektywności paliwowej. Oto przyczyna, dla której coraz częściej stosowane są lekkie, wytrzymałe kompozyty CFRP i CMC. Mimo to, konwencjonalne







[Z lewej] Koshiro Terashima, Mitsubishi Materials Corporation, Advanced Materials & Tools Company, dział handlowy, biuro handlowe w Sendai

materiały są wciąż niezbędne, przy czym prace rozwojowe stopów metali idą w kierunku zwiększenia ich wytrzymałości. Zwiększenie wytrzymałości materiału powoduje, że jest on cieńszy i lżejszy, co zwiększa efektywność paliwową. Jednak wraz z opracowaniem materiałów kompozytowych i stopów wysoko wytrzymałych, obróbka skrawaniem jest coraz trudniejsza. Zwiększenie popytu na samoloty oznacza większy ruch powietrzny, a to oznacza bardziej rygorystyczne standardy obciążenia środowiska”.

#### Jaki jest związek między poprawą własności materiału a rozwojem technologii obróbki?

**Takahashi:** „Duży efekt daje zmniejszenie masy. Przykładowo, zmniejszenie masy części obrotowych prowadzi do zmniejszenia masy łożysk i komponentów nieruchomych. Zmniejszenie całkowitej masy silnika przynosi znaczne zwiększenie efektywności paliwowej, która ma ogromny wpływ na koszty eksploatacji. Jednocześnie powoduje zmniejszenie obciążenia dla środowiska. Jednak wzrost wytrzymałości materiału zwiększa trudność obróbki skrawaniem. Rozwój branży wymaga dalszego rozwoju technologii obróbki skrawaniem. Chcąc zmniejszyć masę materiału bardzo ważne jest, aby dysponować

wysokojakościowymi narzędziami, ale także technologią obróbki”.

**Ando:** „Stosowane od niedawna w przemyśle lotniczym komponenty są wykonane z bardzo drogiej i trudno obrabialnych materiałów. Dlatego ważne jest opracowanie metod obróbki, które uniemożliwiają zniszczenie wyrobu nawet, gdy w trakcie obróbki zniszczeniu ulegnie narzędzie. Naszym głównym celem, oprócz wytwarzania wysokojakościowych wyrobów, przy jednoczesnym obniżeniu kosztów obróbki są starania, aby zapobiec zniszczeniu wyrobu”.

**Okada:** „Nie zawsze jesteśmy w stanie wykonać obróbkę dotychczasowymi metodami coraz bardziej wymagających materiałów. Nawet, gdy dotychczasowa metoda nie ulega zmianie, można użyć innej technologii, np. obróbki laserowej czy elektroiskrowej. Narzędzia skrawające mogą być całkowicie inne od obecnych”.

**Okada:** „Oto najnowszy przykład. Wskutek większego popytu, a więc większej produkcji silników samolotowych, musieliśmy znacząco zwiększyć wydajność obróbki tarcz. Do obróbki zamków jodełkowych stosowanych do osadzenia łopatek w tarczy, tradycyjnie stosowaliśmy przeciąganie, jednak przeciągarka jest bardzo droga, a wykonanie przeciągacza wymaga stosunkowo długiego czasu. Oprócz tego, przeciąganie to metoda obróbki, w której naddatek skrawany jest podczas jednego przejścia narzędzia,

co utrudnia zwiększenie wydajności. Dlatego poszukiwaliśmy zupełnie innej metody obróbki. Najpierw zgrubną obróbkę zamków jodełkowych wykonaliśmy frezowaniem. Od rozpoczęcia prac minęły dwa lata i jesteśmy prawie gotowi do wdrożenia tej metody. Zaletą frezowania jest duża dostępność narzędzi, łatwo jest też dobrać kształt i materiał. Wydajność jest też znacznie wyższa niż przeciągania. Jest jednak kilka wad. Technologia przeciągania jest tańsza od frezowania ze względu na ilość zużywanych narzędzi. W przypadku frezowania musieliśmy obniżyć całkowity koszt narzędzi, co osiągnęliśmy przez zminimalizowanie ich ilości, dzięki odpowiedniej ścieżce przejścia i maksymalizacji trwałości narzędzia. Mimo, że ze względu na brak doświadczenia, zastępując przeciąganie frezowaniem stanęliśmy przed wieloma wyzwaniami, nasz młody personel pracował z zapałem, aby stawić im czoła. Na początku, gdy narzędzia często ulegały zniszczeniu podczas testów czasami czułem, że trzeba będzie się poddać. Jednak wsparcie ze strony pracowników Mitsubishi Materials pomogło nam osiągnąć postęp w opracowaniu technologii obróbki, wykonaniu prototypów i oceny jakości wyrobu. Sukces ten osiągnęliśmy dzięki wysiłkom zapałowi inżynierów z obu firm”.







## Opracować najlepszą na świecie technologię obróbki i być wśród najlepszych zakładów na świecie

Produkcja coraz doskonalszych silników wymaga najwyższej dokładności i możliwie najniższej masy. Zwiększenie dokładności prowadzi do zmniejszenia zużycia energii, a obniżenie masy zwiększa moc na jednostkę masy. Prowadzi to także do zmniejszenia szkodliwości dla środowiska poprzez zmniejszenie zużycia paliwa, emisji hałasu i spalin. Kluczowe znaczenie ma postęp w opracowaniu materiałów o wysokiej odporności cieplnej i niższej masie, któremu musi towarzyszyć postęp w zakresie technologii obróbki skrawaniem. Celem zakładu silników lotniczych Nr 2 w Soma jest opracowywanie coraz to nowszych wyrobów w oparciu o nowoczesne technologie obróbki.

Pod koniec wywiadu Ryoji Takahashi, dyrektor generalny działu technologii produkcji, powiedział: "Istnieje szczególnie model biznesowy prowadzenia prac nad

silnikami do samolotów komercyjnych, który zapewnia stopniowy wzrost rentowności dla IHI. Jest to program partnerstwa międzynarodowego. Stworzenie silnika do samolotu komercyjnego wymaga ogromnych nakładów czasu i środków. Takie partnerstwo polega na połączeniu wysiłków kilku międzynarodowych podmiotów, z których każdy jest najlepszy w swojej specjalności. Aby rozłożyć ryzyko, koszty prac rozwojowych każdego partnera są proporcjonalne do jego udziału w inwestycji. Poza tym partnerzy nawiązują długotrwałe, strategiczne relacje w każdej dziedzinie, za którą są odpowiedzialni, np. za produkcję, rozwój techniczny, wsparcie produktu, serwis posprzedażowy (części zamienne, usługi konserwacji silników). Atutem IHI jest know-how w zakresie zintegrowanego wytwarzania większości części do silników lotniczych i wykorzystanie atutów pozostałych partnerów

w zakresie np. wałów, części sprężarek, wentylatorów itd., aby rozszerzyć zakres oferowanych usług. Rozszerzając asortyment specjalistycznych części, IHI śmiało konkuruje ze globalnymi konkurentami. Aby być wśród najlepszych zakładów na świecie, IHI nieustannie dąży do osiągnięcia i utrzymania produkcji na światowym poziomie, zarządzania jakością i technologii obróbki zapewniających najwyższy poziom kompetencji produkcyjnych. Jesteśmy niezwykle dumni z faktu, że w samolotach komercyjnych zostaną zainstalowane silniki lotnicze opracowane w IHI, z częściami wyprodukowanymi w Japonii. Jest to marzenie wszystkich z nas, zaangażowanych w opracowanie i produkcję samolotu w Japonii." Z Soma na cały świat: w zakładzie silników lotniczych Nr 2 w Soma wciąż pracujemy nad udoskonalaniem naszych technologii.





# HISTORIA MITSUBISHI

Nr **5**

Najważniejszy zakład  
produkcyjny w sercu Tokio

## Zakład w Tokio

Firma Mitsubishi Materials Advanced Materials & Tools Company rozpoczęła działalność w 1931 roku od produkcji narzędzi węglkowych pod nazwą TRIDIA, a główną rolę odegrał zakład w Tokio. Nieczęsto zakład tego typu lokalizowano w centrum Tokio. Zakład Mitsubishi Materials istniał tu przed i po wojnie i do czasu aż stał się bazą produkcji narzędzi węglkowych, był świadkiem okresu gwałtownego wzrostu gospodarczego, jak i okresu tzw. "kipiącej" gospodarki ("bubble economy").

### Rozpoczęcie produkcji węglków spiekanych

Zakład w Tokio był zlokalizowany w miejscu obecnego parku Shinagawa Chuo. Zakład ten, położony w centrum Tokio, zaledwie kilka minut pieszo od stacji Shimo-shimmei na linii Tokyo Oimachi, działał od 1916 r., a zakończył działalność około 25 lat temu. Mitsubishi Materials rozpoczęła produkcję narzędzi z węglków 100 lat temu w 1916 roku, gdy Koyata Iwasaki zaproponował utworzenie prywatnej instytucji badawczej o nazwie Instytut Badawczy Górniczo-Mitsubishi Goshi Kaisha (Główny Instytut Badawczy). Instytut ten prowadził badania wolframu jeszcze przed innymi firmami. W 1923 roku rozpoczęto badania nad stopami węglkowymi. W 1926 roku niemiecka firma Krupp, uruchomiła produkcję pierwszego narzędzia z węglka, o nazwie WIDIA. Zaskakujące wyniki skrawania skłoniły przedsiębiorstwa z całego świata do przyspieszenia badań nad stopami węglkowymi. Jeden z pracowników Głównego Instytutu Badawczego, który przebywał w tym

czasie w Anglii był pod wrażeniem wyników osiągniętych przez WIDIE. W Mitsubishi Materials natychmiast zdano sobie sprawę z potencjału tkwiącego w stopach węglkowych i przystąpiono do prac rozwojowych. Przewycięzanie przeszkód okazało się ogromnym wyzwaniem i zmusiło firmę do ciężkiej pracy przez osiem długich lat zanim w 1931 roku wprowadzony został na rynek jej pierwszy produkt z węglka, TRIDIA. Po przeniesieniu przez Mitsubishi Materials Instytutu Badawczego Górniczo do Omiya, funkcjonował on dalej jako Oddział OI, gdzie kontynuowano prace badawczo-rozwojowe nad stopami węglkowymi.

### Trudne warunki działania podczas wojny

Początek II wojny światowej w 1939 roku wywarł bezpośredni wpływ na przemysł. Zapotrzebowanie na dostawy wojenne, m.in. na węglki spiekane i stellity wzrosło, a pracowników wysyłano na front wojenny. Do 1943 roku miesięczna produkcja węglków spiekanych przekraczała 1 tonę, a stellitów -

3 tony. Wtedy zakład stał się jednostką niezależną od Instytutu Badawczego Górniczo. Kontynuował działalność jako Zakład Metali w Tokio, wkrótce został uznany za "Zakład ważny dla państwa". Zakład został zniszczony w 1944 roku wskutek nalotów sił sprzymierzonych na miasto, a po wojnie został umieszczony na liście potencjalnych aktywów przeznaczonych do reparacji wojennych i zagrożony konfiskatą. Zakład uniknął jednak tego losu, a pracownicy podjęli trud wznowienia produkcji. Produkcja węglków spiekanych była na najlepszej drodze do sukcesu, ale przerwała to wojna. Warunki powojenne uniemożliwiły zaś przejęcie, bądź nawet zainwestowanie przez firmę zewnętrzną, co znacznie pogorszyło sytuację Mitsubishi Materials. Kierownictwo zostało zmuszone rozważyć zmniejszenie produkcji i zwolnienie pracowników, ale związek zawodowy przeciwny temu planowi nalegał, że jeśli zmniejszenie produkcji spowoduje zwolnienie nawet jednego pracownika, zakład należy zamknąć. 31 października 1948 r. wobec braku innego wyjścia, zwolniono



Instytut Badawczy Górniczo w chwili powstania  
W tym budynku rozpoczęto badania nad węglkami spiekanymi



Zakład w Tokio w okresie gwałtownego wzrostu gospodarczego  
(ok. 1960 r.)

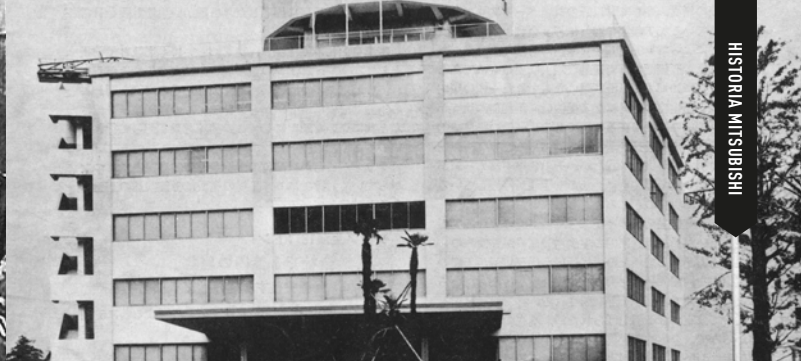


Zakład w Tokio przed przeniesieniem do produkcji do Tsukuby  
(ok. 1986 r.)

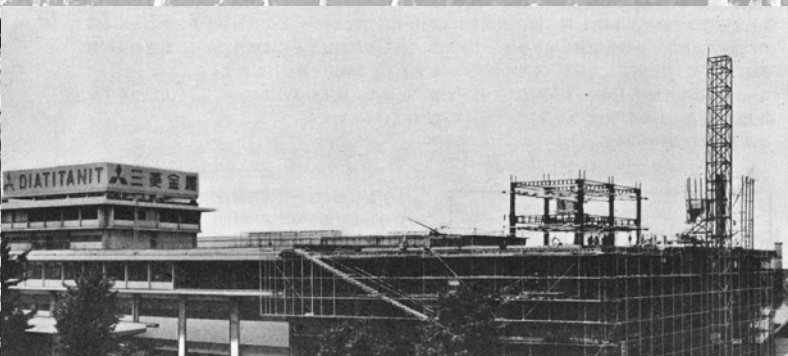




Pamiętkowe zdjęcie wykonane w 1937 roku



Nowy 6-kondygnacyjny budynek wybudowany, aby uruchomić masową produkcję



Zakład w Tokio był wielokrotnie przebudowywany i rozbudowywany



Praca z użyciem systemów CAD



Projektowanie narzędzi



Obecnie jest to teren parku Shinagawa Chuo

większość załogi, zachowując jedynie minimalną liczbę pracowników potrzebną do konserwacji zakładu i wyposażenia, z nadzieją, że wkrótce uda się przy ich pomocy ponownie go uruchomić. Firma kontynuowała produkcję narzędzi górniczych na rynki Europy i USA, dążąc do przywrócenia swego statusu sprzed wojny. W grudniu 1948 roku zakład został ponownie otwarty i natychmiast przyjęto całą zwolnioną załogę.

**Wzrost gospodarczy i okres tzw. "kipiącej" gospodarki ("bubble economy")**

W 1952 roku zakład Tokyo Metals zmienił nazwę na Mitsubishi Metal Mining Company Ltd. Zakład Oi. Po okresie intensywnego wzrostu, w roku 1955 firma po raz pierwszy po wojnie zaczęła przynosić zyski. Następnie stopniowo zaczęła zwiększać produkcję, osiągając przez trzy kolejne kwartały: od I połowy 1967 do I połowy 1968 roku rekordowe zyski. Działalność zakładu stała się głównym rodzajem działalności, utrzymującym całą firmę. W 1969 roku spółka wybudowała zakład w Gifu, zdając

sobie sprawę, że zakład Oi pozwoli jej stać się największą firmą w Japonii, ale nie uda się w ten sposób stać się numerem jeden na świecie. W 1970 roku zakład Oi zmienił nazwę na Mitsubishi Metal Corporation Tokyo Plant. Minęło 35 lat od momentu wprowadzenia węgla TRIDIA. Był to przełomowy moment, kiedy firma zdecydowała się na wprowadzenie węglików na rynek światowy.

**Od przeszłości do teraźniejszości**

Od zmiany nazwy Mitsubishi Metal Mining Company Ltd. Zakład Oi na Mitsubishi Metal Corporation Tokyo Plant produkcja węglików spiekanych dalej rośnie. Wyzwania związane ze znacznym wzrostem popytu w tak krótkim czasie, wpłynęły na możliwości obsługi klientów i prowadzenia prac badawczo-rozwojowych. Ze względu na swą lokalizację na obszarze miejskim, istniała trudność rozbudowy zakładu, co wpłynęło na możliwość rozwinięcia działalności, m.in. zapewnienia zaplecza socjalnego dla pracowników. Aby rozwiązać ten problem, kierownictwo zdecydowało o przeniesieniu zakładu

w Tokio do Ishigemachi w okręgu Yuki (obecnie miasto Joso) w pobliżu Miasteczka Naukowego Tsukuba, w prefekturze Ibaraki. W marcu 1992 roku Zakład w Tokio został przeniesiony do Zakładu w Tsukuba. Duch niezależności i nieogładania się za siebie pomógł zakładowi w Tokio przetrwać trudności. Zapał ten udzielił się wszystkim pracownikom. Od momentu wprowadzenia w 1931 roku na rynek przez Mitsubishi Materials węglików spiekanych pod nazwą Tridia minęło już 85 lat. Wszystkie osiągnięcia minionych 85 lat to doskonała zaliczka dla następnych pokoleń, na kolejne 100 lat pomyślnego rozwoju.



Zakład w Tokio



---

# Z ARCHIWUM TECHNIKI

---



# FIRMA TORAY

**Nowe materiały zmieniają świat.  
Pół wieku historii  
kompozytów CFRP.**

---

Marzenie  
o samolocie  
z włókna  
węglowego

Lżejsze od aluminium, bardziej wytrzymałe od stali, tworzywa sztuczne wzmocnione włóknem szklanym (CFRP) to rewolucyjne materiały, które znalazły zastosowanie w głównych elementach konstrukcyjnych komercyjnych samolotów pasażerskich. Badania nad włóknami węglowymi rozpoczęto w Japonii na początku lat 60-tych. Rozmawialiśmy z Shunsaku Noda, dyrektorem generalnym Sekcji ds. Technologii Lotniczych, działu technologii zaawansowanych materiałów kompozytowych firmy (ACM) TORAY i jego zastępcą Hiroshi Taiko, o 50-letniej historii włókna węglowego i opracowaniu kompozytów CFRP.

---



## Z BLISKA

## Co oznacza skrót CFRP?

CFRP to kompozyt włókna węglowego i żywicy. Materiały kompozytowe zawierają szereg składników pozwalających na uzyskanie efektu wzmocnienia, nieosiągalnego z użyciem pojedynczego składnika. Do budowy części samolotów wykorzystywany jest preimpregnat TORAYCA®. Preimpregnat wykonuje się metodą formowania w arkusze maty złożonej z 24 000 włókien węglowych o grubości 5 µm i impregnowania żywicą termoutwardzalną, np. epoksydową. Po ułożeniu kolejnych warstw i utwardzeniu otrzymujemy arkusz materiału o wysokiej wytrzymałości i wysokim module sprężystości.

Parametry eksploatacyjne kompozytów CFRP zależą od ilości i układu włókien węglowych (kierunku włókien, struktury warstw preimpregnatu). Dlatego, projektując pod indywidualne potrzeby klienta, można uzyskać materiał o szerokim spektrum własności.

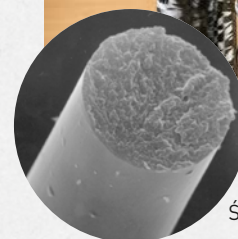
## Własności kompozytów CFRP

- Jest bardzo lekki, masa właściwa wynosi 1,7, zaledwie jedną czwartą jak dla stali.
- Wytrzymałość na rozciąganie kompozytu CFRP wynosi aż 7 GPa.
- Moduł sprężystości wzdłużnej kompozytu CFRP o wysokiej gęstości wynosi aż 630 GPa.
- Charakteryzują się one także doskonałą stabilnością wymiarów, tłumieniem drgań, wysokim przewodnictwem cieplnym, są niemagnetyczne, odporne na korozję i mają wysoką wytrzymałość zmęczeniową.

## Procesy produkcji włókien węglowych

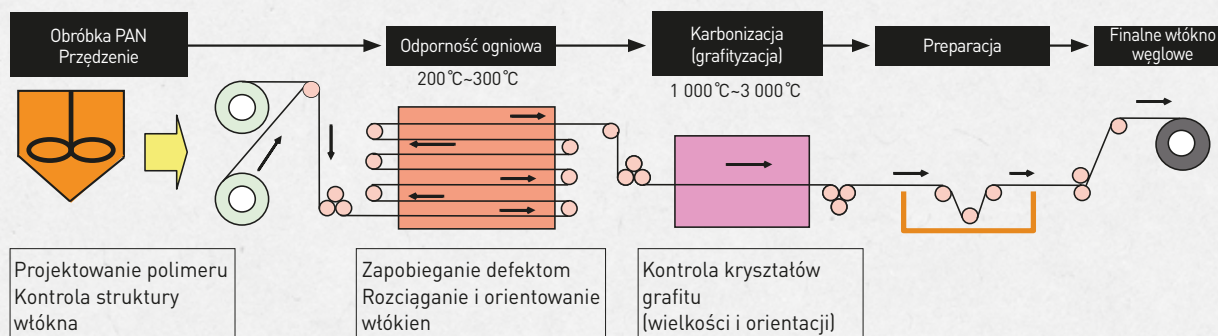
Produkcja włókien węglowych na bazie poliakrylonitrylu (PAN) obejmuje cztery procesy:

- 1) Przetworzony poliakrylonitryl jest wtlaczany do maszynie przędzalniczej, w celu otrzymania włókien.
- 2) Włókna są poddawane obróbce termicznej (utlenianiu), celem zwiększenia odporności ogniowej
- 3) Następnie włókna są ponownie grzane w celu karbonizacji.
- 4) Ostatnim procesem jest obróbka powierzchniowa.



Średnica: 7 µm

## Proces i technologia produkcji komponentów



Część 1

1950 ~

## Pojawienie się włókien węglowych i prace badawczo-rozwojowe

Gdy zajrzemy do historii prac nad włóknem węglowym, odkryjemy żarówkę - wynalazek Tomasza Edisona i Josepha Swana z końca XIX wieku. Żarnik użyty w tej żarówce był wykonany ze zwęglonego włókna bambusa. Było to pierwsze na świecie włókno węglowe. W miarę jak wolfram stał się coraz popularniejszym materiałem na żarnik, włókno węglowe stopniowo odeszło w zapomnienie. W latach 50-tych włókno węglowe ponownie przykuło uwagę, gdy w USA przyspieszono prace badawczo-rozwojowe nad końcówkami wtryskiwaczy do silnika raketowego, które musiały posiadać wysoką odporność termiczną.

W międzyczasie, w roku 1959 dr Akio Shindo z Politechniki w Osace, opracował metodę produkcji włókien węglowych poprzez karbonizację włókien poliakrylonitrylowych (PAN). Od tego czasu przyspieszyły prace badawczo-rozwojowe i komercjalizacja włókien węglowych. Włókno węglowe posiada bardzo wysoką wytrzymałość, która czyni je głównym składnikiem materiałów kompozytowych. W 1967 roku firma Rolls-Royce, jeden z głównych światowych producentów silników lotniczych, poinformowała o zastosowaniu kompozytów CFRP w silnikach odrzutowych. Prawie w tym

samym czasie firma TORAY rozpoczęła na szeroką skalę prace rozwojowe nad włóknem węglowym, używając do tego włókna akrylowego o nazwie TORAYLONTM. W roku 1970 firma TORAY zakupiła licencję patentową od dr Shindo. Firmy prowadzą działalność w oparciu o prognozy dotyczące przyszłej atrakcyjności rynkowej i możliwości sprzedaży własnych produktów. Firma TORAY uwiarytowała w potencjalne możliwości kompozytów CFRP, nadała priorytet i odważnie zainwestowała w budowę systemu wytwarzania, co w dzisiejszych czasach byłoby nie do pomyślenia.



2

1971 ~

## Produkcja włókna węglowego jeszcze przed pełnym poznaniem jego możliwości

W roku 1971 firma TORAY rozpoczęła produkcję i sprzedaż włókna węglowego o wysokiej gęstości. Chociaż włókno węglowe przyciągało uwagę jako materiał nowej generacji, jego główne przeznaczenie nie było jeszcze do końca jasne. Mimo to w firmie TORAY podjęto decyzję o zbudowaniu nowego zakładu o wydajności 12 ton, największego w tym czasie na świecie. Tę śmiałą decyzję oparto na przekonaniu, że kiedyś popyt na materiały o wysokiej wytrzymałości będzie bardzo duży. Kierownictwo firmy marzyło, aby kiedyś zobaczyć unoszący się nad ziemią, czarny samolot, zbudowany głównie z kompozytów CFRP. Było to mniej więcej w tym samym czasie, kiedy w Rolls-Royce odnotowano duże problemy podczas konstruowania silnika odrzutowego wykorzystującego kompozyty CFRP.

W międzyczasie, pierwszym komercyjnym produktem wykonanym z włókna węglowego była wędka, która pojawiła się na rynku w 1972 roku. Masa wędki była prawie o połowę mniejsza od dotychczasowych i mimo że stosunkowo droga, dzięki swym parametrom cieszyła się dużym uznaniem. W tym samym roku Gay Brewer Jr. wygrał turniej Taiheiyo Masters używając kijów golfowych z szafem wykonanym z kompozytu CFRP. Kije golfowe z kompozytowym szafem szybko zdobyły uznanie i golfiści zaczęli je masowo kupować. Potem kompozyty CFRP były także stosowane w produkcji rakiet tenisowych, co jeszcze zwiększyło popularność tego materiału. Jednak kompozyty CFRP znajdowały zastosowanie głównie w rozrywce i sporcie. Biorąc jednak pod uwagę możliwości ich przemysłowego zastosowania, sprzedaż była stosunkowo niska.

Punkt zwrotny nastąpił w 1975 roku. Kryzys naftowy w 1973 r. zmusił producentów samolotów do zmniejszenia masy kadłuba samolotu, w celu zmniejszenia zużycia paliwa. Przypomnieli sobie oni o możliwości zastosowania kompozytów CFRP jako dodatkowego materiału konstrukcyjnego, który nie ma bezpośredniego wpływu na bezpieczeństwo lotu. Wtedy właśnie marzenie firmy TORAY, aby zastosować kompozyty CFRP w produkcji samolotów, przybrało realne kształty. Po zastosowaniu kompozytów CFRP na części samolotowe przez Boeinga i Airbusa, łączna produkcja włókna węglowego TORAYCA® w roku 1988 przekroczyła 10 000 ton. Wielu producentów za oceanem m.in. w Anglii i USA zdecydowało o wycofaniu się z produkcji kompozytów CFRP ze względu na niską opłacalność, jednak firmy japońskie, w tym TORAY, biorąc pod uwagę długoterminową perspektywę, kontynuowały prace nad opracowaniem i produkcją CFRP, wykorzystując do tego celu wysokiej jakości włókno węglowe. W 2010 roku udział światowy japońskich producentów włókien węglowych wyniósł ok. 70%.

3

1990 ~

## Rozszerzenie stosowania CFRP jako materiału konstrukcyjnego samolotów

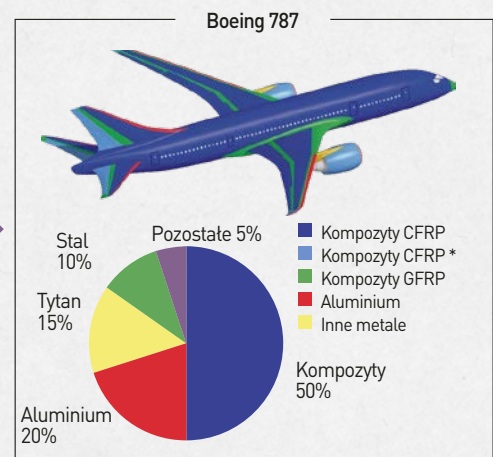
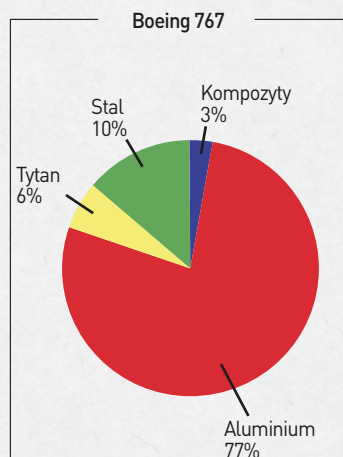
W 1990 roku preimpregnat TORAYCA® (kompozyt CFRP w arkuszach) został zastosowany przez Boeinga jako główny materiał konstrukcyjny kadłuba

(części, mających bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo) co potwierdziło, że kompozyty CFRP to niezawodny i bardzo funkcjonalny materiał.

Wytrzymałość kompozytu CFRP jest 10-krotnie większa od stali, a masa - jedną czwartą masy stali. Kompozyt CFRP można także formować w różnorodne kształty.

W projekcie Boeinga 787 rozpoczętym w 2003 roku, kompozyty CFRP stanowią ok. 50% całkowitej masy samolotu, uwzględniając kadłub i skrzydła. W 2006 roku firma TORAY zawarła z Boeingiem długoterminową kompleksową umowę na dostawy CFRP, która przewidywała dostawy przez TORAY podstawowego materiału konstrukcyjnego.

	Boeing 767	Boeing 787
Kadłub	Aluminium	Kompozyty CFRP
Skrzydło główne	Aluminium	Kompozyty CFRP
Skrzydło ogonowe	Aluminium	Kompozyty CFRP
Kłapa	Kompozyty CFRP	Kompozyty CFRP



\* [konstrukcja wielowarstwowa]



4

2010 ~

## Przemysłowe zastosowanie zwiększa popyt na kompozyty CFRP

Po roku 2010 w wielu różnych dziedzinach gwałtownie wzrosło globalne zapotrzebowanie na kompozyty CFRP. Oprócz sprzętu sportowego i samolotów, zastosowania obejmują łopatki turbin wiatrowych, dachy, części samochodów takie, jak wały napędowe, zbiorniki gazu ziemnego i ogniwa paliwowe, komponenty pociągów dużej prędkości, obudowy komputerowe i wiele innych.

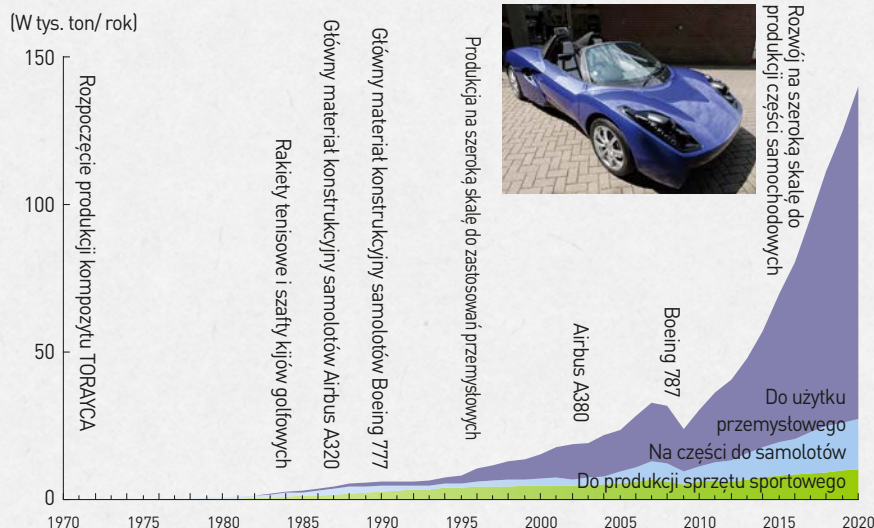
Głównym elementem strategii rozwoju firmy TORAY jest produkcja materiałów kompozytowych zawierające włókna węglowe. Celem zwiększenia popytu, część swych zasobów kadrowych firma TORAY oddelegowała do nowych obszarów o dużym potencjale wzrostowym, np. branży motoryzacyjnej i lotniczej oraz do innych nowych branż. W roku 2020, aby zwiększyć swą obecność w Ameryce Północnej, TORAY planuje rozbudowę swej bazy w tym regionie.

Aktualnie parametry wytrzymałościowe włókna węglowego wciąż wynoszą jedną dziesiątą wartości teoretycznych, co daje duże możliwości dalszego rozwoju. Barię popularności rynkowej jest wciąż koszt włókna węglowego, jednak wraz z rosnącym zakresem stosowania w branży części samochodowych, masowa produkcja może w nieodległej przyszłości spowodować znaczny spadek kosztów i gwałtowny wzrost popytu.

Od czasu uruchomienia przez TORAY pierwszej na świecie produkcji włókna węglowego na skalę przemysłową minęło

prawie pół wieku. Aby znaleźć stabilny rynek, trzeba było przez długi czas dokładać wielu starań. Jaka była motywacja firmy? Była to zasada utrzymania ciągłości, którą kierowano się w firmie TORAY, wspierana przez silne pragnienie wśród kierownictwa, aby doczekać chwili, aż w powietrze wzniesie się pierwszy samolot wykonany z kompozytów CFRP. Kompozyty CFRP będą wciąż udoskonalane jako najbardziej zaawansowane, wysoce funkcjonalne materiały dla światowego przemysłu.

### Popyt na włókna węglowe



## Patrząc wstecz na historię kompozytów CFRP

**Noda:** Cieszymy się bardzo, gdy produkty opracowane przez nas zmieniają świat na lepsze, np. powodują zmniejszenie zużycia paliwa przez samoloty. Produkcja kompozytów CFRP stała się strategicznym, rozwijającym się rodzajem działalności i naszą misją jest dalszy jego rozwój, jako głównego filaru działalności firmy TORAY. W porównaniu z materiałami metalowymi, typy, ilości i zastosowania materiałów kompozytowych bazowanych na włóknie węglowym, są wciąż mało znane. Jednak naszym zdaniem, kompozyty CFRP dają nieograniczone możliwości i aby zmienić

świat na lepsze, będziemy dalej badać te możliwości.

**Taiko:** Dziecięce zamiatowanie do latania spowodowało, że moja kariera jest związana z samolotami i rakietami. Moim marzeniem, jako tego, kto zajmuje się badaniami i rozwojem jest, aby któregoś dnia wejść na pokład samolotu wykonanego z materiałów, które zaprojektowałem. Kompozyty CFRP stosowane w produkcji Boeinga 787 zostały opracowane przez personel badawczo-rozwojowy wyższego szczebla, a ja brałem w tym jedynie pośredni udział. Mam nadzieję, że moje marzenie kiedyś się zrealizuje.



TORAY Industries, Inc.,  
Dział technologii materiałów ACM dla lotnictwa  
(z lewej) Shunsaku Noda, dyrektor generalny  
(z prawej) Hiroshi Taiko, zastępca dyrektora generalnego





# Fachowcy zabierają głos

Nr 6

Kazuya Yanagida:  
Zespół Aero Group w zakładzie Gifu  
(Zatrudniony od 1997 roku)

Tadashi Yamamoto:  
Zespół Aero Group w zakładzie Gifu  
(Zatrudniony od 2008 roku)

Wiertła do obróbki  
kompozytów CFRP:

## Seria MC

Opracowanie nowych materiałów

Od uruchomienia produkcji samolotów Boeing 787 w 2011 roku, zastosowanie kompozytów CFRP stopniowo rośnie: użyte są po raz pierwszy w kadłubie, skrzydłach oraz w innych komponentach. W odróżnieniu od metali, w skład kompozytu CFRP wchodzi włókno węglowe i żywica. Obróbka tego materiału wymaga nowej technologii. Przeprowadziliśmy wywiady z osobami z zespołu Aero Group, które brały udział w opracowaniu technologii obróbki tego materiału.





## Jakie charakterystyczne zjawiska występują podczas wiercenia kompozytów CFRP?

– Jaka jest historia tego wynalazku?

**Yanagida:** Od ponad 10 lat Mitsubishi Materials dostarcza wiertła do wiercenia w kompozytach CFRP. Wykorzystując know-how zdobyte przez te lata, udoskonaliliśmy funkcjonalność wiertła i zaproponowaliśmy szerszy zakres rozwiązań dla większego asortymentu kompozytów CFRP.

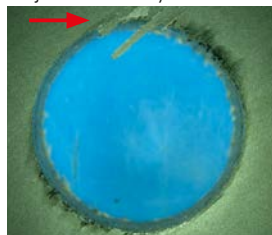
Kompozyt CFRP składa się z kilku warstw włókna węglowego i żywicy, które są poddane obróbce cieplnej. Jego masa wynosi jedną czwartą masy stali, a wytrzymałość jest 10-krotnie większa. Charakteryzuje się on także odpornością na korozję, odpornością cieplną i wysoką sztywnością. Włókno węglowe jest twarde ale kruche, a warstwa żywicy jest miękka, ale bardziej podatna.

**Yamamoto:** Dlatego obróbka skrawaniem kompozytów CFRP przebiega zupełnie inaczej niż metali. Główne wady podczas wiercenia kompozytów CFRP to występowanie nieodciętych włókien, delaminacja wskutek wielowarstwowej struktury i rozbicie otworu na granicy warstwa CFRP/metal (powstaje, gdy wióry metalowe wędrujące wzdłuż rowka wiórowego wiertła niszczą boczne powierzchnie otworu w warstwie kompozytu). Nasz projekt rozpoczęliśmy od przeanalizowania tych zjawisk, aby dokładnie zbadać techniczne mechanizmy powodujące ich powstawanie.

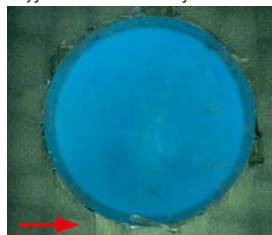
**Yanagida:** Istnieją dwa rodzaje kompozytów CFRP stosowanych na części do samolotów. Jeden z nich zawiera żywice termoutwardzalne, a drugi to wielowarstwowy materiał, złożony z warstw aluminium i tytanu, przełożonych warstwą kompozytu CFRP. Istnieją dwie główne metody obróbki, jedna to obróbka maszynowa, np. za pomocą centrum obróbczego, a druga to obróbka narzędziami ręcznymi. Ze względu na różnorodność materiałów i metod obróbki, niezwykle trudno jest stworzyć jeden typ wiertła do wszystkich procesów. Dlatego w ramach projektu

### Przykłady wad obróbki otworów w kompozytach CFRP

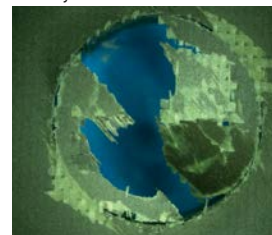
Wejście: Nieodcięte włókno



Wyjście: Delaminacja



Przerywanie włókien



opracowaliśmy serię siedmiu różnych wiertel serii MC do różnych materiałów CFRP, które zostały wprowadzone na rynek w kwietniu 2017 r.

## Konstrukcja rowka wiertła MCA redukująca rozbicie otworu na granicy warstw materiału wielowarstwowego

– Czy mógłby pan opisać niektóre z tych siedmiu produktów?

**Yanagida:** Zaprezentuję dwa typy wiertel: MCA i MCC. Wiertło MCA jest przeznaczone do materiałów wielowarstwowych CFRP/aluminium. Staraliśmy się znacznie poprawić parametry wiertła do kompozytów CFRP, dostępnych od 10 lat jako produkty specjalne. Zwykle wykonujemy wiercenie materiałów wielowarstwowych złożonych z włókna węglowego i aluminium, których obrabialność tym wiertłem jest zupełnie inna. Głównym problemem jest rozbicie otworu na granicy warstw. Gdy wiertło penetruje warstwę kompozytu CFRP, wióry usuwane podczas wiercenia aluminium mogą powodować ubytki w otworze w kompozycie. W rezultacie średnica otworu w warstwie kompozytu jest inna jak w warstwie metalu. Aby temu zapobiec, zmieniliśmy konstrukcję rowka wiórowego wiertła MCA.

**Yamamoto:** Skupiliśmy się na szerokości rowka. Szerokość rowka jest zwykle identyczna na całej długości wiertła, natomiast w wiertle MCA stopniowo zwiększa się od wierzchołka ku chwytowi. Przy wierzchołku rowek jest wąski, aby uzyskać zwarty wiór, a następnie coraz szerszy aby umożliwić spływ wióra wzdłuż rowka, nie niszcząc powierzchni otworu.

**Yanagida:** Dla zapewnienia skutecznego odprowadzania wióra, zastosowaliśmy technologię użytą w wiertłach MWS. Było to konieczne do uzyskania wyższej jakości powierzchni otworu, co stanowiło najczęstszy problem w obróbce zarówno materiałów wielowarstwowych, jak i głębokich otworów. Przy opracowaniu wiertła MCA zastosowaliśmy także technologię użytą w wiertłach MHE, które są stosowane do obróbki piast kół samochodów. Wiertła MHE służą do wykonania otworów pod śruby mocujące koła pojazdu do piasty. Średnica każdego otworu w piastce musi być bardzo dokładna, a jakość powierzchni otworów musi być jak najwyższa. Aby uniemożliwić uszkodzenie powierzchni piasty przez wiór, rowek wiórowy wiertła MHE musi być węższy, niż w zwykłych wiertłach.

**Yamamoto:** Tak więc w wiertłach MCA wykorzystaliśmy wiedzę i własności wiertel MWS i MHE. W sumie więc, wiertło początkowo wytwarza mały wiór, który wędruje wzdłuż węższej części rowka. Jest on następnie kierowany do szerszej części rowka w górę i odprowadzany, nie niszcząc ścianki otworu.

## Dodatnia geometria krawędzi zapewnia wysoką jakość obróbki

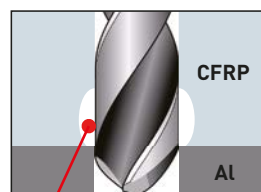
– Proszę nam opowiedzieć o historii prac nad wiertłem MCC

**Yamamoto:** Choć wiertło MCC jest przeznaczone specjalnie do obróbki kompozytów CFRP, w komponentach samolotów występują również materiały wielowarstwowe (pakiety). Kompozyty CFRP są stosowane również w branży motoryzacyjnej i energetyce (turbiny wiatrowe). Klienci wykonujący obróbkę kompozytów często muszą wiercić otwory w cienkich płytach.



# MCA

### ■ Rozbicie otworu

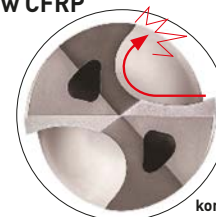
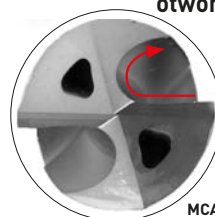


Rozbicie otworu wskutek obróbki pakietów zawierających kompozyt CFRP i metal

### ■ Nowy kształt rowka wiórowego

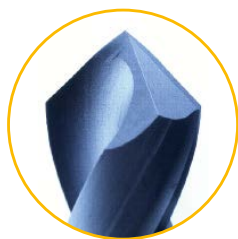
Rowek wiórowy został zaprojektowany tak, aby zminimalizować kontakt wióra ze ścianką otworu w warstwie CFRP i zapewnić jego skuteczne odprowadzanie. Ten system zapobiega rozbiciu otworu przy wylocie.

### Wewnętrzna powierzchnia otworu w CFRP



Wiertło konwencjonalne

Kontakt wióra z wewnętrzną ścianką CFRP powoduje rozbicie otworu!



#### ■ Kąt wierzchołkowy 90°

Ostry kąt wierzchołkowy powoduje zmniejszenie siły osiowej od początku wiercenia i powstrzymuje delaminację.



# MCC

**Yanagida:** Największym problemem w przypadku wiercenia kompozytów CFRP jest zmniejszenie delaminacji przy wyjściu z otworu. W kompozytach CFRP przy wyjściu z otworu nie ma warstwy metalu, jak w pakietach, więc rozbić otwór nie występuje. Jednak po przebicciu dno może rozierać się, przez co następuje raptowne zmniejszenie oporu występującego podczas penetracji warstwy kompozytu CFRP, powodując powstanie zadziórów przy wylocie otworu.

**Yamamoto:** Główny nacisk położyliśmy na zapewnienie ostrej krawędzi wiertła MCC dla zwiększenia płynności wiercenia i zmniejszenia oporów skrawania, a tym samym uniknięcia delaminacji. Najważniejszy element wiertła MCC to ostra krawędź skrawająca. Tradycyjnie, aby uzyskać odporność na wyboczenie i wydłużyć trwałość, krawędź wiertła ma ujemny kąt natarcia. Jednak wiertłem z ujemnym kątem natarcia nie można skutecznie skrawać twardych warstw włókna a to oznacza, że trzeba było zastosować ostrą geometrię. Płynny przebieg wiercenia kompozytu CFRP także ogranicza delaminację oraz ilość nieprzeciętych włókien przy wyjściu z otworu. Dodatkowo, kąt wierzchołkowy 90° zmniejsza siłę osiową na początku wiercenia, co pomaga ograniczyć delaminację.

#### - Jakimi własnościami charakteryzuje się powłoka?

**Yamamoto:** Własności mechaniczne kompozytu CFRP powodują, że od razu po rozpoczęciu wiercenia występuje silne zużycie ściernie wiertła niepokrywanych. Aby rozwiązać ten problem i zwiększyć odporność na ścieranie wiertła MCC, zastosowaliśmy diamentową powłokę CVD.

**Yanagida:** Aby uzyskać maksymalną ostrość krawędzi wiertła, musieliśmy wziąć pod uwagę zarówno kształt krawędzi, jak i wielkość cząstek diamentowej powłoki. Cząstki nowej diamentowej powłoki CVD są bardzo drobne, co znacznie zwiększa ich adhezję, więc udało nam się zwiększyć trwałość wiertła około 10-krotnie w porównaniu z powłokami konwencjonalnymi.

#### - Co zrobiliście, aby zwiększyć ostrość?

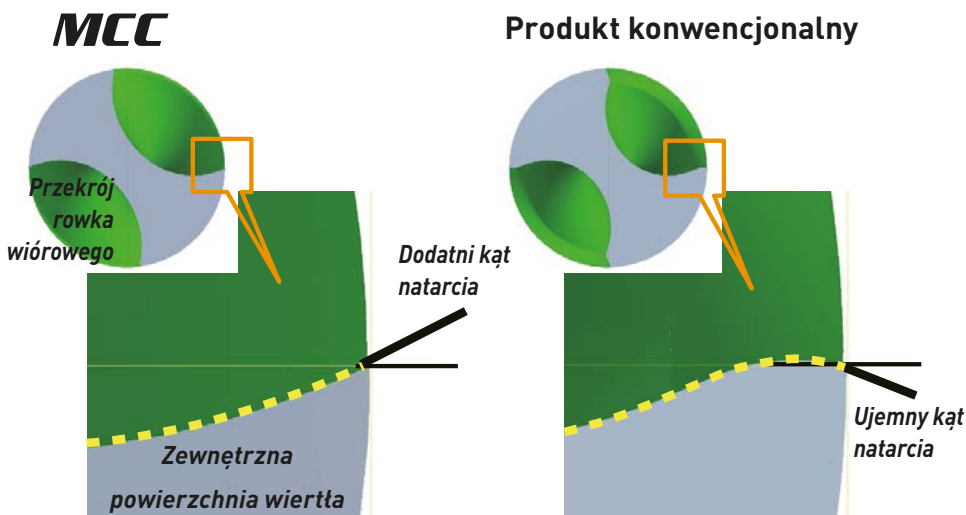
**Yamamoto:** Aby zwiększyć ostrość, co było naszym priorytetem, szukaliśmy najlepszej metody obróbki krawędzi i maksymalizacji kątów spirali, natarcia i przyłożenia - podstawowych parametrów każdego wiertła. Badaliśmy indywidualne kombinacje kątów, aby ustalić najlepszą z nich, zapobiegając uszkodzeniu wiertła. Ogólnie rzecz biorąc, im kąty są większe, tym ostrzejsze wiertło. Jednak węgiel spiekany to materiał kruchy i ma ograniczoną odporność na odkształcenie.

Poza tym, optymalna kombinacja parametrów wiertła zależy od rodzaju obrabianego materiału, a więc aby ocenić skuteczność, musieliśmy wielokrotnie testować wiertła. Jak wspomnieliśmy wcześniej, dla zwiększenia ostrości istotne znaczenie ma obróbka krawędzi. Proces przygotowania dopokrywania powoduje, że konwencjonalne wiertła produkowane przez Mitsubishi Materials mają mikroskopijne wady na krawędziach. Jednak obróbka krawędzi wiertła MCC jest całkowicie inna niż wiertła konwencjonalnych, dzięki czemu uzyskano rzeczywiście gładką, równą krawędź. Zastosowanie nowej metody obróbki krawędzi umożliwiło uzyskanie ostrości i wytrzymałości, do spowodowało wydłużenie trwałości wiertła i zwiększenie jakości otworu.

**Yanagida:** Przy opracowaniu wiertła serii MC, przeprowadziliśmy badania wspólnie z Uniwersytetem Technicznym w Wiedniu. Zwróciliśmy się do wiedeńskiej uczelni o przeprowadzenie testów obróbki prototypów wiertła o różnych grubościach powłok, kształtach krawędzi i kątach natarcia. Uzyskaliśmy mnóstwo danych, co naszym zdaniem znacznie przyczyniło się do sukcesu tych innowacyjnych rozwiązań.

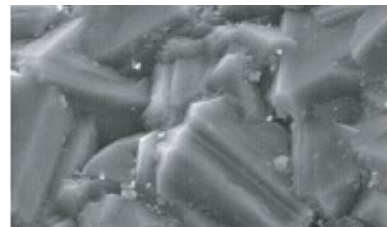
#### ■ Rowek wiórowy z dużym kątem natarcia

Dodatni kąt natarcia zapewnia ostrzejszą krawędź, skutecznie redukując ilość nieprzeciętych włókien i delaminację.

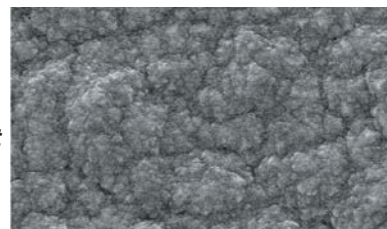


#### ■ Porównanie powierzchni warstwy powłoki diamentowej CVD

Odporna na ścieranie, gładka powłoka diamentowa CVD



Produkt konwencjonalny



Nowa powłoka



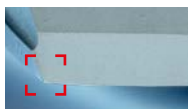
■ Optymalizacja kształtu (porównanie krawędzi)



Konwencjonalna obróbka krawędzi



Obróbka krawędzi do kompozytów CFRP



- Mniejszy promień R - ostrzejsza krawędź
- Równa krawędź - dłuższa trwałość narzędzia



## Trudności i osiągnięcia w trakcie opracowania nowych materiałów

– Jakie trudności napotykaliście podczas opracowania wiertła MCC?

**Yamamoto:** Mimo wyzwań, przed jakimi stanęliśmy, cieszyliśmy się, że możemy poznać wyzwania związane z obróbką kompozytów CFRP. Zostałem przeniesiony do zespołu Aero Group w Gifu w dziale lotniczym, po jego utworzeniu w październiku 2016 roku i rozpocząłem pracę przy opracowaniu wiertła MCC. Miałem doświadczenie w pracy przy opracowaniu wiertła do metali, ale było to moje pierwsze doświadczenie przy opracowaniu wiertła do kompozytów CFRP.

**Yanagida:** Yamamoto wraz z konstruktorami z tego działu, opracował prototypy. Sami obsługiwaliśmy szlifierki-ostrzarki i opracowywaliśmy kolejne prototypy kierując się "inżynierskim nosem", analizując najlepsze warunki obróbki, w tym kąty skrawania, obroty i typ ściernicy.

**Yamamoto:** Dążąc do uzyskania ostrej krawędzi, wielokrotnie analizowaliśmy parametry szlifowania. W rezultacie tych prób wybraliśmy dobrze rokujące prototypy do dalszych testów i zwróciliśmy się do klientów o sprawdzenie ich jakości i parametrów.

Było nam bardzo miło usłyszeć słowa: "To wiertło jest znacznie lepsze od dotychczas używanego".

**Yanagida:** Ponieważ sami projektowaliśmy, wykonaliśmy i testowaliśmy prototypy, natychmiast wykryliśmy najmniejszą różnicę parametrów. Yamamoto opracował kilka swych pomysłów, które zastosował przy opracowaniu produktu. Dzięki temu byliśmy w stanie uzyskać wyjątkowy produkt.

– Proszę nam opowiedzieć o waszych planach dalszego rozwoju wiertła do kompozytów CFRP

**Yanagida:** Kluczowym wymogiem w produkcji części samolotów jest bezpieczeństwo. Ważnym celem jest także wydłużenie trwałości narzędzia, priorytetem jest jednak jakość otworu, a my staramy się osiągnąć oba cele. Przewidujemy, że wytrzymałość kompozytów CFRP będzie rosła i że pojawienie się nowych materiałów wielowarstwowych zawierających stal nierdzewną spowoduje, że generalnie materiały te będą trudniejsze do obróbki. Aby pogłębić naszą wiedzę o obróbce skrawaniem kompozytów CFRP i reagować na ciągle zmieniające się potrzeby rynku, Mitsubishi Materials kontynuuje współpracę z producentami włókien węglowych i uczelniami wyższymi prowadzącymi zaawansowane badania.

– Czy na koniec naszego wywiadu chce pan coś przekazać swymi klientom?

**Yanagida:** Konstrukcje na bazie kompozytów CFRP nie zostały jeszcze sklasyfikowane przez ISO ani JIS. Istnieje wiele różnych typów żywic do włókien węglowych, grubości i sposobów tkania. Dlatego, aby uzyskać wysoką jakość otworów, należy dobrać wiertła odpowiednio do użytego materiału. Jesteśmy przygotowani, aby spełnić potrzeby klientów, więc jesteśmy do Państwa dyspozycji.

**Yamamoto:** Seria wiertła MC jest wymieniona w katalogu jako produkt standardowy. Uważam jednak, że wiertła tej serii powinny być dobierane pod indywidualnego klienta. Dokładamy starań, aby szybko i skutecznie zaspokajać potrzeby klientów. Jesteśmy do Państwa dyspozycji.

MITSUBISHI MATERIALS P713G

# SOLUTIONS FOR COMPOSITE

■ Asortyment produkcji wiertła MCC

Typ maszyny	Obrabiarka CNC	Narzędzie ręczne
Materiał obrabiany		
CFRP	CFRP zwykłej jakości <b>MCC</b> DD210S	Do obróbki ręcznej CFRP zwykłej jakości <b>MCCH</b> DT2030
CFRTP		
Do pakietów CFRP/Aluminium	<b>MCA</b> DD2110	Do obróbki ręcznej pakietów CFRP/Aluminium <b>MCAH</b> DT2030
CFRP		
Do pakietów CFRP/Tytan	<b>MCT</b> TF15	Wiercenie dokładnych otworów w materiałach różnowarstwowych CFRP/Tytan <b>MCW</b> HT110

\*CFRTP = Kompozyty wzmacniane włóknem węglowym o osnowie termoplastycznej





# Baza naukowa wspierająca dział lotniczy w opracowywaniu materiałów i powłok

## O NAS

Centralny Instytut  
Badawczy  
Dział folii i powłok  
cienkowarstwowych

**Dział Folia i Powłok Cienkowarstwowych Centralnego Instytutu Badawczego Mitsubishi Materials prowadzi prace badawczo-rozwojowe nad materiałami i powłokami radykalnie zwiększającymi skrawność narzędzi skrawających. W tym artykule informujemy o tym niezwykle nowoczesnym ośrodku i prowadzonych tam pracach badawczo-rozwojowych.**

## Zapytaj szefa!

Takatoshi Oshika  
Dyrektor Działu Folia i Powłok Cienkowarstwowych  
Centralnego Instytutu Badawczego

Wartość dodana  
uzyskana dzięki  
nowym procesom  
i technologii  
w celu stworzenia  
jedynych w swoim  
rodzaju  
materiałów.



### Pionierskie prace badawczo-rozwojowe obejmujące najnowocześniejsze metody analizy i oceny

Instytut Badawczy Górnictwa Mitsubishi Materials Corporation, pierwszy w Japonii prywatny instytut badawczy, został utworzony w Shinagawa w 1917 r. Po przeniesieniu do miasta Omiya (aktualnie dzielnica Saitama) w prefekturze Saitama, rozpoczął działalność pod nazwą Centralnego Instytutu Badawczego. W 2007 roku powiększył się o oddział badawczy w mieście Naka w prefekturze Ibaraki i obecnie posiada trzy filie: w Omiya, Onahama i Kitamoto. W tym roku instytut obchodzi stulecie istnienia. Dział Folia i Powłok Cienkowarstwowych ma największą liczbę pracowników naukowych w całym instytucie. Dział koncentruje się na badaniach składu, struktury i powierzchni międzyfazowej spieków i nanopowłok funkcjonalnych, celem opracowania nowych materiałów o całkowicie nowych własnościach. Dyrektor działu, Takatoshi Oshika, opowiada o atutach instytutu. "Posiadamy najbardziej zaawansowane technicznie wyposażenie i urządzenia, które posiada niewiele innych instytutów w Japonii, zatrudniamy także wielu wybitnych naukowców o wysokich kwalifikacjach. Instytut obejmuje dziewięć innych wydziałów zajmujących się wieloma tematami badawczymi, m.in. analizą materiałów i materiałami elektronicznymi. Wydziały te, współpracując między sobą, są w stanie szybko zastosować różne technologie,

co wg mnie jest głównym atutem Mitsubishi Materials. Dzięki integracji technologii w ramach różnych projektów badawczych, opracowaliśmy jeden po drugim szereg produktów. Jednym z nich jest najcieńszy na świecie elastyczny czujnik termistorowy".

W Dziale Folia i Powłok Cienkowarstwowych opracowano technologie stosowane w produkcji innowacyjnych wyrobów, m.in. węglików w gatunkach UC5105/ UC5115. Powłoka Al2O3 nanoszona metodą CVD, opracowana specjalnie do gatunków UC ma znacznie wyższą trwałość i odporność na ścieranie. "Aktualnie pracujemy nad technologią dla wiertel PCD stosowanych do obróbki kompozytów CFRP, dla której ukończyliśmy projektowanie materiału. Prowadzimy badania nad materiałami powłok CVD do obróbki kompozytów CFRP z nadzieją, że niedługo technologia ta będzie mogła być zastosowana do nowych produktów". Dodaje: "Pracujemy także nad innowacyjnymi osiągnięciami technologicznymi. Przykładowo, jeśli stwierdzimy, że poprzez zmniejszenie cząstek materiału uzyskamy dwukrotnie większą wytrzymałość materiału powłoki, przeprojektujemy urządzenie wytwarzające te cząstki. W ten sposób jako jedyni na świecie dysponujemy takim urządzeniem. Moim zdaniem, taka metoda prowadzenia prac i wykorzystywania najnowocześniejszego wyposażenia pozwala nam tworzyć innowacyjne materiały. Przypomina mi to magiczną kulę w komiksie o baseballu.





Zamiast doskonalić technikę rzucania piłki, pragniemy stworzyć magiczną piłkę, której nikt nie będzie w stanie odbić. Naszą misją jest tworzenie innowacyjnych produktów”.

#### Opracowanie materiałów powłoki diamentowej CVD do obróbki kompozytów CFRP

Kazutaka Fujiwara pracuje w Mitsubishi Materials od 20 lat, a od 10 lat w Centralnym Instytucie Badawczym. Od 5 lat prowadzi prace badawczo-rozwojowe nad materiałami powłok diamentowych CVD. Fujiwara stwierdza, "W porównaniu z działami rozwojowymi w zakładach produkcyjnych, Instytut jest bardziej oddalony od klientów. Dlatego zawsze pamiętam o konieczności utrzymywania bliskich relacji z pracownikami działu badawczo-rozwojowego w zakładach produkcyjnych, ponieważ te osoby mają częste kontakty z klientami, a więc najlepiej znają ich potrzeby. Rozumiejąc potrzeby klienta, staram się ustalić podstawowe zasady prowadzące do nowych hipotez. Wyniki prowadzą do radykalnej poprawy parametrów produktu. Bardzo się cieszę gdy słyszę, że produkty wykonane za pomocą opracowanej przez nas nowej technologii znajdują uznanie na rynku". Fujiwara aktualnie bierze udział w pracach badawczo-rozwojowych materiałów powłok diamentowych CVD do narzędzi do obróbki kompozytów CFRP stosowanych w kadłubach samolotów. "Mitsubishi Materials już oferuje na rynku wiertła i frezy trzpieniowe z materiałami opracowanymi przez nas. Aktualnie pracujemy nad nowymi materiałami powłok, o jeszcze lepszych parametrach”.

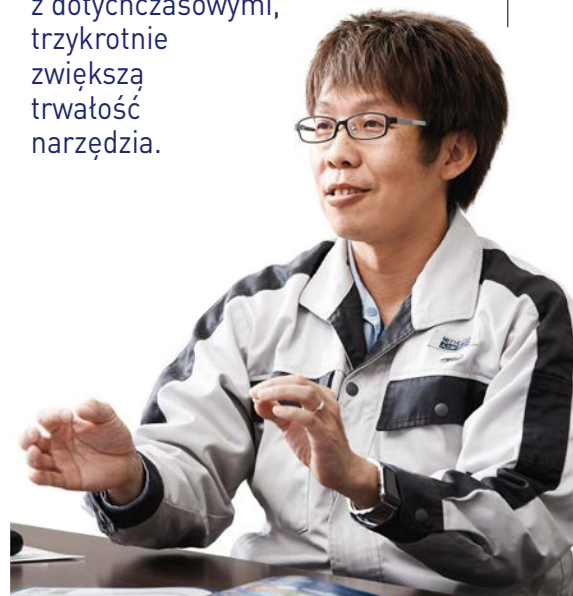
**Dążenie do opracowania unikatowej technologii, która może być zastosowana w produkcji nowych wyrobów**

Oprócz kompozytów CFRP, w częściach samolotowych stosowane są materiały różnowarstwowe: CFRP/aluminium lub CFRP/tytan. Obróbka różnych materiałów jednym narzędziem wymaga znacznie lepszych parametrów eksploatacyjnych. Jakość materiałów powłok diamentowych CVD do obróbki takich materiałów kompozytowych musi być wysoka. Fujiwara mówi: "W przypadku obróbki samego kompozytu CFRP, im większa zawartość diamentu, a więc im większa twardość materiału, tym lepsze są parametry materiału powłoki. Z drugiej strony, jeśli zwiększymy zawartość diamentu przy obróbce metali takich, jak aluminium lub tytan, materiały powłok mają tendencję do reagowania z materiałami obrabianymi, powodującej adhezję, co obniża precyzję obróbki i skraca trwałość narzędzia. Opracowując materiały na powłoki diamentowe CVD, musimy jednocześnie rozwiązać problemy trudne do pogodzenia i uzyskać jak najlepsze parametry dla szerokiej gamy materiałów obrabianych z użyciem tego samego materiału powłoki, który znacznie wydłuży trwałość narzędzia". Fujiwara prowadzi prace nad opracowaniem materiałów powłok diamentowych CVD, które w porównaniu z dotychczasowymi trzykrotnie zwiększą trwałość narzędzia. Aby możliwe było wprowadzenie tych produktów na rynek w 2018 roku, każdy członek zespołu dokłada ze swej strony wszelkich starań. "Misją Centralnego Instytutu Badawczego jest tworzenie najbardziej zaawansowanych technologii. Cieszymy się, że możemy opracowywać takie technologie, które oferuje tylko Mitsubishi Materials i które zapewniają satysfakcję naszych klientów dzięki produktom wytwarzanym przy użyciu naszych narzędzi.”

**Zapytaj naukowca!**

Kazutaka Fujiwara  
Kierownik badań w Dziale Folii i Powłok  
Cienkowarstwowych Centralnego Instytutu  
Badawczego

Trwają prace nad materiałami powłok diamentowych CVD, które w porównaniu z dotychczasowymi, trzykrotnie zwiększą trwałość narzędzia.



## Czym wyróżnia się Centralny Instytut Badawczy?

1

Najbardziej zaawansowany sprzęt analityczny



2

Aktywna wymiana informacji między naukowcami w komfortowych warunkach do współpracy



3

Biblioteka z bogatym zasobem literatury technicznej przydatnej w pracach badawczo-rozwojowych





# PRZEŁOMOWE TECHNOLOGIE

Nr 5

## Opracowanie nowej generacji narzędzi z obrotowymi płytkami

W produkcji samolotów coraz częściej stosowane są materiały trudnoskrawalne. Niestety materiały te znacznie skracają trwałość narzędzia. W odpowiedzi na zapotrzebowanie rynku na bardziej innowacyjne metody skrawania, których zastosowanie radykalnie wydłuży trwałość narzędzia, Mitsubishi Materials koncentruje swe prace na opracowaniu nowej generacji narzędzi z obrotowymi płytkami. Artykuł ten poświęcony jest dwóm spośród nich: narzędziom z napędzanymi ostrzami stosowanymi w obrabiarkach wielozadaniowych oraz pasywnym narzędziom obrotowym stosowanym w uniwersalnych centrach obróbkowych

### PROJEKT 1

### Wprawić same narzędzie w ruch

Skonstruowanie pasywnych narzędzi z obrotowymi płytkami, wykorzystując możliwości obrabiarek wielozadaniowych

Około 20 lat temu firma Mitsubishi Materials jako pierwsza opracowała narzędzia skrawające z obrotowymi płytkami do tokarek. Zastosowano wtedy innowacyjny mechanizm, gdzie obrót płytki następował wskutek oporów skrawania. To znacznie zmniejszyło zużycie ściernie brzegu płytki, główną przyczynę niższej trwałości narzędzia podczas obróbki materiałów trudnoskrawalnych. Mimo, że te pierwsze oprawki nowej generacji cieszyły się dużym uznaniem, skomplikowany mechanizm obniżał sztywność oraz były one droższe od standardowych oprawek. Niektórzy klienci wciąż z nich korzystali, ale popyt stopniowo spadał.

W tym czasie byliśmy już w trakcie opracowania nowych narzędzi tego typu. Wykorzystaliśmy wtedy know-how zgromadzone dzięki doświadczeniom zdobytym przy pierwszych narzędziach. Na konstrukcję nowego mechanizmu obrotu duży wpływ wywarło pojawienie się obrabiarek wielozadaniowych. W pierwszych narzędziach z obrotowymi płytkami, obrót płytek uzyskano, wykorzystując opór powstający podczas skrawania, który zależnie od warunków, powodował zmiany momentu obrotowego i trudności w zapewnieniu stabilności obróbki. Sądziliśmy, że jeśli udałoby się uzyskać stabilny, określony z góry moment obrotowy, niezależny od warunków skrawania, mogłoby to skutecznie doprowadzić do opracowania narzędzia obrotowego nowego typu. Przymiarki do skonstruowania nowych narzędzi obrotowych czyniono ok. 10 lat temu.

Mniej więcej w tym samym czasie na Uniwersytecie Rolniczo-Technologicznym w Tokio badania nad narzędziami obrotowymi płytkami prowadził profesor Sasahara. Przez pewien czas konsultowano się z nim w tej sprawie, po czym trzy lata temu rozpoczęto wspólne badania na pełną skalę. Wykorzystując obrabiarkę wielozadaniową, udało się uzyskać samoistną regulację obrotów narzędzia, co wytyczyło drogę do opracowania narzędzi z ostrzami napędzanymi.

Obrabiarka wielozadaniowa nie tylko pozwala na regulację obrotów narzędzia, ale także dowolne ustawianie kątów kontaktu. W związku z tym poszukiwano najlepszej kombinacji parametrów skrawania i kątów kontaktu narzędzia.

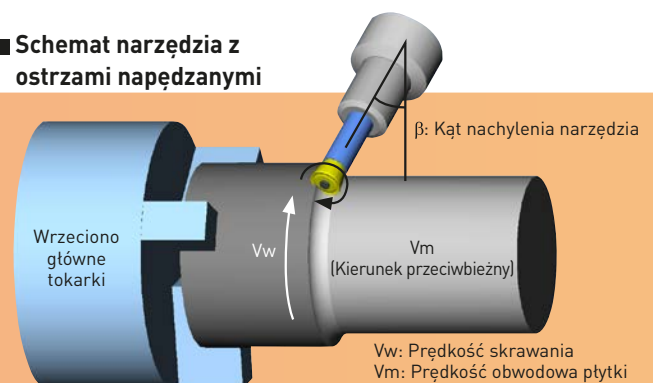
Oprócz częstotliwości obrotów (prędkości obrotowej płytek), istotne jest określenie najlepszego kąta kontaktu. Grubość wióra, mająca duży wpływ na trwałość narzędzia i kierunek spływu, zależy od podstawowych parametrów: prędkości, posuwu i głębokości skrawania. Biorąc pod uwagę te uwarunkowania, w nowej konstrukcji zastosowano różne kąty nachylenia, co mogło spowodować trudności w znalezieniu najlepszej kombinacji parametrów skrawania. W związku z tym, aby określić najlepsze parametry, zwróciliśmy się do profesora Sasahary z prośbą o wykonanie teoretycznej analizy parametrów.

W międzyczasie największym wyzwaniem przy opracowaniu kształtu narzędzi była minimalizacja niewspółosiowości środków przy mocowaniu płytki w oprawce. Większa niewspółosiowość powoduje mimośrodowy obrót względem osi obrotu narzędzia, co powoduje zmianę głębokości skrawania i niezgodność między żądanym a rzeczywistym wymiarem obrabianego detalu. Dodatkowo, zmiany głębokości skrawania powodują zmiany oporu skrawania, powstawanie drgań samowzbudnych i zniszczenie płytek.

Po wielokrotnych próbach udało się zmniejszyć niewspółosiowość płytki i oprawki do poniżej 0.01 mm.

Inny istotny element nowego narzędzia to wewnętrzny kanał chłodziwa. Narzędzie zaprojektowano w tak sposób, że chłodziwo jest podawane z miejsca pomiędzy otworem płytki a śrubą mocującą. Mechanizm ten zapewnia zmniejszenie siły docisku przy montażu płytki w oprawce, a mimo tego konstrukcja ta zapewnia niezbędną siłę mocowania. Płytkę cały czas sama się obraca, co zapewnia równomierne rozpraszanie ciepła wytwarzanego podczas skrawania na całym jej obwodzie. Podawanie chłodziwa z wewnętrznego kanału w oprawce umożliwia skuteczne chłodzenie całej płytki i płynne usuwanie wióra.

#### ■ Schemat narzędzia z ostrzami napędzanymi





Obróbka w toku

Mechanizmy opracowane w trakcie prac rozwojowych

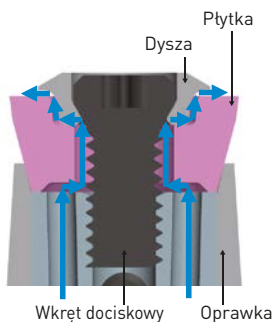
## Uzyskanie 10-krotnie większej trwałości narzędzia niż w przypadku opravek ze zwykłymi płytkami

Zalety nowo opracowanych narzędzi z ostrzami napędzanymi są następujące:

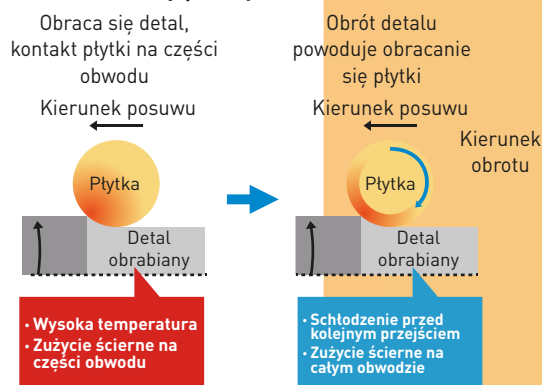
1. Wykorzystanie całego obwodu płytki powodujące zmniejszenie zużycia ściernego i zwiększenie trwałości narzędzia.
2. Stabilne obroty samej płytki skutecznie rozpraszają ciepło skrawania, a wewnętrzny kanał chłodziwa znacznie redukuje zużycie ściernie.
3. Unikutowa konstrukcja mechanizmu zapewnia wysoką dokładność i sztywność zamocowania, oraz wysoką wydajność obróbki.

Cechy te spowodowały radykalne wydłużenie trwałości narzędzia podczas obróbki Inconelu 718 w porównaniu z narzędziami standardowymi. Dodatkowo, narzędzia z ostrzami napędzanymi są przeznaczone nie tylko do obróbki materiałów trudnoskrawalnych takich, jak stopy żaroodporne, ale także do obróbki materiałów kompozytowych zawierających aluminium i stal. W szczególności, skutecznie wpływają one na zmniejszenie całkowitych kosztów eksploatacji poprzez wydłużenie trwałości narzędzia, czyli zmniejszenie częstości wymiany płytek podczas obróbki bezobrotowej lub możliwość obsługi jednocześnie kilku obrabiarek przez mniejszą liczbę operatorów.

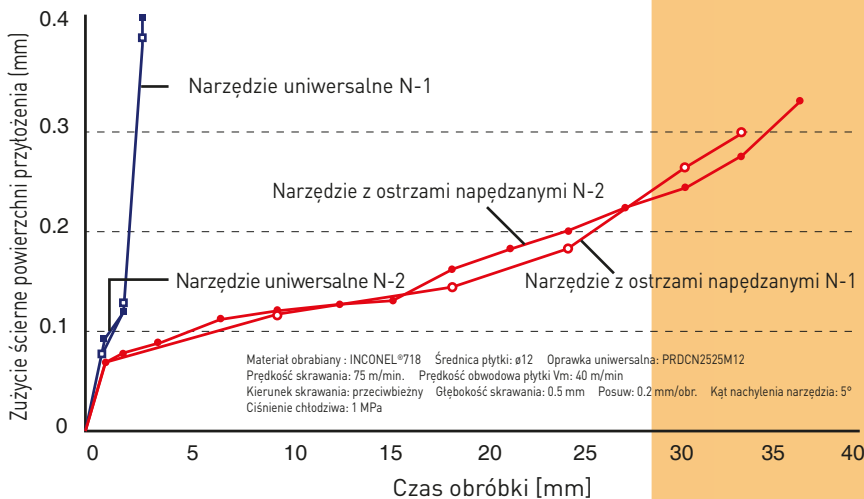
### ■ Konstrukcja kanału chłodziwa



### ■ Mechanizm narzędzia z ostrzami napędzanymi



### ■ Wykres trwałości narzędzia podczas obróbki INCONELU®718



## Czy można było rozwiązać pojawiające się problemy podczas pierwszych prac nad narzędziami z obrotowymi płytkami?

Analizując ogólny współczynnik spęczenia wióra [CR] sądzono, że idealna prędkość obrotowa płytki, umożliwiająca zmniejszenie zużycia powierzchni przyłożenia, często występującego podczas skrawania materiałów trudnoobrabialnych, wynosi około jednej trzeciej prędkości skrawania. W pierwszych narzędziach z obrotowymi płytkami, płytka obracała się wskutek oporów skrawania,

co uniemożliwiało regulację tej prędkości. Dlatego wtedy nie wykonano szczegółowej analizy tej hipotezy.

Dla nowych narzędzi z obrotowymi płytkami mamy kilka parametrów, co utrudnia określenie optymalnych warunków skrawania. Chociaż dla zastosowań ogólnych określone zostały zalecane parametry skrawania

należy pamiętać, że optymalna prędkość obrotowa płytki w stosunku do prędkości skrawania detalu aktualnie wynosi jedną trzecią prędkości przyjętej dla pierwszych narzędzi z obrotowymi płytkami. Narzędzia z ostrzami napędzanymi są aktualnie w trakcie opracowywania, a ich debiut rynkowy planowany jest na rok 2017.



# PRZEŁOMOWE TECHNOLOGIE



[z lewej]: Yuji Takada, Zespół Aero Group w zakładzie Tsukuba, brał udział w opracowaniu pasywnych narzędzi z ostrzami napędzanymi

[z prawej]: Wataru Takahashi: brał udział w opracowaniu narzędzi z ostrzami napędzanymi, Grupa ds. zaawansowanych badań i rozwoju, Centrum Technologii Obróbki, Dział badawczo-rozwojowy

## PROJEKT 2

# Pasywny frez z płytkami obracającymi się samoczynnie podczas skrawania

## Obliczenie teoretycznego momentu obrotowego płytki

Nowy, pasywny frez z obrotowymi płytkami został opracowany z wykorzystaniem know-how zdobytej dzięki doświadczeniom z pierwszym narzędziem tego typu.

Podobnie jak w pierwszym narzędziu z obrotowymi płytkami, firma Mitsubishi Materials stosowała mechanizm powodujący obrót płytki wskutek oporu skrawania we frezach trzpieniowych i czotowych. Wydaje się to niemożliwe, jednak z powodu rozmiarów, we frezach trudno było zamontować mechanizm obrotowy zastosowany w tym pierwszym narzędziu.

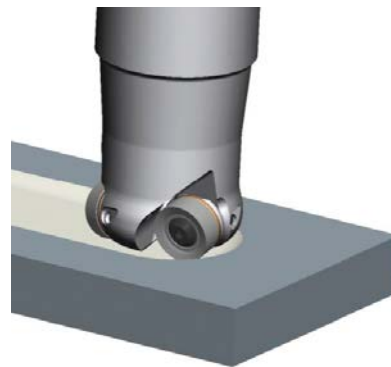
Jednak zastosowanie materiałów trudnoskrawalnych w wielu innych branżach, spowodowało konieczność dalszego udoskonalenia wydajności skrawania, jak również wydłużenia trwałości narzędzia. Około 10 lat temu firma Mitsubishi Materials,

wykorzystując podobne rozwiązanie dla frezów, wspólnie z Uniwersytetem Nagoya i Mitsubishi Heavy Industries Ltd., rozpoczęła wspólne prace nad opracowaniem narzędzi z obrotowymi płytkami.

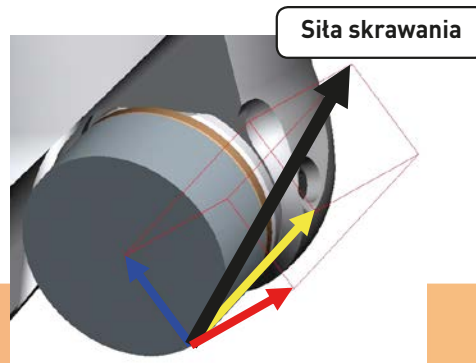
Pierwszym wyzwaniem było określenie idealnego kąta, przy którym opór skrawania powoduje obrót płytki i zapewnienie optymalnego momentu obrotowego. Jeśli opór skrawania jest za niski, moment powodujący obracanie się płytki jest niewystarczający. Jeśli jest za duży, powoduje powstawanie drgań podczas obróbki i prowadzi do zniszczenia oprawki lub płytki. Musieliśmy określić kąt, przy którym na pewno opory skrawania wystarczą do wymuszenia obrotu płytki, dla szerokiego zakresu parametrów skrawania.

Zadanie to z powodzeniem wykonał zespół z Uniwersytetu Nagoya. Stosując skomplikowane

obliczenia, inżynierom udało się określić optymalny kąt ustawienia umożliwiający obroty płytki. W porównaniu z metodą prób i błędów zastosowaną przy opracowaniu pierwszych narzędzi z obrotowymi płytkami, teoretyczne obliczenie optymalnych parametrów znacznie skróciło niezbędny czas prac.



### ■ Mechanizm powstawania siły powodującej obrót płytki



- Siła składowa w kierunku promienia płytki
  - Siła składowa w kierunku stycznej do obwodu płytki
  - Siła składowa prostopadła do powierzchni płytki
- ⇒ Siła napędowa





Trwa obróbka



Pierwsze narzędzie z obrotowymi płytkami

## Uzyskanie 8- do 10-krotnie większej trwałości narzędzia niż dotychczasowych narzędziach Mitsubishi Materials

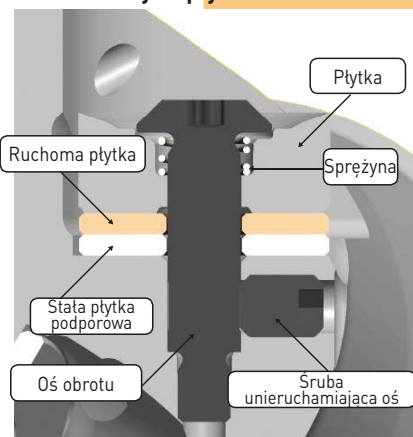
Kolejnym, bardzo trudnym wyzwaniem, było umieszczenie płytki w bardzo wąskim miejscu. Trzeba było skonstruować mechanizm obrotowy, który mógłby być tu zamontowany. Wymagało to optymalizacji luzu między otworem płytki a śrubą dociskową, aby zapewnić płynny obrót płytki podczas obróbki. Jeśli luz byłby za mały, płytka nie obracałaby się, jeśli za duży, powstałyby drgania. Oprócz tego, dla uzyskania wystarczającej sztywności istotne jest, aby zapewnić najlepszą średnicę śruby dociskowej dla płytki o danej wielkości. Po wielokrotnych próbach, analizach, wykonaniu kilku prototypów i wielu eksperymentach, opracowano mechanizm obrotowy ze śrubą mocującą i sprężyną, posiadający zarówno odpowiedni luz, jak i niezbędną wytrzymałość. Jednak gdy koniec prac nad mechanizmem obrotowym był już bliski, trzeba było stawić czoła kolejnemu wyzwaniu. Podczas obrotów, wskutek kontaktu z płytką podporową z węgla spiekanego występowało nierównomierne zużycie spodu płytki skrawającej. Obróty płytki mogłyby zrównać zużycie całego narzędzia, ale opory skrawania powodowały nierównomierne obciążenie

płytki podporowej z węgla spiekanego, duże było także obciążenie w części pod narzędziem. Ze względu na to, że zarówno płytka jak i podkładka były wykonane z węgla spiekanego, ich kontakt i ciągłe obroty pod miejscowym obciążeniem niewątpliwie powodują nierównomierne zużycie. Aby rozwiązać ten problem, pomiędzy płytką a płytką podporową umieszczono dla ochrony ruchomą, metalową płytkę.

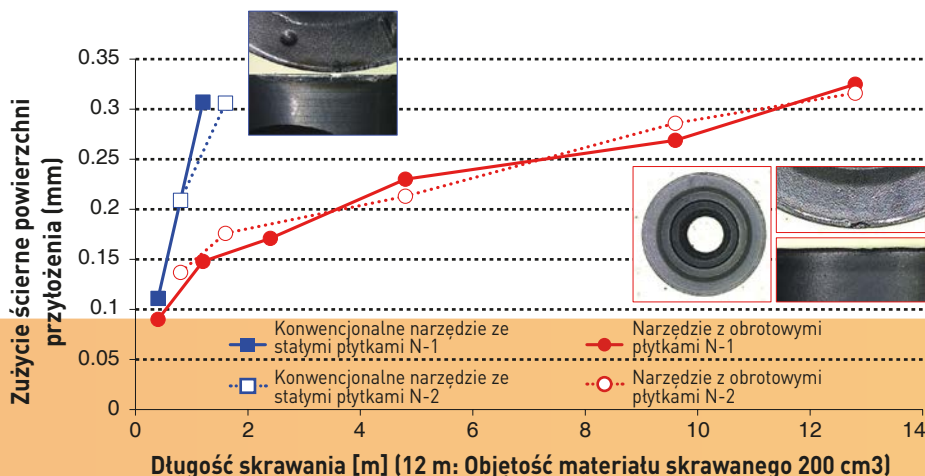
Największą zaletą narzędzi z obrotowymi płytkami jest długi czas obróbki bez konieczności zmiany krawędzi skrawającej, bo jak pokazuje wykres poniżej, mogą one osiągnąć 8 do 10-krotnie większą trwałość w porównaniu do istniejących narzędzi.

Ten pasywny frez z obrotowymi płytkami ma pojawić się na rynku w 2017 r. Planowane jest zastosowanie tego rozwiązania we frezach trzpieniowych, czotowych i narzędziach tokarskich. W miarę rozszerzania asortymentu płytek, planowane jest także opracowanie narzędzi do frezowania z posuwem wzdłużnym.

### Mechanizm narzędzia z obrotowymi płytkami



### Wyniki testów obróbki stopu żaroodpornego <Frez trzpieniowy z obrotowymi płytkami>



Parametry skrawania:  $vc = 30 \text{ m/min}$   $fz = 0.1 \text{ mm/t}$   $ap = 1.0 \text{ mm}$   
 $ae = 18 \text{ mm}$  / ostrze, Obróbka z chłodzeniem Materiał: INCONEL®718





和

# Japońskie *Shuriken*



Obraz Enshi Gou Yochi, autor: Utagawa Kunisada  
Walka wojownika *ninja* który zakradł się do domu

## Co oznacza nazwa *shuriken*?

**S***huriken*, dosłownie oznacza "ostrze ukryte w dłoni", to specjalna broń, stosowana tradycyjnie przez wojowników *ninja*. Również samuraje trenowali postugiwanie się tą bronią, oprócz treningów tucznictwa, szermierki i władania włócznią. Tokugawa Yoshinobu, ostatni Shogun w *okresie Edo*, znany był z biegłości w postugiwaniu się *shurikenami*. Nie ma pewności, co do tego, kiedy i jak *shurikeny* powstały. Niektórzy twierdzą, że *shurikeny* pochodzą od broni kutej używanej w *okresie Sengoku* (1467 - 1568), natomiast

wg innych pochodziły od starożytnej chińskiej broni miotanej. *Efektywny zasięg shurikena* wynosił do 15 metrów. Jest to niewielki pocisk, koloru czarnego, który trudno dostrzec, wskutek czego wrogowi trudno zrobić unik. Aby trafienie było śmiertelne, trzeba go rzucić w określony sposób, *shurikeny* były tradycyjnie używane do odwrócenia uwagi przeciwnika, aby wojownik mógł razić go mieczem lub uciec; mogły one także być pokrywane trucizną i miotane w celu ranienia wrogów. Istnieją dwa rodzaje *shurikenów*, bo *shuriken*

(w kształcie kolca) i *kurumaken* (w kształcie koła); w różnych szkołach sztuk walki stosowano także inne kształty. Jednak kolor był zawsze czarny. Czarny kolor powstawał po umieszczeniu bawełny na nagrzanym *shurikenie* podczas hartowania. Bawełna ulegała spalaniu i przywierała do metalu. Dzięki temu *shurikeny* były nie tylko gorzej widoczne, były także odporne na korozję, łatwe w postugiwaniu się, a ponadto szorstka powierzchnia, powstała wskutek tego procesu, pozwalała zatrzymać truciznę, o ile były nią pokrywane.

## Kim byli wojownicy *ninja*?

**N**iektórzy twierdzą, że wojownicy *ninja* pojawili się w *okresie Asuka*, około 1 400 lat temu. Pierwotnie sądzono, że są to mężczyźni będący na służbie u księcia Shotoku. Znani pod nazwą *shinobi*, gromadzili informacje z dworu cesarskiego. W historycznych dokumentach wspomina się o *shinobi* w *okresie Nambokucho* (1336-1392) i po nim. Termin *ninja* stał się popularny około roku 1955.

**R**ole i nastawienie do wojowników *ninja* w różnych okresach czasu ulegało zmianie. Ich główną rolą nie było jednak branie udziału w walkach. W *okresie Sengoku* *Shinobi* pełnili rolę szpiegów panów feudalnych, a ich zadaniem było

przeniknięcie na terytorium wroga i zbieranie informacji. W związku z tym ich najważniejszym zadaniem było utrzymanie się przy życiu, co motywowało wojowników *ninja* do trenowania różnych umiejętności, w tym postugiwania się *shurikenami*. Najczęściej wojownik *ninja* jest przedstawiany jako szpieg ukryty na strychu i podstuchujący rozmowę odbywającą się w dole. W rzeczywistości najczęściej wtapiali się oni w społeczność lokalną i zbierali informacje z rozmów. W pozbawionym wojen *okresie Edo* (1602 - 1868) główna rola wojowników *ninja* polegała na zbieraniu wszelkich informacji o sytuacji politycznej w sąsiednich terytoriach, celem ochrony własnego terytorium

i władcy. Ponieważ liczba *shinobi* pod koniec *okresu Edo* stopniowo zmniejszała się, w powieściach i literaturze przedstawiano niezgodny z prawdą obraz wojowników *ninja*. *Ninja* byli często przedstawiani jako obdarzone tajemnymi mocami osoby dokonujące kradzieży. W *Kabuki* (tradycyjny teatr japoński) i obrazach *Ukiyoe* (przedstawiających codzienne życie w *okresie Edo*), wojownicy *ninja* byli często ubrani na czarno i trzymali w dłoniach *shuriken*, co wywarło wpływ na współczesny wizerunek wojowników *ninja*. *Ninja* pozostali owiani tajemnicą i będziemy musieli poczekać, aż przyszłe badania powiedzą nam coś więcej o tych interesujących postaciach.



# Rodzaje **Shurikenów**

Istnieją dwa główne rodzaje *shurikenów*, bo *shuriken* (w kształcie kolca) i *kurumaken* (w kształcie koła). *Bo shurikeny* są łatwiejsze w wykonaniu i bardziej niebezpieczne od *kurumakenów*. Z drugiej strony,

*kurumakeny* mają bardziej różnorodne kształty. *Kurumakeny* są bardziej popularne niż *bo shurikeny*, ponieważ mają wiele ostrzy, z których każde może ranić przeciwnika.



U góry z prawej strony widać *bo shuriken*, pozostałe to *kurumakeny* o różnych kształtach.

## Jak trzymać i miotać **shurikenami**?

### Sposób trzymania:

Zależnie od sytuacji, istnieją różne sposoby trzymania *shurikena*. Nie ma jednego, ustalonego sposobu ich miotania. Trzeba trafić w cel, sposób miotania ma mniejsze znaczenie.

[*Bo Shuriken*]



[*Kurumaken*]



Przykład 1

Przykład 2

Przykład 3

## Jak rzucać **shurikenem**

[*Hon-uchi* (tradycyjny sposób rzutu)]

Tradycyjny sposób rzutu *kurumakenem*.

Trzymając wyprostowaną rękę, robimy nią półkole nad głową do przodu.



Pozycja do rzutu.



Rzut *shurikena* bezpośrednio do tarczy.

[*Yoko-uchi* (rzut z ukosa)]

Trzymając rękę z boku, rzucamy ukośnie. Ta technika jest często pokazywana w komiksach, jednak prawie niemożliwa do wykonania. Silny rzut wymaga silnego uchwycenia *shurikena*.

[*Sposób noszenia shurikenów*]

*Shuriken* noszono w woreczku z irchy, zawieszonym przy biodrze. Kilka sztuk *Shurikenów* wkładano także do ukrytej kieszeni na piersi dla bezpieczeństwa i łatwego dostępu w razie ataku przeciwnika

## Od redakcji

Publikacja numeru 5 czasopisma branżowego MMC była możliwa dzięki poświęceniu i zaangażowaniu wielu osób. Pragnę wyrazić moją głęboką wdzięczność wszystkim osobom, z którymi przeprowadziliśmy wywiady.

Niniejszy numer jest poświęcony branży lotniczej i jest kontynuacją numeru 1. W produkcji samolotów w pełni wykorzystuje się najbardziej zaawansowane materiały i technologie obróbki. Zamieszczamy tu wywiady z osobami rzeczywiście zaangażowanymi w obróbkę części do samolotu. Mamy nadzieję, że przybliżą one Państwu nasze działania, oraz szczegóły techniczne. Wydanie niniejsze zawiera również specjalny raport dotyczący nowych materiałów - kompozytów CFRP. Kompozyty CFRP są obecnie powszechnie stosowane, ale stoi za nimi długa historia prac, wsparta zapalem japońskich producentów. Mam także nadzieję, że to wydanie pomoże ukazać możliwości i wagę naszej pracy dla przemysłu lotniczego, a także informować o jego nieustannym rozwoju w Japonii i na całym świecie

Yutaka Nada  
Redaktor naczelny

Your Global Craftsman Studio, Nr 5  
Opracowanie: Dział strategii biznesowej  
Advanced Materials & Tools Company  
Mitsubishi Materials Corporation

Kopiowanie lub reprodukcja treści niniejszego magazynu bez zezwolenia, w tym tekstów i zdjęć jest zabronione.

## Krótko o **Shurikenach**

### 1. Broń wojowników *Ninja*

*Ninja* mieli inną broń, a nie tylko *shurikeny*. Zabierali też np. sierp i tańcuch. Sierp miał niewielkie rozmiary, można go było chwycić jedną ręką. Chowano go do kieszeni, aby łatwo było po niego sięgać.



Współpraca: Muzeum *Ninja* w Iga

### 2. Postacie historyczne a wojownicy *ninja*

Krążyły pogłoski, że sporo postaci historycznych było wojownikami *ninja*. Przykładowo, niektórzy uważali, że Bashō Matsuo - podróżnik, autor dziennika poetyckiego *Ścieżki północy* oraz Goemon Ishikawa - legendarny japoński banita, który zabierał bogatym i oddawał biednym, też byli wojownikami *ninja*. To oczywiście możliwe tak, jak możliwe, że wiele innych osób również było wojownikami *ninja*.



### 3. Wojownicy *ninja* nie zawsze byli ubrani na czarno.

Wyobrażamy sobie, że wojownicy *ninja* byli ubrani na czarno, ale *Shoninki*, jedna z trzech ksiąg o tajemnicach sztuki *ninja* opisuje wojownika *ninja* ubranego na ciemnobrązowo lub ciemnoniebiesko. Zanim wprowadzono elektryczność odzież nie musiała mieć czarnego koloru, aby być ledwo widoczna w nocy.







## Firma Mitsubishi Materials to nie tylko producent narzędzi

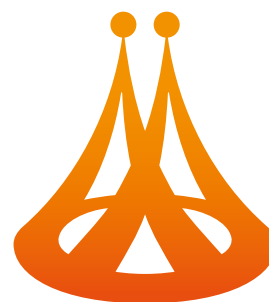
Staramy się natychmiast odpowiadać na wyzwania stojące przed klientami i aktywnie przyczyniać się do ich sukcesów z poświęceniem właściwym dla rzemieślnika profesjonalisty - artysty w swoim fachu.

Poprzez nasz magazyn "Your Global Craftsman Studio" pragniemy być jedynym producentem narzędzi, oferującym jedyny w swoim rodzaju serwis dla naszych klientów na całym świecie.

Nasz magazyn to miejsce, w którym możesz:  
Znaleźć najnowocześniejsze technologie i produkty.  
Znaleźć interesujące Cię rozwiązania w każdym czasie i w każdym miejscu na świecie.  
Dzielić nasze zainteresowanie najnowszymi osiągnięciami technologicznymi i innowacyjnymi produktami.

To forum wymiany przemyśleń, i tworzenia wspólnie z naszymi klientami fascynujących rozwiązań, spełniających ich indywidualne potrzeby.

**YOUR GLOBAL CRAFTSMAN STUDIO**  
MITSUBISHI MATERIALS



## YOUR GLOBAL CRAFTSMAN STUDIO

### Co oznacza nasze logo?

Nasze logo przedstawia osoby ustawione w krąg i trzymające się za ręce. Krąg symbolizuje ziemię. Trzymanie się za ręce to nasza zasada, aby rozwijać się, odnosić sukces idąc "ręka w rękę" z klientami z całego świata i współpracować z nimi w rozwijaniu nowoczesnych technologii. Kształt logo zawiera w sobie kilka znaczeń. W sposób symboliczny łączy kształt narzędzia skrawającego z dominującą literą M, oznaczającą markę Mitsubishi Materials. Wyobraża on także płomień - symbol zapatu właściwego fachowcom.

 **MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION**

