



# ZWIĘKSZAMY RENTOWNOŚĆ

Obrabiamy inteligentnie

## NOWE ROZWIĄZANIA W OBRÓBCE ZA AWANSOWANYCH KOMPOZYTÓW

**Lżejsze i bardziej wytrzymałe niż kiedykolwiek wcześniej** – nowa generacja tworzyw sztucznych z włóknami węglowymi (z ang. CFRP – *carbon fiber reinforced plastics*) oraz laminatów podnosi poziomy wydajności w zakresie zastosowań poczynając od nart do skakania i rakiet tenisowych, a kończąc na lotnictwie wojskowym i samochodach. W grudniowym wydaniu 2010 roku „Technologia Kompozytów” stwierdziła: „Nie ma technologii która przyniesie producentom samochodów zmniejszenie ich masy szybciej niż tworzywa wzmocnione włóknami węglowymi”.

Jako materiał obrabiany wpłynął on na powstanie nowych wyzwań produkcyjnych, w szczególności obróbek.

Podczas gdy wspaniałe jako materiały konstrukcyjne stosowane w szkieletach kadłubów lotniczych i statków, wzmocnione włóknami epoksydy, poliester i winyl są twarde dla narzędzi i mniej wybaczące nawet dla małych odchyłeń w obróbce.

Na szczęście nowa generacja narzędzi skrawających jest projektowana do najczęściej występujących operacji we wszystkich typach kompozytów. Na przykład linia wiertel i frezów firmy **ISCAR** z **PCD** (z ang. *Polycrystalline Diamond*) oferuje najszerszą, sprawdzoną dla poszczególnych kompozytów linię narzędzi dostępnych w przemyśle. Znajdziemy tutaj wiertła dedykowane zarówno grubym materiałom z warstwą aluminium na spodzie jak i cienkim z warstwą **CFRP**. Są to kombinacje wiertel z nawiertakami, wiertel z rozwiertakami, frezów tarczowych oraz frezowiertel. Ta lista ciągle się powiększa o nowe rozwiązania. W ostatnim czasie można stwierdzić, iż od momentu wprowadzenia w życie wzmocnionych kompozytów, jesteśmy w stanie znaleźć dla nich bezkompromisowe narzędzie do każdego zadania w ich obróbce.

Aktualnie wybranym typem do obróbki kompozytów jest narzędzie z pełnowęglkowym rdzeniem pokryte cienką warstwą **PCD**, wlutowanym ostrzem z **PCD** lub specjalną warstwą z **PCD** na krawędzi skrawającej. Dosłownie w tysiącach rzeczywistych zastosowań dla każdego z kompozytów ten typ narzędzia **ISCAR** przewyższył inne, włączając narzędzia pełnowęglkowe z pokryciem diamentowym otrzymanym metodą **CVD** (z ang. *Chemical Vapor Deposition*).

Przyczyny są jasne. Pełnowęglkowy rdzeń daje sztywność i dokładność wymiarową niezbędną do utrzymania wąskich tolerancji wymiarów i położenia, jak również do uzyskania gładkiej powierzchni. Pełny węgiel daje także możliwość rozpoczęcia obróbki z optymalną geometrią ostrza, która zminimalizuje siły skrawania, ilość cie-

pła oraz nieobrobionych włókien, a także postrzępień i zadziorów podczas tworzenia wiórów. Cienka warstwa pokrycia **PCD** (lub płytka z końcówką **PCD**) daje odporność na zużycie krawędzi skrawającej, która utrzymuje optymalną geometrię dłużej w porównaniu do standardowego okresu trwałości.

Zauważmy wzrost znaczenia cienkich pokryć **PCD**. Dostarczają one narzędziom odporności na zużycie charakterystycznej dla diamentów, jednocześnie pozwalają na zachowywanie idealnej geometrii skrawającej tworzonej w węglowym rdzeniu. Dla kontrastu, metoda **CVD** (z ang. *Chemical Vapor Deposition*) nieuchronnie tworzy grubszą warstwę, która może szkodzić utworzeniu optymalnej geometrii.

W zależności od aplikacji podajemy poniżej kilka zaleceń o których należy pamiętać gdy obrabiamy tworzywa CFRP lub inne warstwowe materiały.

### OBRÓBKA OTWORÓW

Wykonywanie otworów, głównie pod nity jest podstawowym procesem w obróbce kompozytów. Z powodu ich wrodzonej twardości i stabilności wymiarowej, kompozyty RFP trudno pozbywają się naprężeń powodujących niewspółosiowość, które wprowadzane są w czasie produkcji poprzez niecentryczne otwory nitowe. Wczesne rozwiązania skupiały się na wierceniu otworów po okręgu na obrabiarkach CNC, a następnie finalnym wykonaniu średnicy poprzez interpolację kołową, wykorzystując narzędzia z pełnego węgla. Aktualnie jest to tylko proces frezowania interpolacyjnego, który używa narzędzia o średnicy mniejszej niż średnica otworu obrabianego. Pozwala to także na zastosowanie jednego narzędzia do wielu średnic wykonywanych otworów, a także do obróbki otworów o nieregularnych kształtach, zmniejszając w ten sposób koszty narzędziowe. Odporność na zużycie nadal pozostała problemem, jednakże stosując metodę pracy „po okręgu” skompensowano jego skutki.

Taka metoda utrzymywania wymiaru nie wpływała na finalną jakość powierzchni lub zwiększenie wydzielania ciepła.

## DIAMENTOWE NARZĘDZIA WĘGLIKOWE

Wyposażone w ostrza diamentowe wiertła pełnowęglkowe, które opisaliśmy wcześniej, udowodniły z powodzeniem, iż pozostają dłużej ostre niż zwykłe narzędzia pełnowęglkowe w obróbce kompozytów.

Aktualnie proponujemy cztery rodzaje ulepszonych narzędzi diamentowych do obróbki kompozytów (rys. 1):

- **węglik z diamentem pokrywanym metodą CVD** – łączy diamentową odporność na zużycie z dokładnością wymiarową narzędzia węglkowego. Minusem jest to, iż pokrycie jest relatywnie grubsze, co może szkodzić ostrości i właściwej geometrii krawędzi skrawającej;

- **węglik pokrywany PCD** – oferuje te same korzyści plus lepszą ostrość i kontrolę geometrii na krawędzi skrawającej;

- **wlutowane ostrze PCD** w węglkowym korpusie – stosowane wtedy, gdy odporność diamentu na zużycie jest potrzebna tylko na głównej krawędzi (rys. 2);

- węgliki z włóknem diamentowym – cechują się włóknami PCD spojonymi z rowkami wykonanymi w węglkowym korpusie.

Jedną z ostatnich osiągnięć **ISCAR** w wierceniu kompozytów jest nowa innowacyjna głowica **MULTI-MASTER** z systemu cechującego się brakiem czasu pomocniczego i umożliwiającego zamocowanie wielu różnorodnych końcówek w jednym trzpieniu. Nowa głowica składa się z diamentowych ostrzy o geometrii dedykowanej do obróbki kompozytów. Spełniają one zadania dotyczące obróbki zgrubej, średniej i wykańczającej. Geometria ta pozwala



Rys. 1. Przykład narzędzia diamentowego



Rys. 2. Wiertło z wlutowanymi ostrzami PCD



Rys. 3. Głowica MULTI-MASTER z wlutowanymi ostrzami PCD

na wybieranie otworów i obróbkę rowków oraz obróbkę powierzchni bocznych. Ponieważ średnica uchwytu jest mniejsza niż średnica głowicy, nie ma niebezpieczeństwa jego styku z powierzchnią boczną detalu. Proces przebiega zatem w chłodniejszej atmosferze (rys. 3). Inną obiecującą nowością jest **ISCAR SOLIDRILL-REAM**, kombinacja wiertła i rozwiertaka z konstrukcją służącą do produkcji bardziej dokładnych otworów w jednym przejściu. Oddzielone od siebie wlutowane w tym samym korpusie końcówki PCD wiercą i rozwiercają podczas jednego ruchu roboczego.

## POPRAWIAJĄC OBRÓBKĘ OTWORÓW

Poniżej zawarliśmy parę wskazówek dla poprawienia lub wykrycia i usunięcia problemów w operacjach wiercenia w kompozytach:

- utrzymuj małe siły skrawania aby zminimalizować rozwarstwianie i naprężenia w materiale;

- w rdzeniach aluminiowych o budowie plastra miodu lub gąbki, wiertła pełnowęglkowe będą prawdopodobnie wystarczające. Im twardszy rdzeń i wyższa zawartość wytrzymałych włókien, tym więcej będziesz potrzebował diamentowych pokryć PCD na krawędziach skrawających;

- jeśli średnica pozwala na to, wiercenie interpolacyjne z użyciem freza pełnowęglkowego lub głowicy **MULTI-MASTER** z wlutowanymi końcówkami z PCD jest lepsze niż klasyczne wiercenie.

- dla płytkich otworów użyj krótkich i grubych wiertel z chwytem prostym. Dla głębszych otworów opracuj proces uwzględniający niezawodne usuwanie wszystkich rodzajów wióra. Rozważ cykliczne wiercenie i stałe chłodzenie, jeśli to możliwe.

- dobierz prędkości skrawania i posuwu odpowiednie do warstw zastosowanych w laminacie. Bądź gotów do zmian tych parametrów dla każdej z nich, w zależności od położenia wiertła podczas całego procesu skrawania.

- dobierz geometrię bazując na ostatniej warstwie materiału. Jeśli jest to tworzywo – użyj wiertła stożkowego z długim kątem wierzchołkowym. Jeśli ostatnią warstwą jest aluminium lub tytan – mocno ścięte wiertło z ostrym kątem wierzchołkowym wyjdzie z materiału bardziej płynnie i pozostawi mniejszą ilość zadziorów. Wiertło stożkowe mogłoby tylko zabrudzić aluminium.

W grubszych strukturach kompozytów należy zwrócić uwagę zarówno na zjawisko narostu powstającego wskutek temperatury jak i skłonności do zakleszczania się wiórów w procesie ich odprowadzania na zewnątrz materiału. Wybieraj wiertła o płytkich i szerokich rowkach wiórowych oraz większym kącie pochylenia linii śrubowej.

## A CO Z OBRÓBKĄ TYTANU?

Kiedy warstwa tytanu znajduje się w składzie kompozytu, preferuje się wszystko, czego nie lubią kompozyty. Aby zapobiec utwardzaniu lub przegrzewaniu i aby

uzyskać prawidłowy spływ wióra, dobierz narzędzie z małymi kątami przyłożenia i natarcia oraz zastosuj małe prędkości skrawania. Mimo, iż generalnie chłodzenie cieczą lub mgłą nie jest stosowane, to może być to nieuniknione dla tytanu z powodu wytwarzanego ciepła i/lub wypłukiwania wiórów.

Mówiąc krótko, trzeba zrobić wszystko w zakresie doboru narzędzia uwzględniając grubość kompozytu oraz położenie warstw metalowych i z tworzywa. Musi być to wyważone. Stos zawierający więcej metali faworyzuje narzędzia pełnowęglkowe z chłodzeniem wewnętrznym. Natomiast dla stosu, w którym więcej jest warstw CFRP, lepsze będą narzędzia na bazie PCD.

Upewnij się, iż proces obróbki niezawodnie łamie wióry powstałe z obróbki tytanu na bardzo małe i łatwo nadające się do usunięcia. W szczególności nie ryzykuj powstawaniem wiórów tytanowych o takiej długości, które mogą spowodować ich zakleszczenie w otworze. Podsumowując: najbardziej efektywnym sposobem są małe prędkości i przerywane cykle.

## FREZOWANIE KOMPOZYTÓW

Frezowanie kompozytów, podobnie jak wiercenie, stawia wysokie wymagania. Jeśli narzędzie będzie napotykać wiele różnych warstw w tym samym czasie, to tworząc proces musimy brać pod uwagę wszystkie ograniczenia jakie napotkamy. Jeśli obrabiamy warstwę po warstwie, może będziesz musiał dostosować parametry do aktualnie obrabianej warstwy. To jest przyczyną, dla czego **ISCAR** skonstruował tak wiele bardzo popularnych odmian głowic i frezów w wersjach dedykowanych do obróbki CFRP i wieloskładnikowych laminatów. Frezy pełnowęglkowe **ISCAR** z rodziny **SOLIDMILL** do obróbki zgrubnej i wykańczającej są teraz dostępne z optymalną warstwą pokrycia wykonaną z diamentu. Frezy piłkowe i tarczowe z grupy **TANGSLIT** i **TANGSLOT** mogą teraz być zaoferowane z ostrzami zawierającymi PCD. Także wszechstronne płytki z grupy **HELI2000** są obecnie dostępne z narożami wykonanymi z PCD. Wszystkie mają sprawdzoną wysoką efektywność w przemyśle lotniczym, przy produkcji setek wsporników do skrzydeł i kadłubów samolotów, w przemyśle wojskowym i innych zastosowa-

waniach komercyjnych (rys. 4). Na życzenie, firma **ISCAR** może dostarczyć specjalnie zaprojektowane rozwiązania o kształcie narzędzi lutowanych, przystosowanych do obróbki materiałów kompozytowych.

## DAŻĄC DO NOWOCZESNOŚCI

Jeśli nie zmieniłeś nic w procesach obróbki kompozytów w ciągu ostatnich dwóch lat, definitywnie straciłeś okazję do uzyskania wielkich zysków w efektywności, jakości i trwałości ostrza, a co za tym idzie konkurencyjności na prosperującym rynku. Ostatnio mnóstwo się zmieniło, co może tworzyć szansę dla Ciebie. W tym bardzo wymagającym sektorze obróbki zawsze powinieneś pytać o najnowsze rozwiązania doświadczonego dostawcę pełnej gamy takich narzędzi jakim jest **ISCAR**. Otrzymasz szybką odpowiedź i zobaczysz, iż Twoja produktywność będzie znacząco poprawiona.



Rys. 4. Kadłub samolotu wykonany z kompozytów

**ISCAR Poland Sp. z o.o. / 40-432 Katowice / ul. Gospodarcza 14**  
 tel. + 48 (32) 735 77 00 / fax + 48 (32) 735 77 01 / [iscar@iscar.pl](mailto:iscar@iscar.pl) / [www.iscar.pl](http://www.iscar.pl)



### Więcej informacji u naszych lokalnych przedstawicieli:

<b>Bielsko-Biała</b> 605 613 988 601 542 856	<b>Bydgoszcz</b> 661 961 116	<b>Elbląg</b> 603 784 606	<b>Gorzów Wlkp.</b> 608 099 522	<b>Gliwice</b> 663 774 603	<b>Jarocin</b> 665 912 277	<b>Jawor</b> 691 394 448	<b>Kalisz</b> 693 339 246	<b>Kielce</b> 603 701 192
<b>Kraków</b> 601 571 171	<b>Krosno</b> 601 547 727	<b>Poznań</b> 601 519 322	<b>Rzeszów</b> 785 204 255	<b>Stalowa Wola</b> 661 968 355	<b>Szczecin</b> 601 328 355	<b>Warszawa</b> 601 259 371 601 383 431	<b>Wrocław</b> 601 542 821	<b>Zawiercie</b> 603 780 920