

Narzędzia firmy Gühring dla przemysłu lotniczego. Obróbka materiałów kompozytowych i wielowarstwowych

SŁAWOMIR PIESIO *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.10.370

Wprowadzenie do tematyki obróbki materiałów kompozytowych i wielowarstwowych stosowanych w przemyśle lotniczym. Przykłady narzędzi oraz zagadnienia i problemy pojawiające się w czasie obróbki i sposoby ich rozwiązania.

SŁOWA KLUCZOWE: kompozyty, narzędzia, obróbka

Szybki rozwój przemysłu, głównie lotniczego, obronnego i motoryzacyjnego, a także ciągłe poszukiwanie i wdrażanie nowych, lekkich, a zarazem bardzo wytrzymałych materiałów, powoduje znaczny wzrost zapotrzebowania na kompozyty. Pozytywne wdrożenie ich w jednych dziedzinach sprawia, że są one rozpowszechniane w innych segmentach rynku i wdrażane np. w przemyśle energetycznym (turbiny wiatrowe), stoczniowym, budowlanym, przy produkcji narzędzi i sprzętu służącego do codziennego użytku, sportu i rekreacji. Wprowadzanie nowych materiałów wywołuje nowe problemy i zagadnienia związane z ich obróbką i eksploatacją. Często też wymagania jakościowe są znacznie wyższe niż w przypadku materiałów konwencjonalnych. Dlatego konieczne jest ciągle szukanie nowych rozwiązań i konstrukcji, także w segmencie narzędzi skrawających służących od ich obróbki. Materiały kompozytowe są to materiały o strukturze niejednorodnej, złożone z dwóch lub wielu komponentów o różnych właściwościach, których połączenie nadaje im nowe cechy (np. zmniejszenie wagi, stabilność wymiarową, zwiększenie odporności na ścieranie i wysoką temperaturę). Najczęściej jeden z komponentów stanowi osnowę (lepiszcze), która gwarantuje spójność, odporność cieplną, twardość i elastyczność, a komponent konstrukcyjny zapewnia pozostałe własności mechaniczne i wytrzymałościowe. Jako komponenty konstrukcyjne mogą być wykorzystane cząsteczki lub włókna z przeróżnych materiałów, np. metalowe, szklane, węglowe czy aramidowe. Do lepiszczy zaliczają się różnego rodzaju żywice syntetyczne, ale także osnowy metaliczne i ceramiczne. Bardzo istotny wpływ na własności wytrzymałościowe kompozytów mają kształt, wielkość i sposób położenia włókien i cząsteczek, tworzących jakby zbrojenie całości. Włókna mogą być ułożone luźno lub jednokierunkowo, tkane w dwóch kierunkach (krzyżowo) itd. Obecnie bardzo często w przemyśle są stosowane laminaty – kompozyty warstwowo zbrojone włóknem węglowym (skrót z niem. CFK lub z ang. CFRP) lub szklanym (skrót z niem. GFK lub z ang. GFRP). Innym rodzajem kompozytów są materiały wielowarstwowe (kompozyty strukturalne), w których występują ciągłe struktury komponentów konstrukcyjnych ułożonych sposób geometryczny. Takie kompozyty mogą się składać np. z warstw aluminium, tytanu, laminatów czy struktury w postaci plastra miodu. Pojęcie materiałów kompozytowych jest bardzo obszerne i w tym artykule ograniczone zostało tylko do materiałów najczęściej stosowanych w przemyśle lotniczym.

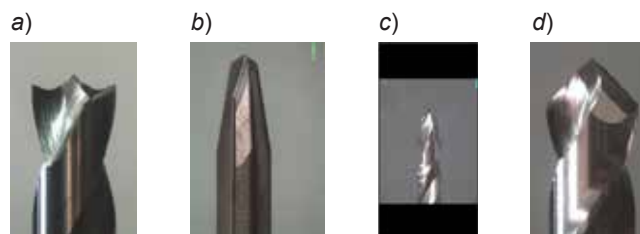
Zagadnienia i problemy podczas obróbki materiałów kompozytowych

Jednym z największych problemów w czasie obróbki jest delaminacja, czyli rozwarstwianie się laminatów, na skutek działania czynników zewnętrznych, takich jak zmienne obciążenia, zmiany temperatury oraz wady materiałowe. W laminatach siły adhezyjne żywicy utrzymują włókna razem i to głównie jej właściwości jako osnowy określają odporność na delaminację. Bardzo ważnym czynnikiem jest też sposób ułożenia włókien wzmacniających. Najmniej narażone na rozwarstwianie są kompozyty o włóknach w formie plecionych mat, a najbardziej te o włóknach układanych w formie warstw jednokierunkowych.



Rys. 1. Przykłady delaminacji kompozytów

Podczas wiercenia i frezowania najczęściej problemów sprawiają warstwy zewnętrzne obrabianego materiału. Działają tam najmniejsze siły spajające włókna, które w tym miejscu są najbardziej podatne na uszkodzenie (rys. 1). Innym problemem jest wrywanie włókien w otworze. Gdy geometria narzędzia nie jest odpowiednio dobrana do obróbki laminatów lub narzędzie jest stępione, to włókna nie są do końca odcinane (początkowo są nacięte, a później odrywane) i tworzą nierówną, uszkodzoną powierzchnię obrabianą. Kolejnym problemem są uszkodzenia termiczne laminatów, powstające na skutek działania wysokich temperatur podczas obróbki.

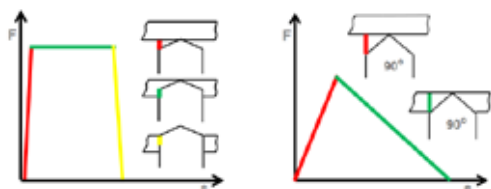


Rys. 2. Przykłady narzędzi do obróbki otworów w laminatach: a) wiertło z geometrią typu „rybi ogon”, b) wiertło-rozwiertak z geometrią typu „DAGER”, c) wiertło z geometrią kalibrującą, d) wiertło z kątem wierzchołkowym 90°

Aby temu zapobiec, stosuje się różne geometrie (rys. 2 i 5), materiały ostrza i powłoki, mające na celu zmniejszenie oraz korzystniejsze rozłożenie sił powstających podczas skrawania, lepsze odprowadzanie ciepła ze strefy obróbki i oczywiście wydłużenie trwałości narzędzia. Obecnie do obróbki laminatów stosuje się narzędzia z ostrzami ze stali

* Mgr inż. Sławomir Piesio (spiesio@guehring.pl) – Gühring Sp. z o.o.

szybkotnącej, węgliką spiekane go i diamentu syntetycznego (PKD). Każdy materiał ma swoje wady i zalety. Przy obróbce ręcznej często stosowane są stale szybkotnące ze względu na elastyczność, a także niski koszt. Jednak ich bardzo niska trwałość i coraz powszechniejsze stosowanie różnych przystawek i statywów wiertarskich powodują, że wypierają je węgliki spiekane. Z kolei na narzędziach z ostrzami PKD można uzyskać dużą trwałość, zmniejszyć ciepło powstające w czasie pracy i uzyskać najmniej zaokrągloną krawędź tnącą, jednak koszt ich wytworzenia jest dość wysoki i wymagają stabilnej obróbki. Szybki rozwój pojawił się w powłokach narzędziowych. Coraz popularniejsze są powłoki diamentowe pozwalające na znaczne zwiększenie trwałości narzędzi, jednak grubość ich jest większa (ok. $\sim 10 \mu\text{m}$) niż przy powłokach PVD, co powoduje większe zaokrąglenie ostrza, a dodatkowo tak pokrytych narzędzi zazwyczaj nie regeneruje się. Firma Gühring wprowadziła powłokę o nazwie SIGNUM, która charakteryzuje się stosunkowo wysoką twardością (5500 HV), a jednocześnie jest dość cienka ($\sim 3 \mu\text{m}$) i dzięki temu dobrze sprawdza się przy obróbce tak ręcznej i mechanicznej. Czasami, aby rozwiązać jakiś problem, wystarczy tylko zoptymalizować geometrię narzędzia. Jednym ze sposobów przeciwdziałania rozwarstwianiu laminatu jest np. zastosowanie wiertła z geometrią typu „rybi ogon” (rys. 2a). Powoduje ona, że przy przebijaniu dna, dzięki szpicowi centralnemu o kącie wierzchołkowym 90° następuje redukcja sił nacisku, a naróża wiertła łatwiej odcinają włókna. Przy wierceniu ręcznym przy przebijaniu dna następuje raptowne zmniejszenie sił osiowych, co powoduje niekontrolowane zagłębienie się narzędzia i w konsekwencji uszkodzenie warstw laminatu na wyjściu z otworu. Zastosowanie kąta wierzchołkowego 90° (rys. 2d i 3) powoduje, że narzędzie lepiej się centruje, rozkład sił osiowych jest bardziej „łagodny” i można łatwiej kontrolować obróbkę.



Rys. 3. Siły osiowe powstające podczas wiercenia ręcznego wiertłem standardowym i o kącie wierzchołkowym 90°

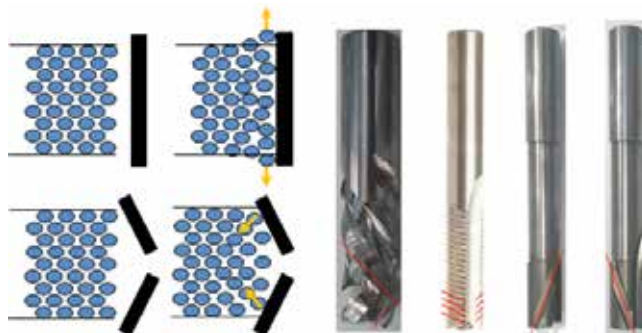
Przy obróbce ręcznej można też zastosować przystawkę wiertarską (rys. 4). Używa się jej ze standardowymi wiertłami, ale dzięki niej łatwiej jest uzyskać prostopadłość osi otworu do powierzchni obrabianej, a poprzez zastosowanie tłumika następuje redukcja siły osiowej tak, że nie ma efektu raptownego przebijania dna.



Rys. 4. Przyrząd firmy Gühring ułatwiający wiercenie ręczne

Trochę inaczej wygląda delaminacja przy frezowaniu. Przy frezach z ostrzami tnącymi prostymi lub skrętnymi w jedną stronę nacisk sił skrawających na włókna maty

kompozytu w warstwie zewnętrznej powoduje „wypychanie” włókien na zewnątrz materiału, gdzie nie są one do końca odcinane. Dzięki zastosowaniu frezów kompresyjnych, czyli takich, których ostrza skrócone są w dwóch przeciwległych kierunkach, w czasie obróbki włókna są kierowane do wewnątrz materiału obrabianego, który je „przytrzymuje” i to pozwala na ich bezproblemowe odcięcie (rys. 5). Dodatkowo, aby zredukować zjawisko delaminacji, powinno się stosować wysokie prędkości skrawania.



Rys. 5. Frezowanie kompresyjne laminatów CFK – przykłady narzędzi

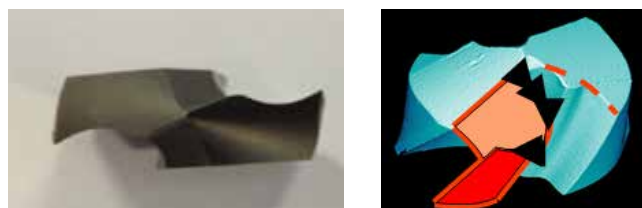
Jeszcze inny rodzaj wyzwania stanowi obróbka kompozytów wielowarstwowych. Poszczególne materiały wchodzące w ich skład charakteryzują się całkiem różnymi właściwościami i teoretycznie do optymalnej obróbki wymagają innych geometrii narzędzi i parametrów skrawania. Przykładem problemów powstających w czasie obróbki może być wykonywanie otworów w kompozycie warstwowym CFK/Ti/Al. Górna warstwa wykonana jest z laminatu wzmacnianego włóknom węglowym i tu na wejściu otworu powstają wyrwania i delaminacja. Długie wióry tworzone w czasie obróbki środkowej warstwy tytanu wyrwywają włókna i uszkadzają powierzchnię otworu we wcześniej obrabianej warstwie CFK. Z kolei w warstwie aluminium przy przebijaniu dna powstają kołnierze i zadziory. Aby zapobiec tym problemom, stosuje się różne prędkości i posuwy dla różnych warstw kompozytów, obróbkę z zatrzymywaniem co kilka milimetrów w celu rozdzielania długich wiórów tytanowych. Wprowadza się nowe, specjalne geometrie narzędzi, np. z łamaczami wiórów lub ostrzami kalibrującymi, i różne powłoki.

Na rys. 6 podano przykład zastosowania specjalnej geometrii dla płytki wymiennej do wiertła HT800 firmy Gühring. Obróbka otworu $\varnothing 25,4 \text{ mm}$ w kompozycie warstwowym CFK 16mm/Ti 21mm. Łamacz wiórów wzdłuż rowka wiórowego powoduje lepsze zwijanie, łamanie i odprowadzanie wiórów tytanowych.

Parametry skrawania:

$V_c = 90 \text{ m/min}$ (dla CFK) i 10 m/min (dla Ti),

$f = 0,1 \text{ mm/obr}$ (dla CFK i Ti)



Rys. 6. Przykład płytki wymiennej z łamaczem wiórów do wiertła HT800 firmy Gühring

LITERATURA

1. Katalogi i materiały informacyjne firmy Gühring.
2. Subbotko R. „Nowoczesne narzędzia. Obróbka materiałów dla przemysłu lotniczego”. *Mechanik* 8+9/2013.
3. Internet.

