



Z DZIAŁALNOŚCI CIRP

The International Academy for Production Engineering
Międzynarodowa Akademia Inżynierii Produkcji

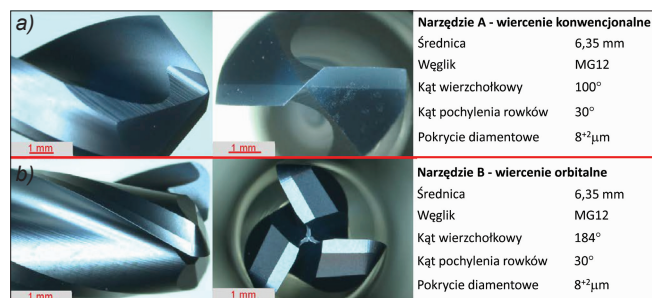
Porównanie wiercenia konwencjonalnego i orbitalnego na przykładzie obróbki otworów w tworzywach sztucznych wzmocnianych włóknem węglowym

Tworzywa sztuczne wzmocnione włóknem węglowym – typu CFRP (*carbon fibre reinforced plastics*) – są we współczesnym przemyśle lotniczym najczęściej używanymi materiałami. Wiercenie w tych bardzo ściernych materiałach wymaga procesu zapewniającego wysoką jakość otworów, wystarczającą trwałość ostrza i krótki czas obróbki. Alternatywą dla wiercenia konwencjonalnego jest wiercenie orbitalne.

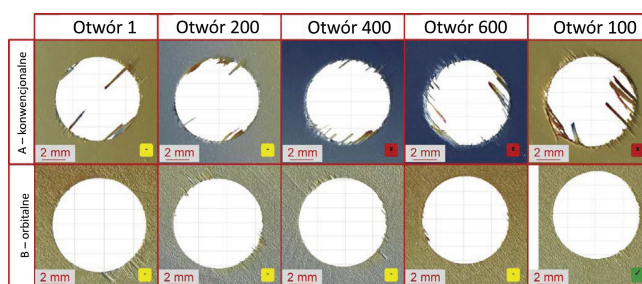
Badanym materiałem był trudnoobrabialny CFRP, w którym wiercono otwory o średnicy $\varnothing 6,35$ mm. Wykorzystano do tego dwa narzędzia (rys. 1): wiertło konwencjonalne, które pracowało z typową prędkością skrawania $v_c = 90$ m/min i posuwem $60 \mu\text{m}/\text{obr}$, oraz frez do wiercenia orbitalnego, który pracował z prędkością skrawania $v_c = 160$ m/min, posuwem osiowym $v_{f,a} = 105$ mm/min ($f_{z,a} = 3,44 \mu\text{m}/\text{ostrze}$) i przeciwbieżnym posuwem obwodowym $v_{f,t} = 535$ mm/min ($f_{z,t} = 17,5 \mu\text{m}/\text{ostrze}$). Oba narzędzia wykonały po 1000 otworów, co odpowiadało 8 m łącznej długości otworów. Na rys. 2 wyraźnie widać trudność, jaką jest wiercenie jednokierunkowego CFRP, a mianowicie delaminację i nieodcięte włókna – ich liczba rośnie wraz z liczbą wykonanych otworów. Problem ten dotyczy zwłaszcza wiercenia konwencjonalnego. Wiercenie orbitalne daje lepsze rezultaty.

Na rys. 3 przedstawiono zmienność sił skrawania towarzyszącą zużyciu się obu narzędzi. Wysokie, rosnące niemal liniowo wartości siły posuwowej przy wierceniu konwencjonalnym są przyczyną wielkiej delaminacji (rys. 2). Siły skrawania przy wierceniu orbitalnym pozostają niskie niezależnie od stopnia zużycia ostrza, co wynika z wyeliminowania bliskich zera prędkości skrawania na osi narzędzia.

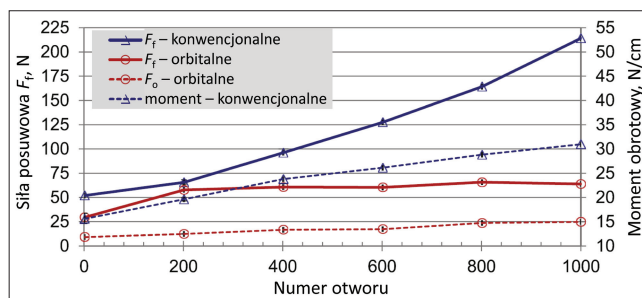
Tolerancja wykonywanych otworów jest kolejnym krytycznym parametrem decydującym o przydatności danego procesu. Typowe zmniejszanie się średnicy otworu przedstawiono na rys. 4. Do 800 otworów zmniejszanie się średnicy było podobne w obu metodach wiercenia, przy czym metoda orbitalna pozwalała na uzyskanie mniejszych błędów. Dopiero w czasie wykonywania ostatnich 200 średnica otworu wykonywanego metodą orbitalną znacznie się zmniejszyła na skutek uszkodzenia pokrycia diamentowego na pomocniczej powierzchni przyłożenia.



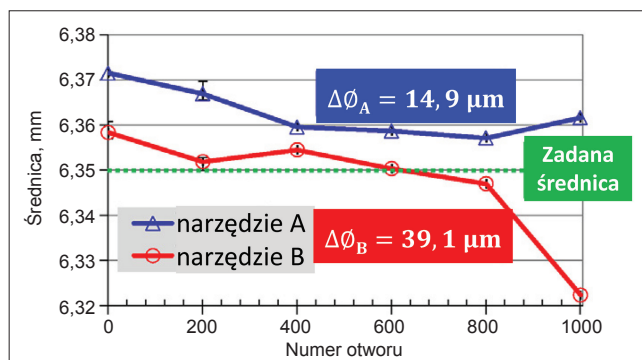
Rys. 1. Narzędzia wykorzystane do wiercenia: a) konwencjonalnego, b) orbitalnego



Rys. 2. Obrazy mikroskopowe otworów od strony wyjścia



Rys. 3. Siła posuwowa F_f i moment obrotowy dla wiercenia konwencjonalnego oraz siła osiowa F_f i obwodowa dla wiercenia orbitalnego



Rys. 4. Zmienność średnicy wykonywanych otworów

Czas obróbki, z uwzględnieniem czasu dobiegu i wybiegu narzędzia, wyniósł 3,8 s/otwór w metodzie konwencjonalnej i 8 s/otwór (czyli był ponad dwukrotnie dłuższy) w wierceniu orbitalnym.

Opracował: prof. dr hab. inż. Krzysztof Jemielniak

LITERATURA

Voss R., Henerichs M., Kuster F. "Comparison of conventional drilling and orbital drilling in machining carbon fibre reinforced plastics (CFRP)". *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. 65 (2016): pp. 137–140. ■