

PROGNOZOWANIE GŁĘBOKOŚCI EROZJI MATERIAŁÓW KOMPOZYTOWYCH PODCZAS CIĘCIA STRUMIENIEM WODNO-ŚCIERNYM METODĄ ELEMENTÓW SKOŃCZONYCH

TOMASZ WALA
JAN KOSMOL

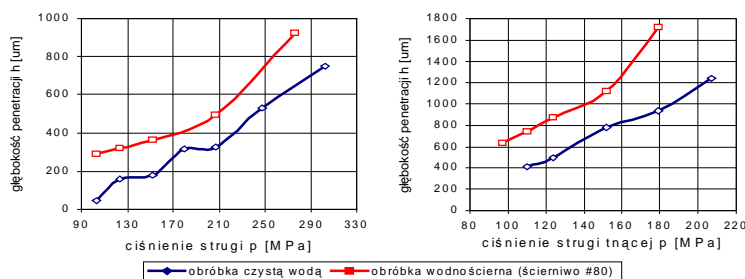
Katedra Budowy Maszyn, Politechnika Śląska

Streszczenie. Dla uzyskania materiałów o najwyższej jakości powierzchni obrabianej uzyskanej metodą wodno-ścierną konieczny jest właściwy dobór parametrów obróbki. Z powodu złożonego wzajemnego oddziaływania wielu parametrów obróbki wodno-ściernej poszukuje się rozwiązań, które w sposób prosty, szybki i niedrogi przedstawią model, który prognozowałby głębokość przecięcia bez przeprowadzania badań eksperymentalnych lub, jeśli istnieje taka konieczność, ich zmniejszenia do minimum.

1. PRZEBIEG PRZEPROWADZONYCH BADAŃ SYMULACYJNYCH MES

Badania symulacyjne obróbki wodno-ścierniej materiałów kompozytowych metodą elementów skończonych wykonano w następujących etapach.

W pierwszym etapie przeanalizowano wpływ pojedynczej cząstki na erozję w dwóch rodzajów materiałów kompozytowych tj. TSE – kompozyt z osnową epoksydową zbrojony włóknami szklanymi i TSM – kompozyt z osnową epoksydową zbrojony włóknami melaminowymi wykorzystując metodę elementów skończonych. Wyniki analizy przeprowadzonych metodą elementów skończonych porównano z wynikami rozpoznawczych wstępnych badań eksperymentalnych. Badania eksperymentalne polegały na śledzeniu głębokości penetracji pojedynczych cząstek ściernych strumienia wodno-ściernego przy największym posuwie tj. 12000 [mm/min] i najmniejszym strumieniu cząsteczek ścierniwa tj. ok. 0,1 [g/s]. Na rys. 1 przedstawiono wpływ ciśnienia na zmianę głębokości penetracji strumienia wodno-ściernego i wodnego podczas obróbki materiałów kompozytowych typu TSE i TSM.



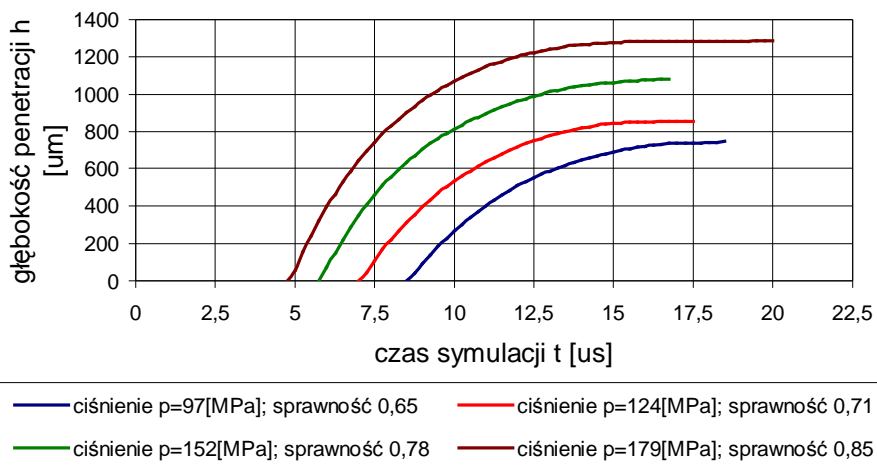
Rys.1. Głębokość penetracji pojedynczej cząstki w materiał przy różnych ciśnieniach; posuw 12000 [mm/min] a) materiał TSE; b) materiał TSM

Symulację uderzeń cząstek ściernych metodą elementów skończonych wykonano dla różnych parametrów obróbki, tj. ciśnienia p , strumienia ścierniwa m_a . Uwzględnione zostały również wymiary kształtu dyszy mieszającej, które wpływają na wartość współczynnika mieszania η , który ma również wpływ na głębokość penetracji cząstki. W trakcie analizy literaturowej wykazano, że nie ma jednoznacznego przypisania wartości współczynnika sprawności mieszania do wartości ciśnienia. Za sugestią autorów Himmelreicha i Hashisha [1] założono, że sprawność mieszania znajduje się w przedziale $0,65 \div 0,85$. Krok, dla których przeszukiwano pole możliwych wartości głębokości penetracji cząstki, wynosił $\Delta = 0,07$, a więc $\eta = 0,65 + \Delta$, $\eta = 0,65 + 2\Delta$, $\eta = 0,65 + 3\Delta$. Założono, że dla ciśnień w zakresie $90 \div 150$ MPa sprawność mieszania znajduje się przedziale $\eta = 0,65 \div 0,75$, a dla ciśnień powyżej wartości 150 MPa, sprawność mieszania znajdowała się w przedziale $0,75 \div 0,85$. Porównanie wyników symulacji i eksperymentalnych pozwoliło na sprawdzanie przyjętych wartości współczynnika sprawności mieszania. W taki sposób określona sprawność mieszania potraktowana została jako wartość, którą zastosowano w dalszych badaniach symulacyjnych.

Wartości głębokości penetracji uzyskanych drogą analizy metodą elementów skończonych dla pojedynczych cząstek ścierniwa pozwoliły w drugim etapie badań na budowę matematycznego modelu, który umożliwił prognozę głębokości strumienia wodno-ściernego.

2. WYNIKI BADAŃ ANALIZY MES UDERZENIA POJEDYNCZYCH CZĄSTEK ŚCIERNIWA

Na rys. 2 przedstawiono wykresy penetracji cząsteczek ścierniwa w materiale kompozytowym TSM w czasie wygenerowanych w trakcie analizy MES.



Rys.2. Głębokość penetracji pojedynczych cząstek w zależności od ciśnienia strugi

3. MODEL PREDYKCYJNY GŁĘBOKOŚCI EROZJI PODCZAS CIĘCIA STRUMIENIEM WODNO-ŚCIERNYM MATERIAŁÓW KOMPOZYTOWYCH

W celu opisanego modelu dla prognozy głębokości potrzebne były następujące dane: czas miejscowego oddziaływania strumienia t wynikający z posuwu u głowicy tnącej i średnicy dyszy mieszającej d_a , liczby uderzających cząstek n wynikającej z czasu miejscowego oddziaływania strumienia t i przyjętego strumienia ścierniwa m_a . Te zależności przedstawiają poniższe wzory

$$t = \frac{60 \cdot d_a}{u} \quad (1)$$

$$n = \frac{m_a \cdot t}{m_1} \quad (2)$$

gdzie: m_1 – masa pojedynczej cząstki; w badaniach eksperymentalnych wykorzystano ścierniwo granit #80 co odpowiada wartości $m_1 = 1,55326 \times 10^{-5}$ [g]

Całkowita głębokość erozji materiału opisana została za pomocą modelu, który uwzględniał wartość głębokości penetracji pojedynczej cząstki wyznaczonej metodą elementów skończonych h_{MES} , pomnożonej przez liczbę n tj. liczbę wszystkich cząstek biorących udział w procesie erozji podczas obróbki. Liczba ta zależała od strumienia ściernego i czasu jego oddziaływania na powierzchnię przedmiotu, który zależy od prędkości posuwu.

Do modelu matematycznego wprowadzono współczynnik e , który wyznaczony był jako iloraz głębokości penetracji wszystkich cząstek ściernych obliczonej metodą elementów skończonych i głębokości rzeczywistej uzyskanej w badaniach eksperymentalnych.

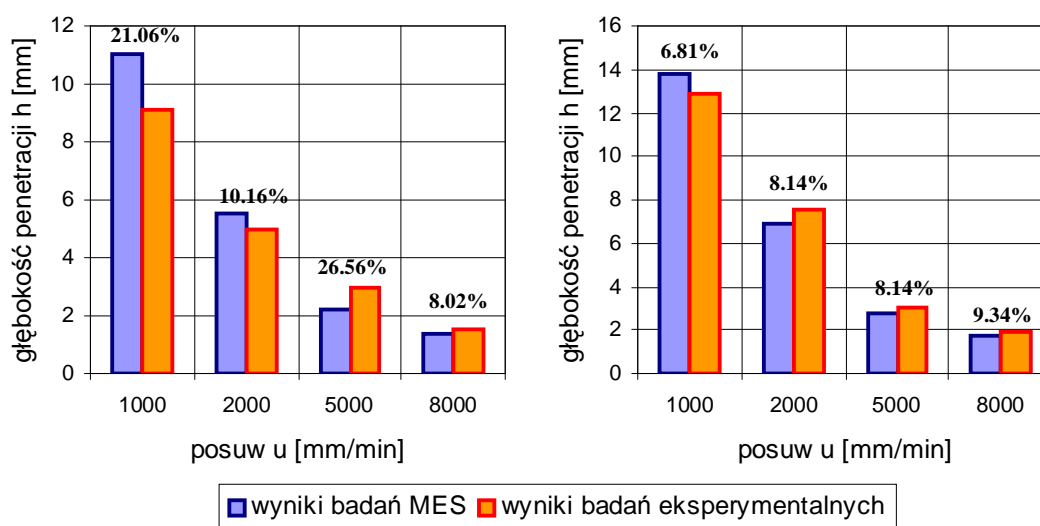
Współczynnik ten wyznacza się, przeprowadzając tylko kilka prób cięcia i pomiarów głębokości, a następnie oblicza się jego średnią wartość dla zadanego zakresu posuwów. Każda kolejna próba cięcia i pomiar głębokości pozwoliły wyznaczyć dokładniejszą wartość współczynnika e . Tak wyznaczony współczynnik e pozwolił na predykcję głębokości penetracji strumienia dla kolejnych prędkości posuwów

Model predykcyjny głębokości erozji przedstawiono jako funkcję liczby cząsteczek n .

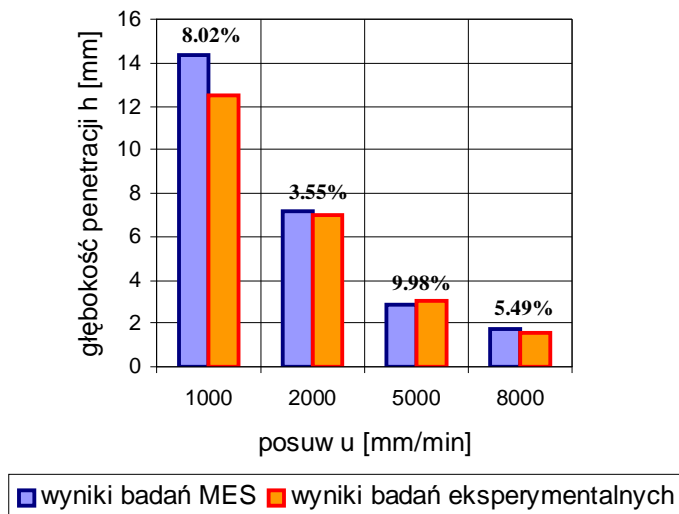
$$h = \frac{1}{e} h_{MES}(n) \quad (3)$$

4. WYNIKI BADAŃ I WNIOSKI

Poniżej, w postaci graficznej (rys.3 i rys.4), przedstawiono odchylenie obliczonej głębokości na podstawie opracowanego modelu predykcyjnego względem głębokości uzyskanej na drodze eksperymentalnej dla materiału TSE i TSM.



Rys. 3. Porównanie wyników głębokości prognozowanej z głębokością otrzymaną podczas badań eksperymentalnych; materiał TSE; a) ciśnienie $p=160$ [MPa]; b) ciśnienie $p=200$ [MPa]



Rys. 4. Porównanie wyników głębokości prognozowanej z głębokością otrzymaną podczas badań eksperymentalnych; materiał TSM; ciśnienie 160 MPa

Zaproponowany model prognozy głębokości strumienia wodno-ściernego jest jednym z pierwszych, który dotyczy próby określenia głębokości penetracji strumienia wodno-ściernego dla kompozytów bez wykonywania długotrwałych badań eksperymentalnych, pozwalających na skrócenie tych badań do minimum (możliwe nawet do jednego eksperymentu). Na podstawie kilku badań można określić współczynnik e dla określonego materiału obrabianego, a następnie, stosując przedstawiony model, można wyznaczyć pozostałe prognozowane głębokości penetracji przy innych parametrach.

Analiza głębokości metodą elementów skończonych wraz zastosowaniem modelu matematycznego wykazała, że dla określonych warunków jest możliwe określenie głębokości z dopuszczalnym błędem poniżej 10%.

LITERATURA

1. A.W. Momber, R. Kovacevic: "Principles of Abrasives Water Jet Machining" Springer – Verlag London Limited 1998
2. T. Wala. Modelowanie obróbki strumieniem wodnościernym tworzyw sztucznych metodą elementów skończonych. Praca doktorska, Politechnika Śląska, Gliwice, 2005r

DEPTH OF EROSION PROGNOSIS OF COMPOSITE MATERIALS DURING ABRASIVE WATERJET CUTTING USING FINITE ELEMENTS METHOD

Summary. It is necessary to have an appropriate choice of machining parameters to obtain workpiece surface with good quality machined by AWJM. Due to the complex interaction of several AWJM parameters it should be created a simple, fast and inexpensive method (model) of prediction of depth kerf without experimental investigation.