

Tomasz WALA¹

ANALIZA PRZEPŁYWU METODĄ ELEMENTÓW SKOŃCZONYCH W SYSTEMACH WYSOKOCIŚNIENIOWYCH MASZYN DO OBRÓBK WODNO-ŚCIERNEJ

Artykuł przedstawia analizę wpływu pracy pompy wysokociśnieniowej na wytwarzane ciśnienie jako źródło energii strumienia tnącego. Ze względu na sposób pracy pompy wysokociśnieniowej wartość ciśnienia rzeczywistego na wyjściu cyklicznie zmienia się w czasie. Wynika to ze sposobu pracy multiplikatora. W ramach badań wykazano, że to właśnie ten charakter zmian obciążeń ma główny wpływ na zużycie elementów głowicy tnącej. W części wstępnej artykułu przedstawiono kierunki badań w dziedzinie obróbki wodno-ścierniej, będące analizą dotychczasowych prac wykonanych w ramach obróbki wodno-ścierniej.

1. KIERUNKI BADAŃ W ZAKRESIE OBRÓBK WODNO-ŚCIERNEJ

Do tej pory kierunek badań w zakresie obróbki wodno-ścierniej najczęściej koncentruje się na optymalizacji parametrów procesu cięcia z punktu widzenia żądanej jakości powierzchni. Najczęściej polega to na eksperymentalnej analizie wpływu każdego z osobna parametrów obróbki na topografię powierzchni przeciętej. Tak przeprowadzane badania prowadzą do zbudowania modelu, który pozwala dobrać parametry dla żądanej jakości powierzchni, z jednoczesnym uwzględnieniem właściwości materiału przedmiotu obrabianego. Tego typu modele często jednak mają bardzo złożoną postać, a wyznaczenie równania z uwzględnieniem dużej liczby zmiennych jest bardzo skomplikowane. Wpływ na to ma również stopień złożoności samego materiału przedmiotu obrabianego pod względem jego struktury, tj.: struktura izotropowa, anizotropowa lub ortotropowa.

Dla zastosowania przemysłowego należy dokonać pewnych uproszczeń modelu wyznaczającego parametry obróbki w ten sposób, aby niektóre parametry potraktować jako stałe dla procesu. Przyjęte parametry stałe (ciśnienie, natężenie ścierniwa) należy dobierać w taki sposób, aby jednocześnie uwzględnić redukcję kosztów związanych ze zużyciem podzespołów maszyny. Dotyczy to przede wszystkim części pompy wysokociśnieniowej,

¹Katedra Budowy Maszyn, Politechnika Śląska w Gliwicach

gdzie dobiera się wartości robocze ciśnienia, które stanowią do 80% wartości obciążenia maksymalnego. Pamiętać również należy, aby dobrana wartość ciśnienia zapewniała tzw. „stan miksujący” w komorze mieszania tzn. wartość ciśnienia musi zapewnić warunek mieszania wody i ścierniwa w komorze. Wartość ciśnienia zatem wpływa na dobór maksymalnej wartości natężenia przepływu ścierniwa, przy której nie dojdzie do przerwania obróbki w wyniku zatkania głowicy tnącej. Parametry geometryczne głowicy tnącej, tj. średnica dyszy wodnej i ścierniej w głównej mierze zależą od maksymalnej wydajności wysokociśnieniowej pompy hydraulicznej.

Przy tak sformułowanych założeniach i przy zdefiniowanych stałych parametrach można dopiero prognozować o jakości powierzchni obrobionej na bazie kilku zmiennych (prędkość posuwowa, właściwości mechaniczne materiału obrabianego). W rezultacie takiego podejścia można stosować prostszą postać modelu, który można zaimplementować bezpośrednio w sterowaniu maszyny [1]. Taki sposób podejścia znacznie ułatwia pracę operatorowi obsługującemu maszynę wodno-ścierną. Na rysunku 1 przedstawiono przykład kalkulatora, który służy jako interfejs wyjściowych parametrów do obróbki wodno-ścierniej przy kompilacji programu sterującego NC.

Quality	Feed [mm/min]	Feed Corner [mm/min]	Gap [mm]	Pressure [bar]	Abrasive [g/min]	Abrasive Corner [g/min]
Very good	52	17	1.00	3300	340	340
Good	68	23	1.00	3300	340	340
Mediumfine	96	32	1.00	3300	340	340
Medium	152	51	1.00	3300	340	340
Coarse	212	71	1.00	3300	340	340

Rys. 1. Przykład kalkulatora do obliczania parametrów obróbki wodno-ścierniej
Fig.1. The example of abrasive waterjet machining parameters calculation

W dziedzinie rozpoznania wpływu parametrów cięcia na jakość powierzchni, w tym również prognozy głębokości penetracji strumienia ma miejsce również inny kierunek badań, skupiających się na analizach numerycznych przeprowadzanych metodą elementów skończonych. Analizy tego rodzaju charakteryzują się możliwością definiowania specyficznych cech zachowania się materiału podczas jego erozji, a głównie chodzi o sposób niszczenia materiału w bardzo krótkich odcinkach czasowych. Wynika to bezpośrednio z istoty obróbki, gdzie prędkość strumienia tnącego przekracza kilkakrotnie

prędkość dźwięku. Ponaddźwiękowe szybkości kontrakcji strumienia z przedmiotem wymuszają zastosowanie specjalnych systemów obliczeniowych uwzględniających dynamikę procesu. Na szczególne zwrócenie uwagi zasługuje fakt modelowania płynu, co wymaga zastosowania specjalnych metod obliczeniowych w odróżnieniu do zwykłych analiz wytrzymałościowych. Tego rodzaju badania głównie skierowane są na zrozumienie mechanizmu erozji materiału w wyniku oddziaływania strumienia tnącego. Taki model tłumaczy wprawdzie mechanizm penetracji strumienia w erodowanym materiale, ale nie pozwala w sposób oczywisty optymalizować parametrów procesu cięcia bez przeprowadzenia dodatkowo badań eksperymentalnych.

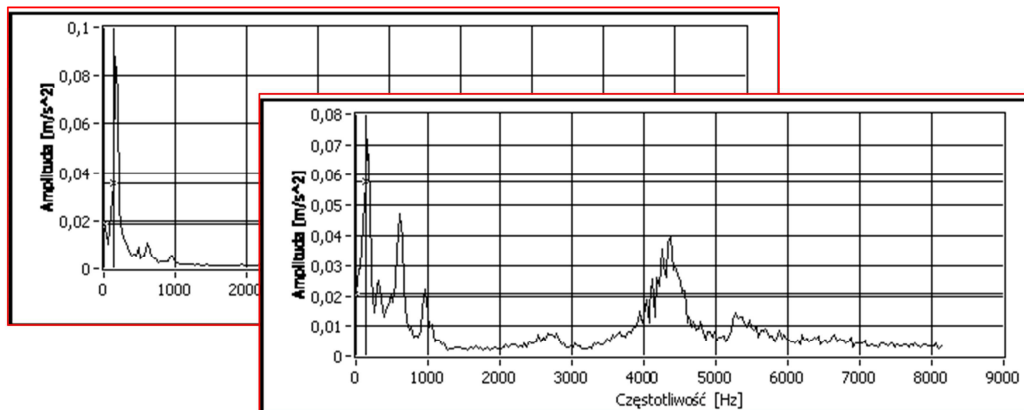
Przedstawione wyżej wymienione metody pozwalają na badanie procesu, czy to z punktu widzenia jakości powierzchni, czy też mechanizmu erozji. Jednak w każdym przypadku badania te pomijają jeszcze inne aspekty cięcia, które są również bardzo ważne dla zrozumienia fizyki cięcia strumieniem wodno-ściernym. Do nich należy zużycie elementów głowicy biorących bezpośredni udział w ogniskowaniu wiązki strumienia. Należy zaznaczyć, że jeżeli przeprowadzane są jakiegokolwiek badania eksperymentalne czy symulacyjne to zawsze z reguły opiera się to na przyjętych pewnych stałych geometrycznych. Rzadko jednak prowadzi się badania uwzględniające odchylenia od wartości zadanej, wynikające ze zmieniających się warunków cięcia np. z powodu zmiennej pracy pompy wysokociśnieniowej, zużycia elementów koncentrujących strumień tnący.

2. WPROWADZENIE DO BADAŃ

Wstępne makroskopowe badania, pozwalają wnioskować, że zużycie elementów głowicy tnącej ma istotny wpływ na postać strumienia wodno-ściernego wychodzącego z głowicy tnącej, a to istotnie wpływa na jakość powierzchni obrobionej. W ramach badań wstępnych zwrócono uwagę na następujące fakty jakie występują w procesie wytwarzania strumienia tnącego:

- całkowite zużycie dyszy szafirowej po 40 godzinach pracy,
- całkowite zużycie dyszy ścierniej po 80 godzinach pracy,
- wraz ze zwiększającym się czasem pracy jakość powierzchni przecięcia ulega pogorszeniu (wyższa chropowatość, większa zbieżność szczeliny),
- pulsacyjny charakter wytwarzania ciśnienia wynikający z pracy pompy wysokociśnieniowej.

Ostatni fakt zasługuje na zwrócenie uwagi z punktu widzenia zmiennego obciążenia występującego na elementach głowicy tnącej, koncentrujących wiązkę strumienia. Przeprowadzone wstępne pomiary drgań głowicy tnącej ujawniają pulsacyjne oddziaływania, wynikające ze sposobu pracy pompy wysokociśnieniowej z multiplikatorem napędzanym hydrauliczną pompą wielotłoczkową o zmiennej wydajności. Taki charakter pracy ma istotny wpływ na postać przepływu. Ze wstępnych pomiarów i analiz drgań (rys. 3) można zauważyć, że zmienne warunki przepływu ujawniające się przy niskich częstotliwościach wynikają bezpośrednio ze zmiennego stanu na wyjściu z pompy. Dotyczy to parametru ciśnienia.



Rys. 2. Analiza sygnału drgań w dziedzinie częstotliwości na głowicy tnącej [4]
Fig. 2. The analysis of the vibration signal in the frequency domain on the cutter head [4]

Zmienny stan ciśnienia wynika bezpośrednio z położenia tłoka multiplikatora, gdzie ściśle określona pozycja tłoka bezpośrednio wpływa na zmianę wydajności pracy pompy hydraulicznej. Fakt, że praca multiplikatora wpływa na pulsacyjny charakter wytwarzanego ciśnienia pozwala wysnuć wniosek, że wpływa to na zmienne warunki oddziaływania na elementy transportujące wysokociśnieniowy strumień, włącznie z elementami samej głowicy tnącej.

3. PRZEDMIOT BADAŃ

Badania charakteru zużycia i trwałości elementów koncentrujących strumień do wąskiej wiązki o ultradźwiękowej prędkości przeprowadzono z wykorzystaniem metody elementów skończonych. Dla zbadania tak złożonego zjawiska wykonano trzy sprzężone ze sobą analizy, w skład których wchodziła:

- analiza przepływowa – badanie rozkładu prędkości przepływu i ciśnienia na ściankach elementów bezpośrednio poddanych oddziaływaniu strumienia wodnego,
- analiza wytrzymałościowa – badanie rozkładu przemieszczeń i naprężeń w poszczególnych częściach głowicy tnącej,
- analiza zmęczeniowa – badanie trwałości wybranych elementów głowicy tnącej.



Rys. 3. Widok głowicy tnącej [6]
Fig. 3. The view of cutter head [6]

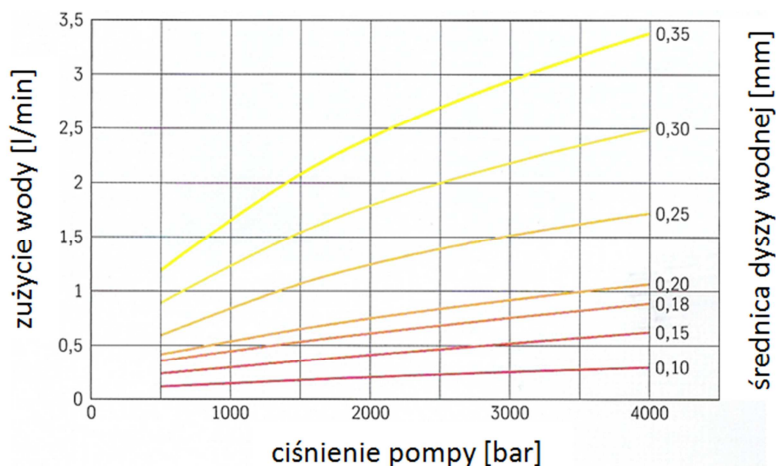
W skład głowicy tnącej wchodzi następujące elementy: dysza wodna, komora mieszania i dysza ścierna. Dysza wodna składa się z trzech elementów: korpus dyszy, element ze stopu miedzi mocujący kryształ koncentrujący i kryształ: szafir lub diament.

4. ANALIZA PRZEPEŁYWOWA KONCENTRACJI WIĄZKI STRUMIENIA I JEJ KONTRAKCJI NA ŚCIANKI PRZEPEŁYWU

4.1. WARUNKI BRZEGOWE

W ramach analizy przepływowej ustalono stałe wartości warunków panujących na wejściu do głowicy tnącej tj. prędkości strumienia i ciśnienia.

Wartości prędkości i ciśnienia jakie występują na wejściu do głowicy tnącej przede wszystkim wynikają z wydajności pompy hydraulicznej sterującej pracą multiplikatora. Wydajność pompy zależna jest od ciśnienia mierzonego na wyjściu pompy wysokociśnieniowej i średnicy dyszy wodnej w głowicy tnącej. Mierzone ciśnienie, w odniesieniu do zadanego ciśnienia, steruje wydajnością pompy z wykorzystaniem układu automatycznej regulacji. Obliczono, że przykładowo dla: ciśnienia roboczego 330MPa, dyszy wodnej o średnicy 0,35mm, pompy typu HP19/45-BASIC firmy UHDE, której wartość skoku tłoka w multiplikatorze wynosi 220mm, na średnicy 19mm wydajność wynosi 0,00312m³/min. Ciśnienie zadane wpływa na prędkość przesuwu tłoka, a tym samym na wydajność pompy wysokociśnieniowej. Zmiany wydajności pompy dla różnych warunków przepływu przedstawiono na wykresie (rys. 4).



Rys. 4. Rozkład zużycia wody dla różnych parametrów ciśnienia w zależności od średnicy dyszy wodnej [7]

Fig. 4. Distribution of water consumption for the various parameters, depending on the pressure of the water nozzle diameter [7]

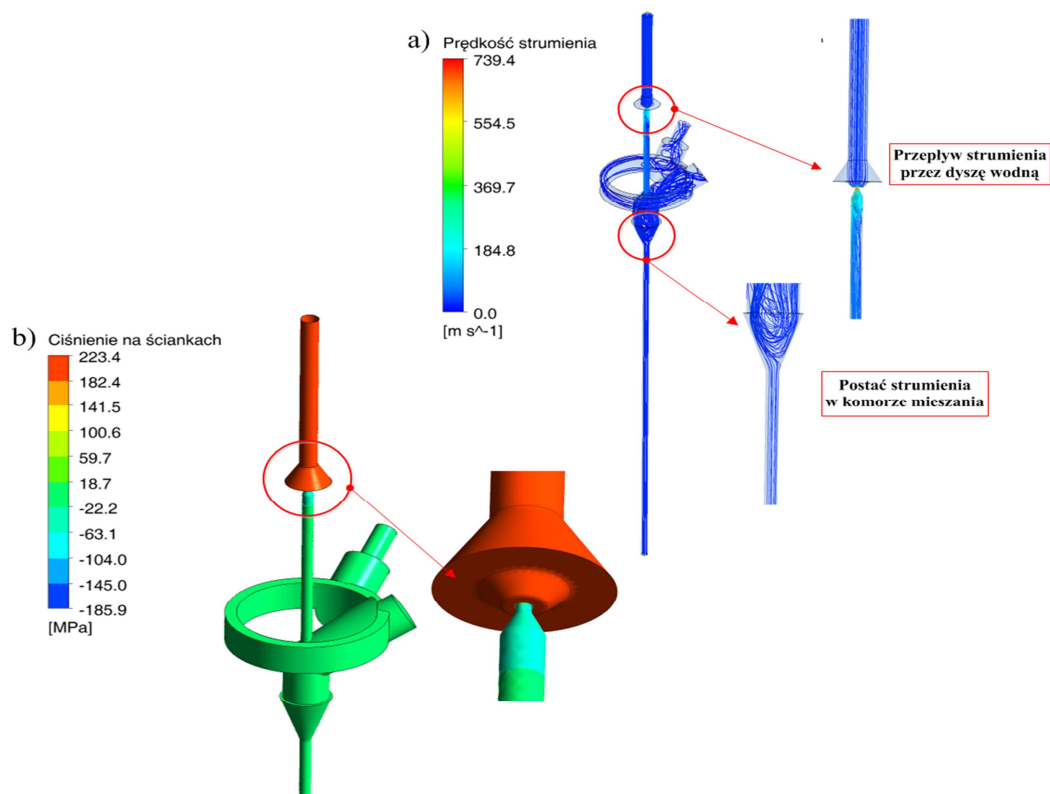
Wyznaczenie rzeczywistych średnich ciśnień na wejściu do głowicy tnącej wymaga również obliczeń strat hydraulicznych na różnych odcinkach przepływu od multiplikatora pompy wysokociśnieniowej do miejsca, w którym bezpośrednio w modelu MES głowicy

tnącej zadawane są warunki początkowe. Straty te wynikają ze zmian pola przekroju, kierunku i długości przepływu [2]. Biorąc pod uwagę wszystkie te okoliczności obliczono, że dla ustalonej powyżej wydajności pompy wysokociśnieniowej $0,00312\text{m}^3/\text{min}$, prędkość na wejściu głowicy dla rurki doprowadzającej wodę przed dyszą wodną wynosi $25,85\text{m/s}$. Natomiast strata ciśnienia występująca na wejściu głowicy w stosunku do wartości zadanej wynosi ok. 15MPa .

Zaznaczyć tu należy, że projektując układy hydrauliczne nie można przekraczać prędkości powyżej 2m/s , gdyż przepływy stają się przepływami turbulentnymi, co zagraża bezpiecznej pracy elementów transportujących strumień. Zatem taki stan musi być utrzymywany na całej drodze aż do głowicy. Natomiast w samej głowicy strumień ulega przyspieszeniu. Fakt powstawania zjawisk turbulentnych istotnie wpływa na zużycie elementów głowicy, co również należy uwzględnić.

4.2. WYNIKI ANALIZY PRZEPLYWOWEJ

Poniżej przedstawiono rezultaty przykładowej analizy przepływowej (rys. 5), w wyniku której otrzymano postać przepływu strumienia wodnego przez kanały głowicy tnącej oraz rozkład nacisków wywieranych przez strumień na ścianki kanałów głowicy.



Rys. 5. Rozkład prędkości strumienia (a) i nacisków na ściankach (b) w wyniku przepływu wiązki strumienia przez kanały: dysza wodna, komora mieszania i dysza ścierna

Fig. 5. Flow velocity (a) and pressure on wall (b) due to flow through the hydraulic channels: water nozzle, mixing chamber and nozzle cleaning

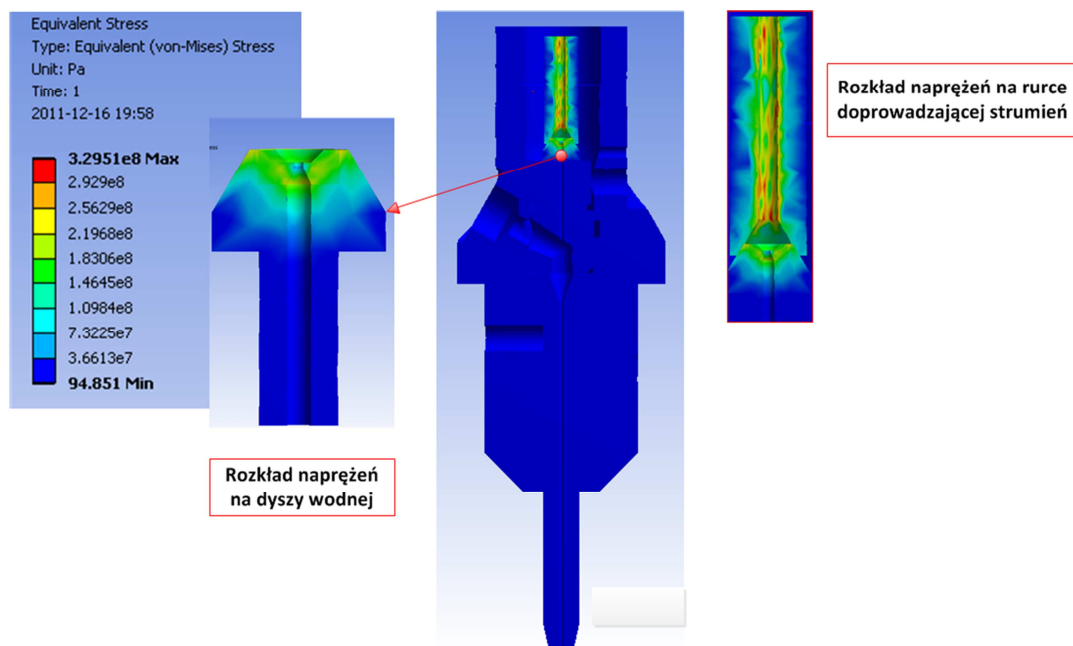
5. ANALIZA WYTRZYMAŁOŚCIOWA – POSTAĆ ROZKŁADU NAPRĘŻEŃ I PRZEMIESZCZEŃ W WYNIKU NACISKU STRUMIENIA WYSOKOCIŚNIENIOWEGO

5.1. WARUNKI BRZEGOWE

Wyniki nacisków na ścianki elementów transportujących strumień otrzymane bezpośrednio w analizie przepływowej wykorzystano do analizy wytrzymałościowej. W wyniku tej operacji przeprowadzono analizę wytrzymałościową. W ramach tej analizy odebrano wszystkie stopnie swobody na wybranych powierzchniach części korpusu głowicy tnącej adekwatnie do rzeczywistych warunków zamocowania.

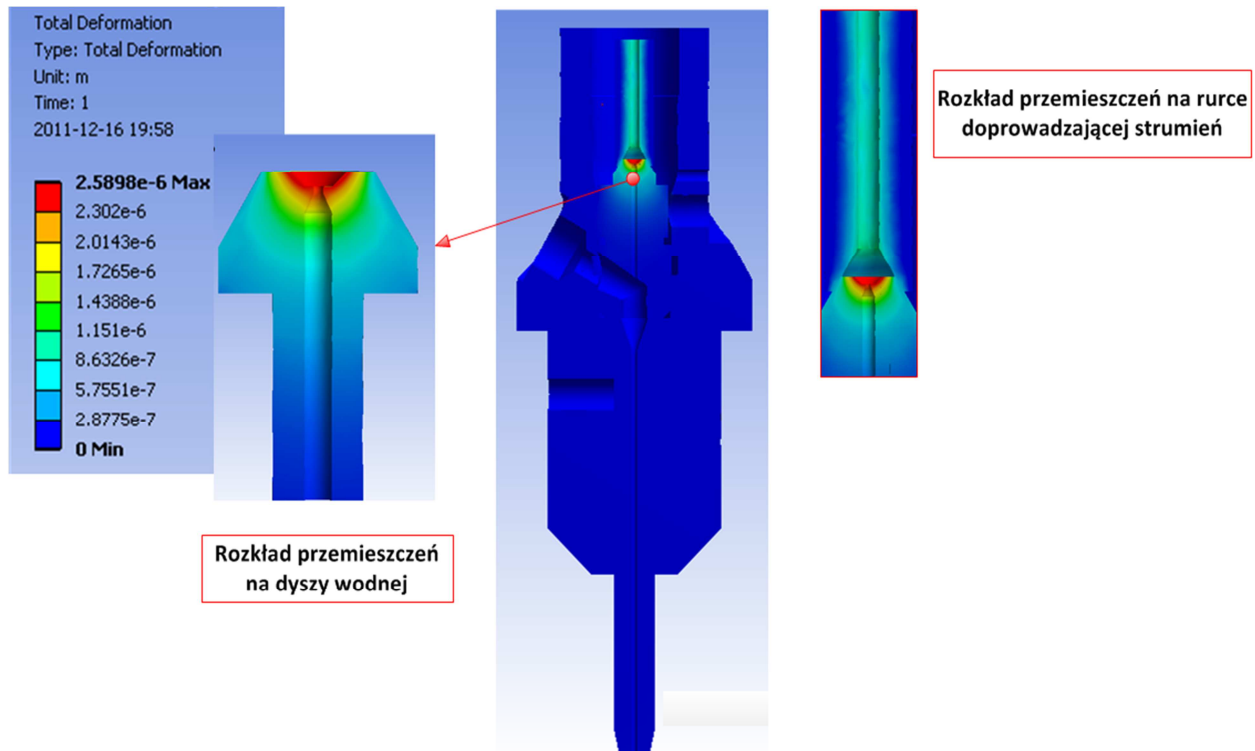
5.2. WYNIKI ANALIZY WYTRZYMAŁOŚCIOWEJ

Na rysunku 6 przedstawiono rozkład naprężeń wytworzonych w wyniku nacisków skoncentrowanej wiązki strumienia. Z rysunku wynika, że w przypadku analizy przepływu strumienia samej wody, największe naprężenia kumulują się przed koncentracją strumienia w dyszy wodnej i w momencie jej koncentracji. Jest to zgodne z prawem Bernoulliego, gdyż wartości ciśnień wywieranych na ścianki maleją gdy przekrój maleje. Małe wartości naprężeń w obszarze komora mieszania i dysza ścierna wynikają z braku oddziaływania strumienia ścierniwa, który to parametr ze względu na złożoność problemu wykluczono w tej analizie.



Rys. 6. Rozkład naprężeń na ściankach elementów głowicy tnącej
Fig. 6. Stress distribution on the walls of the cutter head elements

Na rysunku 7 przedstawiono rozkład przemieszczeń będących rezultatem nacisków skoncentrowanej wiązki strumienia.



Rys. 7. Rozkład przemieszczeń na ściankach elementów głowicy tnącej
Fig. 7. Displacements distribution on the walls of the cutter head elements

6. ANALIZA ZMĘCZENIOWA – BADANIE WPŁYWU ZMIENNOŚCI OBCIĄŻENIA NA CZAS ZUŻYCIA DYSZY WODNEJ

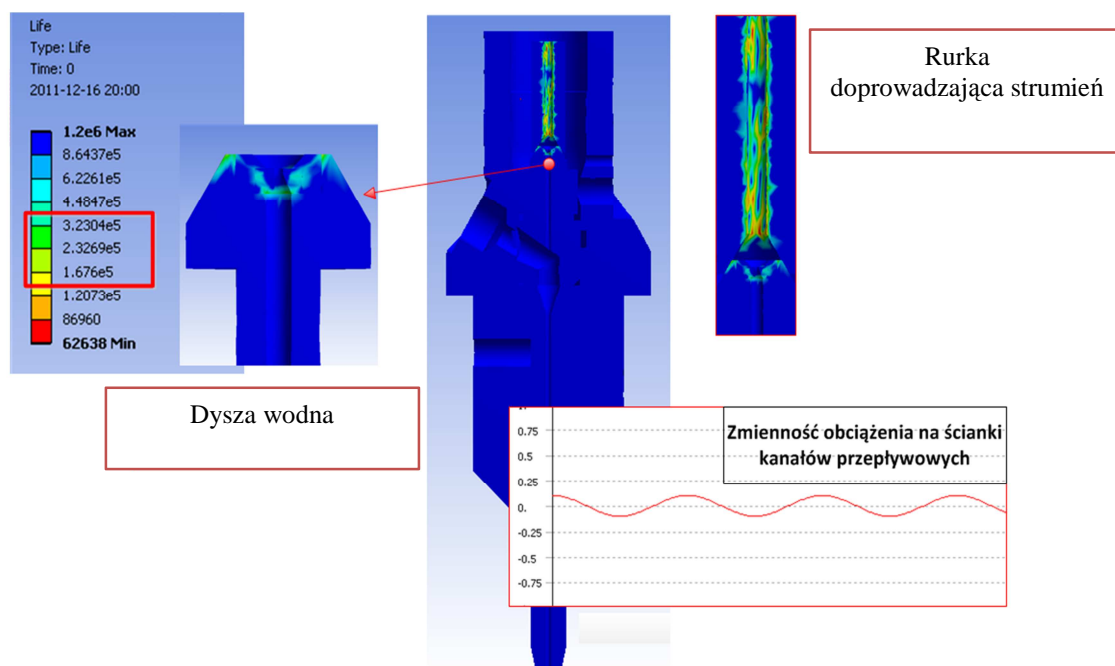
6.1. WARUNKI BRZEGOWE

Jak już wspomniano zmęczenie elementów dyszy wodnej wynika przede wszystkim ze zmiennych warunków obciążeń wynikających z pracy multiplikatora pompy.

Zmienne warunki nacisków na ścianki elementów transportujących strumień uwzględniono modelując je funkcją o charakterze sinusoidalnym, realizującą skoki ciśnienia wynikające z różnych położenia tłoka w multiplikatorze. W trakcie badań pracy pompy wysokociśnieniowej dla zadanego ciśnienia 330MPa wykazano, że górna wartość szczytowa wynosi 365,7MPa, a dolna wartość szczytowa wynosi 303,0MPa, zatem wartość międzyszczytowa wynosi 62,7MPa. Wynika stąd, że odchylenie względem średniej wartości ciśnienia wynosiło 10%. Postać zmiennego obciążenia przedstawiono na wykresie (rys. 8). Częstotliwość zmian ciśnienia wynikała z pracy multiplikatora. Dla ciśnienia 330MPa czas jednego tłoczenia wynosił 1,2 sekundy.

6.2. WYNIKI ANALIZY ZMĘCZENIOWEJ

Na rysunku 8 przedstawiono analizę czasu życia ściśle związanego ze zużyciem dyszy wodnej, powodowanym naciskami skoncentrowanej wiązki strumienia.



Rys. 8. Czas życia elementów głowicy tnącej
Fig. 8. Life time of the cutter head elements

Badania statystyczne wykazują że średnia długość życia szafirowej dyszy wodnej wynosi 40 godzin roboczych, czyli 144 000 sekund. Analiza przeprowadzona metodą elementów skończonych wykazała czas życia dyszy wodnej ok. 167 000 sekund.

Niewątpliwą zaletą tego podejścia jest określenie miejsca najkrótszego czasu życia (największego zmęczenia materiału), które występuje w kontakcie kryształu szafirowego u podstawy korpusu dyszy. Wyklucza to wpływ ścierny strumienia czystej wody. Badania eksperymentalne potwierdzają, że kryształ skupiający strumień ulega zniszczeniu przez gwałtowne pęknięcie, w wyniku zmęczenia materiału dyszy.

7. KIERUNKI BADAŃ W ZAKRESIE ANALIZY ZUŻYCIA DYSZY ŚCIERNEJ

Na podstawie badań eksperymentalnych postaci zmian średnicy otworu dyszy ścierniej wzdłuż przekroju można zauważyć, że zużycie dyszy ścierniej wynika w głównej mierze z tarcia wody z cząstkami ściernymi o powierzchnie ścianek. Oczywistym jest, że wspomniany wyżej pulsacyjny charakter przepływu również wpływa na postać zużycia.

Głównymi czynnikami wpływającymi na zmniejszenie zużycie dyszy ścierniej są:

- błędy współosiowości pomiędzy dyszą wodną a dyszą ścierną



Rys. 9. Przekrój wzdłużny dyszy ścierniej – postać zużycia u wejścia dyszy

Fig. 9. The cross section along the abrasive nozzle – view of wear at the entrance of the abrasive nozzle

Jeśli strumień wypływający z dyszy wodnej nie jest współosiowy z dyszą ścierną do strumień wodny uderza w ścianki dyszy ścierniej, co znacznie skraca czas życia dyszy ścierniej

- średnica dyszy wodnej

Wzrost średnicy dyszy wodnej zwiększa wartość możliwego maksymalnego natężenia ścierniwa, a zatem zwiększa zdolność miksowania, lecz wpływa na zwiększone zużycie dyszy ścierniej



Rys. 10. Przekrój wzdłużny dyszy ścierniej – postać zużycia wzdłuż dyszy

Fig. 10. The cross section along the abrasive nozzle – view of wear

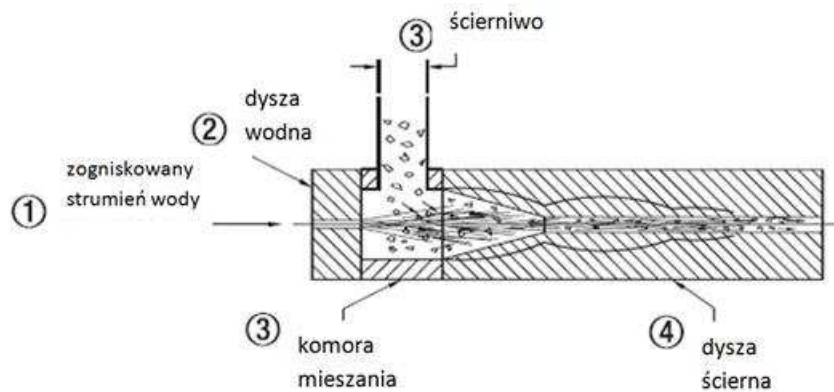
- małe zużycie komory mieszania

Stan zużycia komory mieszania istotnie wpływa na właściwości koncentracji i stałości strumienia. Trwałość dyszy ścierniej rośnie gdy koncentracja i stałość będzie zachowana na całej długości dyszy.

Na szczególne zwrócenie uwagi zasługuje sam sposób zużycia dyszy, który przedstawiono na rysunku (rys. 11). Pulsacyjny charakter zużycia wynika z niestałości ciśnienia wynikającej z pracy pompy wysokociśnieniowej.

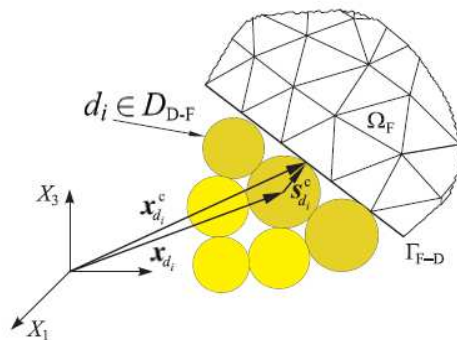
W związku z powyższym przy ocenie zużycia dyszy ścierniej nie można pominąć zużycia komory mieszania.

Analizę przepływu cząstek ściernych i ich wpływu na zużycie dyszy w wyniku tarcia w powiązaniu ze zmiennym obciążeniem wynikających z pracy multiplikatora można przeprowadzić z zastosowaniem Metody Elementów Dyskretnych. Metoda ta pozwala na analizę ruchu sypkich materiałów. W chwili obecnej większość programów wykorzystujących MED znajduje się w fazie testów i jest wykorzystywana głównie przez



Rys. 11. Sposób zużywania się dyszy ścierniej
Fig. 11 View of abrasive nozzle wear

instytuty badawcze. W związku z tym zastosowanie tego typu programów nie pozwala jeszcze na wiarygodne przedstawienie zjawiska. Dodatkowo samo zadanie tarcia wymusza określenie zależności kinematycznych w sprzężeniu podobszarów MED i MES (rys.12). Jednak i ta metoda dalej nie rozwiązuje problemów modelowania oddziaływania proszku ściernego z wodą pod wysokim ciśnieniem w środowisku ponaddźwiękowych prędkości.



Rys. 12. Sprzężenie MED i MES w analizie tarcia [5]
Fig. 12. DEM. and FEM coupling for friction analysis [5]

8. WNIOSKI I UWAGI

Przeprowadzona analiza symulacyjna dotycząca trwałości elementów składowych głowicy tnącej pozwala na następujące wnioski:

- zmęczenie materiału dyszy wodnej wynika z cyklicznie zmieniających się sił oddziałujących na czołową powierzchnię szafiru. Jest to wynikiem pracy pompy wysokociśnieniowej,
- pękanie inicjowane jest u podstawy kryształu szafirowego, który to kryształ w wyniku zmiennych naprężeń ściskających ma tendencję do pęknięcia w obszarze styku z korpusem dyszy,

- zarówno badania eksperymentalne jak i badania symulacyjne potwierdzają, że o czasie życia dyszy wodnej decyduje zmęczenie materiałowe, co objawia się pękaniem szafiru po okresie 40 godzin,
- zużycie pozostałych elementów głowicy tnącej tj.: komory mieszania i dyszy ścierniej jest znikome w przypadku zastosowania cięcia strumieniem czystej wody (bez ścierniwa).

Postać naprężeń na ściankach rurki doprowadzającej nie odzwierciedla rzeczywistych warunków, gdyż w rzeczywistości rurki transportujące wysokociśnieniowy strumień do głowicy poddawane są tzw. procesowi „przepięzania” w celu umocnienia ścian.

Wykazano ponadto, że sam strumień wodny nie ma istotnego wpływu na zużycie komory mieszania i dyszy ścierniej. Dopiero domieszka ścierniwa powoduje, że zużycie tych elementów głowicy zaczyna gwałtownie wzrastać. Zużycie to jednak przebiega w inny sposób niż w przypadku dyszy wodnej i opiera się przede wszystkim na mechanizmie ścierania.

LITERATURA

- [1] WALA T., 2009, *Model prognozujący warunki AWJM*, Wpływ własności fizycznych przedmiotu obrabianego na parametry AWJM, Prace Naukowe Katedry Budowy Maszyn, Politechnika Śląska, Gliwice.
- [2] WALA T., KOSMOL J., 2011, *Modelowanie obróbki wodno-ścierniej kompozytów polimerowych metodą elementów skończonych*, Międzynarodowa konferencja Naukowo-Techniczne – Diagnostyka Materiałów Polimerowych.
- [3] WALA T., 2010, *Straty hydrauliczne podczas procesu wytwarzania medium wysokociśnieniowego na przykładzie maszyny Waterjet*, Prace Naukowe Katedry Budowy Maszyn, Politechnika Śląska, Gliwice.
- [4] ROJEK J., 2007, *Modelowanie i symulacja komputerowa złożonych zagadnień mechaniki nieliniowej metodami elementów skończonych i dyskretnych*, IPPT PAN, Warszawa.
- [5] LIS K., WALA T., 2011, *Wstępne analizy wpływu drgań głowicy tnącej na proces cięcia metodą Waterjet*, Prace Naukowe Katedry Budowy Maszyn, Gliwice.
- [6] Model głowicy tnącej maszyny WARICUT.
- [7] Dane z katalogu: WJTA WaterJet Technology Association firmy Uhde High Pressure Technologies GmbH.

THE ANALYSIS OF FLOW USING THE FE METHOD AT THE HIGH PRESSURE SYSTEMS OF AWJ MACHINES

The article shows the influence of high pressure pump work on generated pressure as source of kinetic energy outlet water jet. Due to specific character of high pressure pump work the value of real pressure cyclical changes over time. The study proved that the nature of the changes loads have a major impact on the cutter head wear. Introduction presents the directions of research in the field of abrasive waterjet machining. It is an analysis of previous work done in the treatment of AWJM method.