

ANALIZA PROCESU SKRAWANIA MATERIAŁÓW KRUCHYCH POCHODZENIA NATURALNEGO Z WYKORZYSTANIEM METODY ELEMENTÓW SKOŃCZONYCH

NATURAL BRITTLE MATERIALS CUTTING PROCESS ANALYSIS WITH THE USE OF FINITE ELEMENT METHOD

W artykule przedstawiono wyniki badań mających na celu określenie optymalnych wartości parametrów geometrycznych układu wieloostrowego stosowanego w przypadku skrawania materiałów kruchych pochodzenia naturalnego. Analizę oparto na wynikach uzyskanych w trakcie modelowania procesu z zastosowaniem Metody Elementów Skończonych. Ponadto podano wytyczne konstrukcyjne dla głowic wieloostrowych zbrojonych nożami typu NKP-2w stanowiące wynik prowadzonych prac o charakterze empirycznym i analitycznym.

The paper presents some results of author's researches, which aim was to determine optimal values of cutting heads geometrical parameters used for natural brittle materials cutting process with more than one tool. The analysis was based on the process modeling with the use of Finite Element Method. There are also presented some suggestions for described geometrical parameters values when the NKP-2w cutting tool is used during the process. These suggestions are based on several results of author's empirical and analytical researches.

1. Wprowadzenie

Metoda Elementów Skończonych (MES) należy do grupy metod numerycznych [1]. Pozwala ona między innymi na efektywne rozwiązywanie skomplikowanych problemów technicznych, stanowiąc jednocześnie doskonałe narzędzie wspierające typowe metody badań empirycznych. Podstawową ideą MES stosowanej do rozwiązywania złożonych zagadnień jest zastosowanie uproszczonego modelu analizowanego procesu, obiektu itp. Oczywiście należy mieć tutaj świadomość, że podejście takie powoduje w rezultacie otrzymanie jedynie przybliżonego, a nie dokładnego rozwiązania. Niemniej jednak, z powodu braku jakichkolwiek innych metod poszukiwania rozwiązania, wynik przybliżony może być w wielu przypadkach uznany za w pełni satysfakcjonujący.

Dzieje się tak między innymi w przypadku zastosowania MES do analizy procesu skrawania materiałów kruchych pochodzenia naturalnego. Prowadzone w tym zakresie badania laboratoryjne są z reguły skomplikowane, kosztowne i czasochłonne. Uzyskiwane w ten sposób wyniki są często niekompletne lub obejmują jedynie ograniczony obszar badawczy, zwłaszcza w przypadku szybko zmiennych problemów kontaktowych. Dlatego też zastosowanie w tego typu pracach metod numerycznych, zwłaszcza Metody Elementów Skończonych pozwala na uzyskanie wyników niedostępnych dla typowych badań laboratoryjnych.

2. Skrawanie w układzie wieloostrowym

Analizując dostępną literaturę prezentującą wyniki prac prowadzonych w zakresie skrawania materiałów kruchych, zwłaszcza pochodzenia naturalnego, znajdziemy szereg informacji o samym procesie, jak i jego parametrach. Prace badawcze są bowiem typowo skierowane w stronę uzyskania konkretnych informacji o tym specyficznym typie procesu skrawania, co wynika przeważnie z potrzeb technologicznych. W ten sposób pragniemy uzyskać wiedzę pozwalającą na konstruowanie doskonalszych i trwalszych narzędzi i głowic skrawających, czy też na optymalny dobór technologii skrawania i parametrów procesu.

Jednym z typowych zagadnień badawczych jest w tym przypadku dążenie do lepszego poznania charakterystyki pracy układów wieloostrowych, kiedy o efektywności procesu decyduje nie pojedyncze narzędzie, ale odpowiednio ze sobą współpracujący zestaw ostrzy stanowiący zbrojenie typowej głowicy skrawającej. Jest bowiem ogólnie wiadomym, że w przypadku skrawania materiałów kruchych pochodzenia naturalnego głowicami wieloostrowymi niezwykle istotną jest nie tylko konstrukcja samej głowicy, ale również geometria poszczególnych ostrzy oraz sposób ich rozmieszczenia [3]. Wiąże się to z koniecznością takiego usytuowania noży na głowicy, aby uzyskać jak najlepsze efekty ich wzajemnej współpracy wpływając tym samym na obniżenie energochłonności procesu oraz podwyższenie jego efektywności.

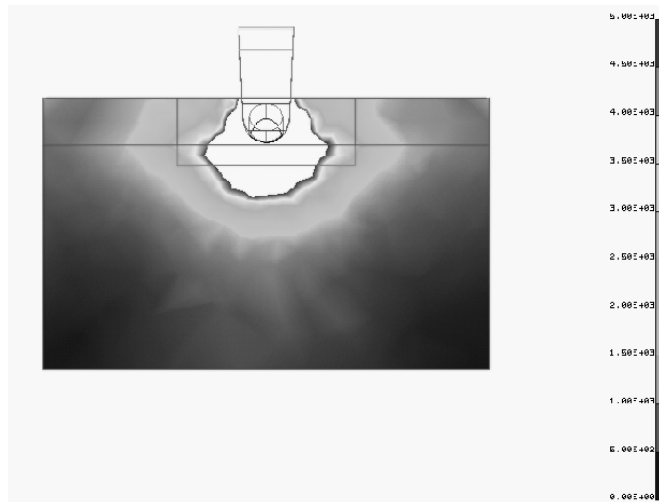
Podejście takie wynika między innymi z faktu, że dla określonego materiału kruchego możliwe jest ustalenie takich wartości parametrów geometrycznych głowicy wieloostrowej, by uzyskać optymalną efektywność pracy maszyny przy możliwie niskim poborze mocy. Parametry geometryczne głowicy wieloostrowej rozumiane są tutaj jako odpowiednia dla danych warunków kombinacja wartości głębokości skrawania oraz podziałki poprzecznej i kątowej rozmieszczenia noży.

Tak postawiona teza została uprzednio udowodniona w oparciu o odpowiednie badania laboratoryjne parametrów skrawania materiałów kruchych pochodzenia naturalnego w układzie trzech ostrzy skrawających [2, 3, 4, 5]. Badania laboratoryjne prowadzone przez autora dostarczyły wielu informacji o specyfice procesu skrawania zarówno w skali mikro, jak i makro. Niezbędne jednak okazało się głębsze poznanie istoty procesu i zależności występujących podczas wzajemnej współpracy ostrzy skrawających. Cel ten został między innymi osiągnięty na drodze badań modelowych wieloostrowego skrawania materiałów kruchych pochodzenia naturalnego z zastosowaniem Metody Elementów Skończonych (MES).

3. Wyniki modelowania procesu skrawania w układzie wieloostrowym z zastosowaniem MES

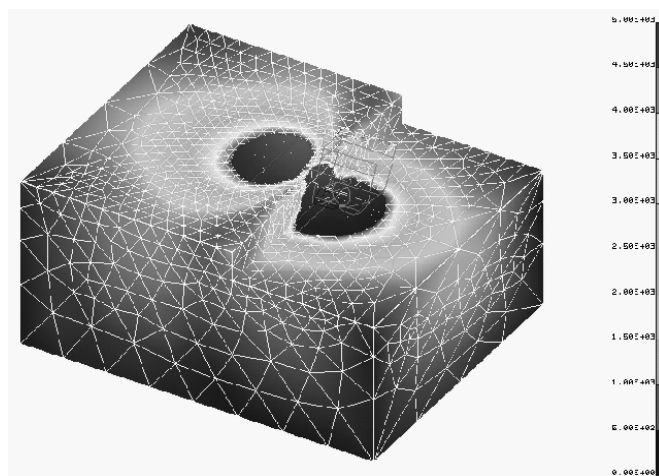
Problem skrawania skał głowicami wieloostrowymi przy zastosowaniu głowic wieloostrowych był w tym przypadku analizowany jako zagadnienie trójwymiarowe przy wykorzystaniu zarówno metody opisu przemieszczeniowego, jak i metody opisu siłowego. Naj-

lepsze wyniki, to jest najbliższe warunkom rzeczywistym uzyskano w przypadku zastosowania do analizy metody przemieszczeniowej. Dla danego przypadku zarówno materiał narzędzia, jak i skrawanej skały zostały przyjęte jako liniowe. Modelowanie rozpoczęto od analizy zagadnienia dla przypadku skrawania pojedynczym ostrzem (rys. 1, rys. 2), przechodząc kolejno do przypadku skrawania materiału skalnego przy zastosowaniu układu trzech współpracujących narzędzi (rys. 3).



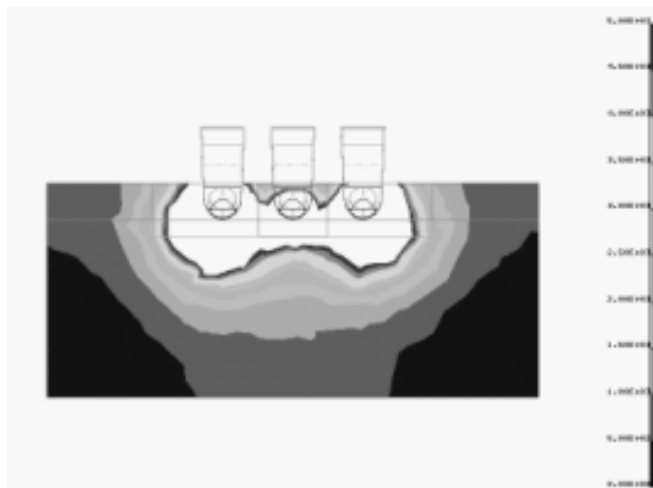
Rys. 1. Przykładowe wyniki analizy procesu skrawania skał z zastosowaniem MES dla przypadku pojedynczego ostrza skrawającego (przekrój w płaszczyźnie x-y)

W ten sposób możliwe było przeprowadzenie dodatkowej analizy przedmiotowego zagadnienia uzyskując nowe informacje o przebiegu procesu skrawania, na przykład określając zasięg obszaru skruszenia bocznego, czy też propagacji pęknięć dla różnych warunków procesu skrawania. Ponadto zastosowanie MES miało w tym przypadku również duże znaczenie, jako narzędzie wizualizacji dotychczasowych wyników oraz wyników modelowania komputerowego. Dzięki temu możliwa jest obserwacja tego, czego specyfika procesu skrawania skał nie pozwala zaobserwować w warunkach naturalnych, czy nawet laboratoryjnych. Ponadto posiadając wcześniejsze wyniki badań empirycznych możemy je porównać z efektami uzyskanymi w wyniku modelowania MES.



Rys. 2. Przykładowe wyniki analizy procesu skrawania skał z zastosowaniem MES dla przypadku pojedynczego ostrza skrawającego (widok przestrzenny)

W ten sposób możemy nie tylko uzyskać nowe informacje o analizowanym procesie, ale również przeprowadzić weryfikację ewentualnego błędu modelowania, stanowiącego różnicę pomiędzy obiektem fizycznym a jego modelem matematycznym, odnosząc uzyskane wyniki do odpowiednich wyników identycznych badań laboratoryjnych.



Rys. 3. Przykładowe wyniki analizy procesu skrawania skał z zastosowaniem MES - przekrój obiektu płaszczyzną x-y dla układu trzech ostrzy reprezentujących uproszczony model głowicy wieloostrowej

4. Podsumowanie

Na podstawie wyników wcześniejszych badań laboratoryjnych oraz uzupełniającego modelowania procesu skrawania w układzie wieloostrowym z wykorzystaniem MES przeprowadzono dogłębną analizę wpływu wartości podziałki kątowej, podziałki poprzecznej oraz głębokości skrawania. Badania empiryczne i analityczne oraz uzyskane w ich efekcie wyniki potwierdzają słuszność postawionej wcześniej tezy. Wynika z nich jednoznacznie, że możliwe jest takie dobranie wielkości parametrów skrawania materiałów kruchych głowicami wieloostrowymi, aby zapewnić grupowe oddziaływanie noży oraz unikać wykonywania skrawania w układzie wymagającym użycia dużych sił skrawania. Dla przykładu na podstawie przeprowadzonych badań dla przypadku skrawania nożami typu NKP-2w zaleca się stosowanie podziałki poprzecznej z zakresu 40-60 mm, podziałki kątowej o wartości 6-8° oraz głębokości skrawania nie mniejszej niż 15 mm i nie większej niż 25 mm. W konsekwencji uzyskujemy mniejsze wartości sił skrawania na poszczególnych nożach układu, a co za tym idzie – mniejsze obciążenie głowicy skrawającej, bardziej równomierną pracę całej maszyny oraz znacznie mniejszy pobór mocy. Dodatkową korzyścią może być ponadto minimalizacja zapylenia wytwarzanego w czasie procesu skrawania.

Niezwykle istotne dla uzyskanych wyników było zastosowanie analizy opartej na MES. Zakres pomiarów laboratoryjnych ze względu na czasochłonność oraz koszt badań był dość ograniczony. Wyniki uzyskane w trakcie analizy MES potwierdziły słuszność opracowanego modelu, porównywanego z wcześniejszymi wynikami badań laboratoryjnych. Model ten został następnie zastosowany do analizy uzupełniającej poza zakresem wartości analizowanych parametrów geometrycznych stosowanych w badaniach laboratoryjnych. Możliwe jest dalsze wykorzystanie opracowanego modelu w zależności od aktualnych potrzeb.

5. Literatura

- [1] Singiresu S. Rao: *The Finite Element Method in Engineering*. Butterworth and Heinemann Publishing. Boston 1999.
- [2] Mazurkiewicz D.: *Empirical and analytical models of cutting process of rocks*. Journal of Mining Science by Kluwer Academic/Plenum Publishers, Vol. 36, No. 5. 2000, pp.: 481-486
- [3] Mazurkiewicz D., Lutek K.: *Multi-pick head geometrical parameters influence on cutting process*. The Second International Congress „Mechanical Engineering Technology ‘99”. Sofia (Bulgaria), 1999.
- [4] Mazurkiewicz D.: *Computer Aided Modeling and Simulations in Rock Cutting Process Analysis*. Maintenance and Reliability - Journal of the Polish Academy of Sciences and the Polish Maintenance Society. Nr. 6, 2000, pp.: 27-40
- [5] Mazurkiewicz D.: *Empiriciskije i analiticeskije modeli processa riezaniya gornych porod*. Fiziko-Tehnicieskie Problemy Razrabotki Poleznyh Iskopajemyh, Rossijskaja Akademija Nauk, (Journal of the Soviet Academy of Science published in Russian language), No. 5/2000, pp.: 75-81.

*Artykuł prezentuje wyniki prac uzyskanych w trakcie realizacji projektu badawczego
KBN (PB-1505/T12/99/16)*
