

Dr inż. Witold HABRAT, e-mail: witekhab@prz.edu.pl

Politechnika Rzeszowska, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa

Dr hab. inż. Piotr NIEŚŁONY, prof. PO, e-mail: p.nieslony@po.opole.pl

Politechnika Opolska, Wydział Mechaniczny

Mgr inż. Piotr LASKOWSKI, e-mail: pl@prz.edu.pl

Politechnika Rzeszowska, Laboratorium Badań Materiałów dla Przemysłu Lotniczego

Mgr inż. Jacek MISIURA, e-mail: jmisiura@prz.edu.pl

Politechnika Rzeszowska, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa

DIGITALIZACJA GEOMETRII WKŁADEK OSTRZOWYCH NA POTRZEBY SYMULACJI MES PROCESU OBRÓBK SKRAWANIEM

Streszczenie: Artykuł przedstawia algorytm pozwalający na uzyskanie cyfrowych modeli bryłowych wkładek ostrzowych, które zapewniają możliwość użycia w obliczeniach numerycznych MES procesu skrawania. Przedstawiono możliwości pomiarów wkładki ostrzowej z zastosowaniem optycznego systemu pomiarowego ALICONA IFM G4. Przeanalizowano różne możliwości modelowania wkładek ostrzowych.

Słowa kluczowe: digitalizacja, narzędzia skrawające, symulacja MES procesu skrawania, optyczne systemy pomiarowe

DIGITIZATION OF CUTTING INSERTS FOR PURPOSES OF MACHINING FEM SIMULATION

Abstract: The paper presents an algorithm giving the digital solid models of cutting inserts that provide the ability to use in the FEM numerical calculations of the cutting process. The possibilities of the measurement of cutting insert using an optical measuring system Alicona IFM G4 are shown. Different variants of modeling of cutting inserts were analyzed.

Keywords: digitization, cutting tool, FEM simulation of cutting process, optical measurement systems

1. WPROWADZENIE

Symulacje MES odgrywają coraz ważniejszą rolę w obszarze modelowania procesów obróbki skrawaniem. Dają one technologom możliwość wielokryterialnej optymalizacji parametrów nastawnych procesu już na etapie wdrażania produkcji. Oczywiście istnieją ograniczenia w zakresie modelowania zjawisk fizycznych procesu skrawania z zastosowaniem symulacji MES, obejmujące m.in. adekwatność modeli konstytutywnych oraz znajomość właściwości termofizycznych dla pary materiałowej narzędzie-przedmiot obrabiany, jednak coraz częściej uzyskane wyniki osiągają zadowalającą dokładność [1, 2].

Rozwój w zakresie możliwości obliczeniowych pozwala na efektywne prowadzenie symulacji również z zastosowaniem modeli 3D narzędzi skrawających. Problemem w tym zakresie jest fakt iż producenci narzędzi w większości nie udostępniają modeli 3D wkładek ostrzowych opisujących pełną geometrię narzędzia a jedynie uproszczone modele zawierające podstawowy zarys geometrii, nierzadko nie ujmujący nawet wartości kąta natarcia, które mogą mieć zastosowanie jedynie do symulacji torów ruchu narzędzi w systemach CAM.

Ze względu na złożoność obliczeń MES konieczne jest użycie modeli 3D z uwzględnieniem kątów narzędzia, promieni zaokrąglenia ostrza i krawędzi skrawającej oraz geometrii zwijacza wióra. Istotny jest przy tym tylko ten obszar wkładki ostrzowej, który bezpośrednio bierze udział w procesie skrawania.

2. POMIARY GEOMETRII WKŁADKI OSTRZOWEJ

Wkładki ostrzowe składanych narzędzi skrawających charakteryzują się niejednokrotnie złożoną geometrią zwijacza wióra (rys. 1). Przekłada się to na trudności w zakresie pomiarów takiej geometrii a co za tym idzie w doborze odpowiedniego systemu pomiarowego.

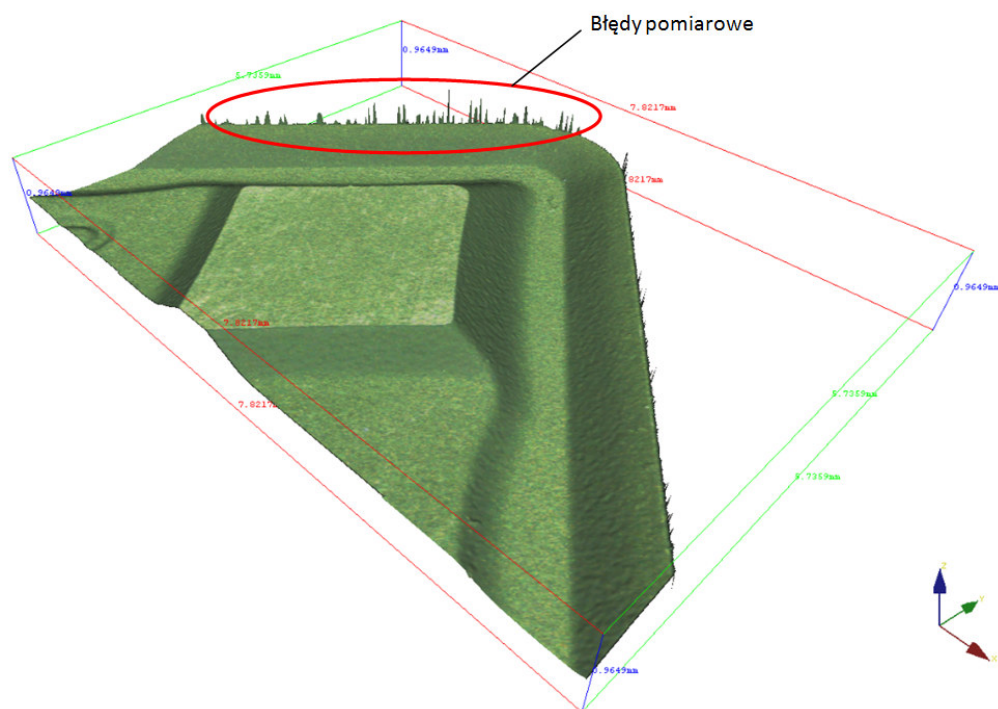


Rys. 1. Geometria rzeczywistej wkładki ostrzowej

W ramach realizowanego zadania do pomiarów wkładki ostrzowej zastosowano optyczny system pomiarowy ALICONA IFM G4 (rys. 2). System optyczny Alicona pozwala na digitalizację różnych obszarów wkładki ostrzowej w zależności od wymaganych informacji poprzez zastosowanie różnych obiektywów oraz próbkowania. W strefie krawędzi skrawającej mogą jednak powstawać błędy pomiarowe (rys. 3).

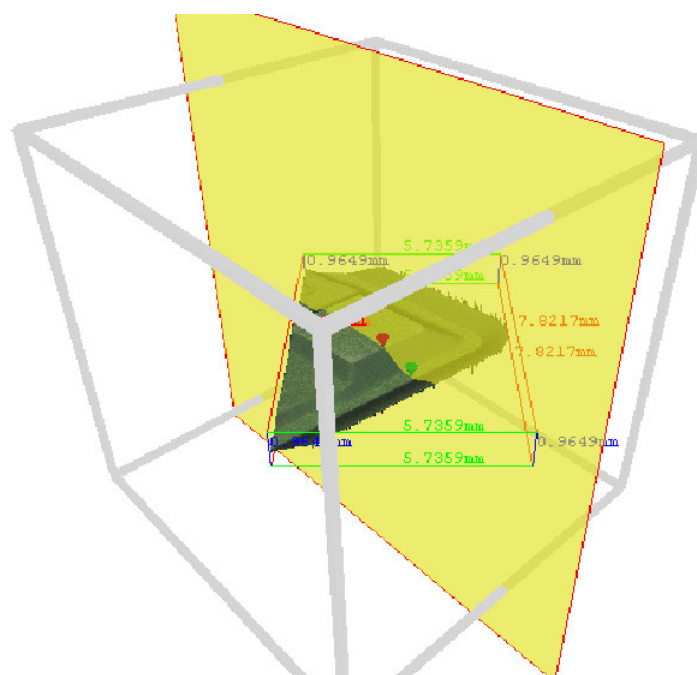


Rys. 2. Optyczny system pomiarowy ALICONA IFM G4



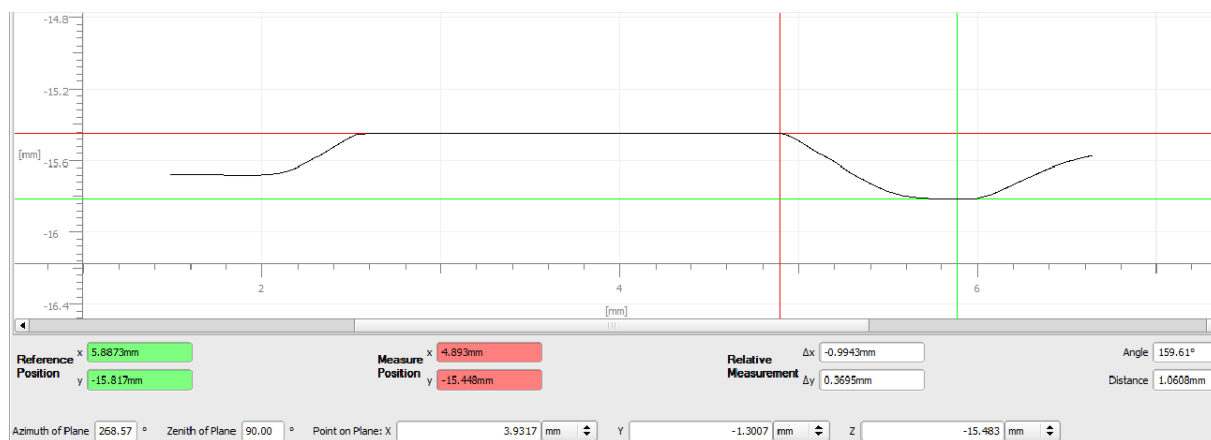
Rys. 3. Przykładowy efekt pomiaru dużego obszaru wkładki ostrzowej z widocznymi błędami pomiarowymi w pobliżu krawędzi skrawającej

Stanowisk badawcze umożliwia zapis wyników pomiaru w formacie STL lub analizę geometrii z użyciem specjalistycznego oprogramowania systemu optycznego Alicona. Pomiar profili konstrukcyjnych lub przekrojów wymaga definicji odpowiednich płaszczyzn poprzez orientację ich w układzie przestrzennym. Na rys. 4. przedstawiono płaszczyznę prostopadłą do krawędzi skrawającej, za pomocą której możliwe jest określenie istotnych charakterystyk geometrycznych w układzie narzędzia.



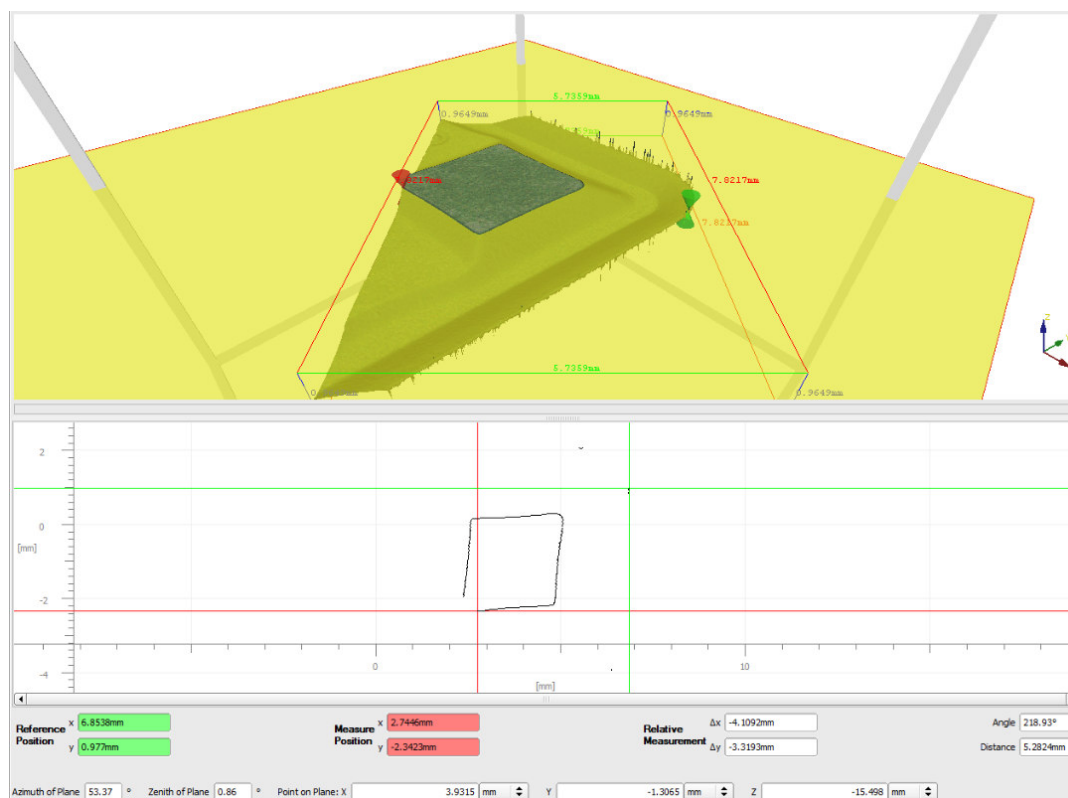
Rys. 4. Płaszczyzna przekroju prostopadła do krawędzi skrawającej

Wyznaczone w płaszczyźnie przekroju profile stanowią bazę do pomiaru odległości pomiędzy poziomami elementami konstrukcyjnymi wkładki ostrzowej lub wybranymi punktami (rys. 5)



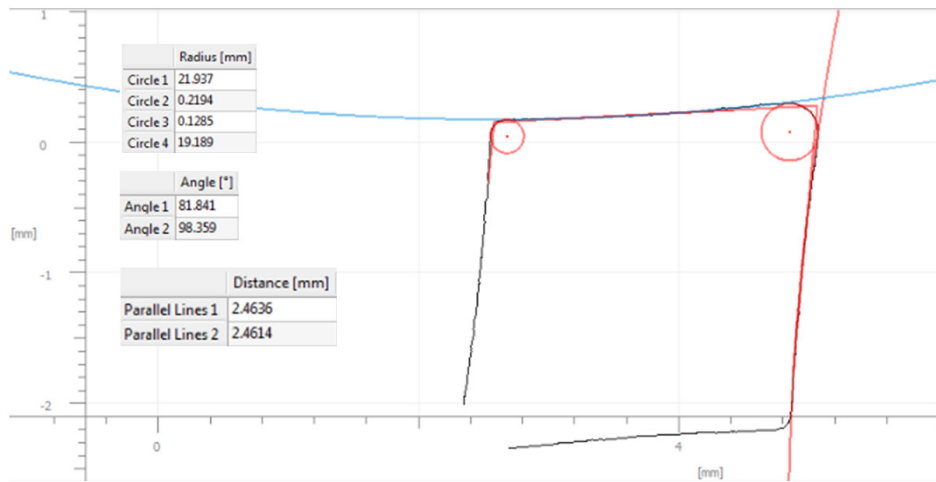
Rys. 5. Przykłady pomiaru odległości pomiędzy wybranymi punktami

Poprzez odpowiednią translację i rotację płaszczyzny tnącej możliwe jest również określenie niektórych profili konstrukcyjnych wkładki ostrzowej (rys. 6).



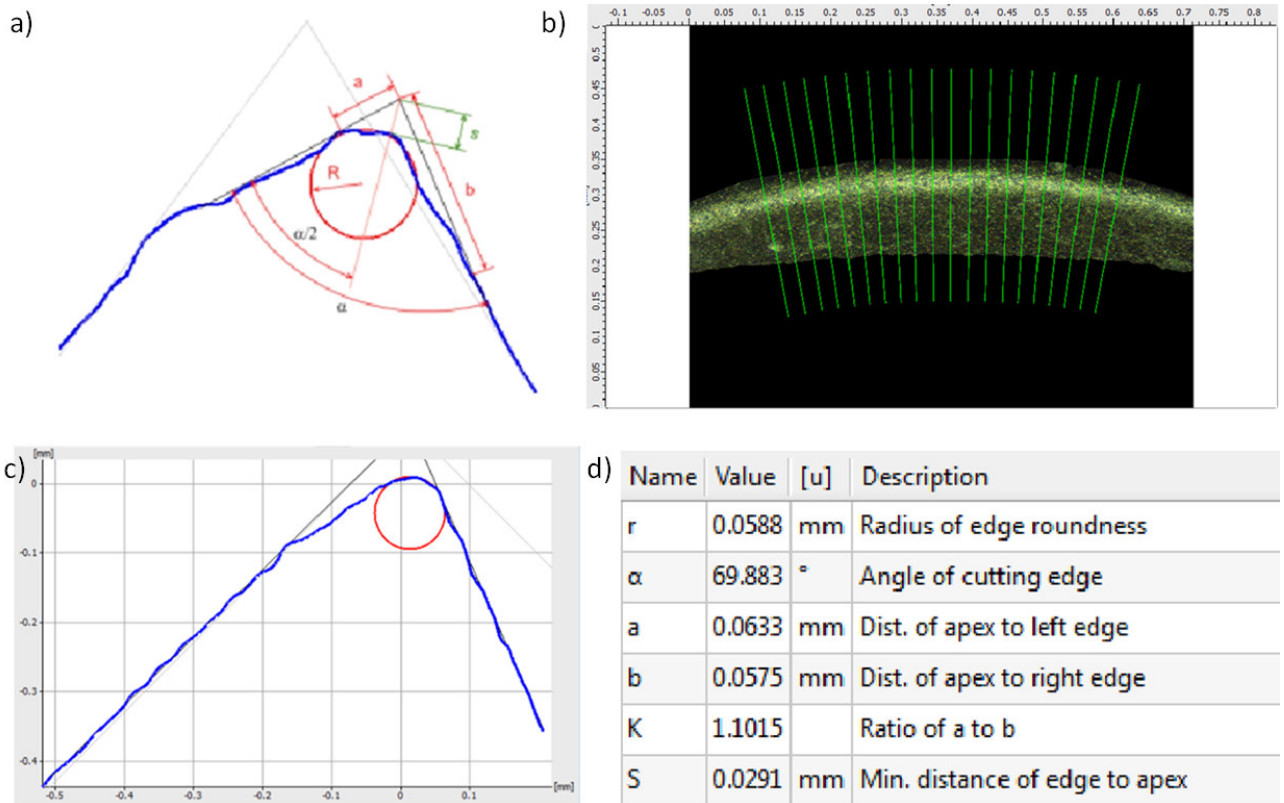
Rys. 6. Pomiar profilu konstrukcyjnego elementu zwijacza wióra

Tak uzyskany profil można zwymiarować lub przybliżyć prostymi elementami geometrycznymi (rys. 7).



Rys. 7. Profil konstrukcyjny elementu zwijacza wióra przybliżony prostymi elementami geometrycznymi

Z zastosowaniem narzędzia Edge Measurement istnieje także możliwość pomiaru szeregu parametrów związanych z geometrią w obszarze krawędzi skrawającej (rys. 8a).



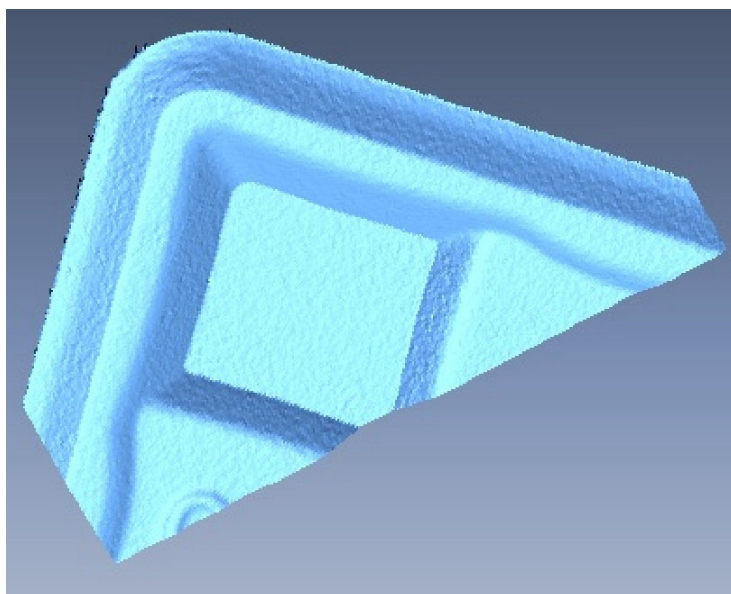
Rys. 8. Pomiary geometrii krawędzi skrawającej: a) parametry mierzone z zastosowaniem narzędzia EdgeMeasurement b) ślady płaszczyzn pomiarowych, c) uzyskany profil pomiarowy, d) zmierzone parametry

Pomiary krawędzi skrawającej a w szczególności promienia jej zaokrąglenia dokonywane są w automatycznie generowanych płaszczyznach pomiarowych (rys. 8b). Użytkownik może jedynie określić liczbę takich płaszczyzn oraz obszar pomiarowy. W ten

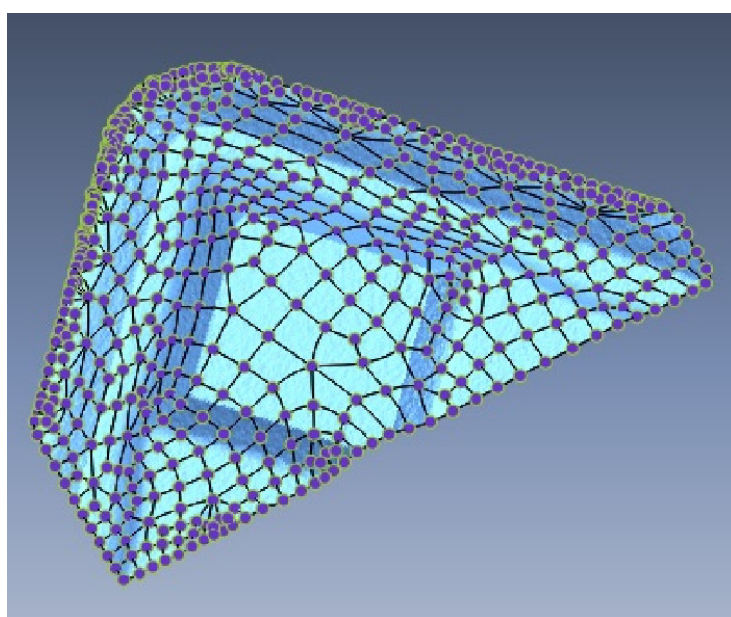
sposób można uzyskać informacje dla pojedynczego profilu (rys. 8c i 8d) lub dla całego obszaru pomiarowego.

3. OPRACOWANIE MODELI CYFROWYCH

Informacje uzyskane na etapie pomiarów wkładki ostrzowej można było zastosować do opracowania modeli cyfrowych na dwa sposoby. W pierwszym przypadku geometria wkładki ostrzowej zapisana w formacie STL (rys. 9) była użyta do opracowania modelu powierzchniowego (rys. 10), jednakże to rozwiązanie nie dawało poprawnych wyników. Uzyskany model oprócz złożonej geometrii wykazywał również błędy w obszarze krawędzi skrawającej (istniała konieczność edycji punktów węzłowych).

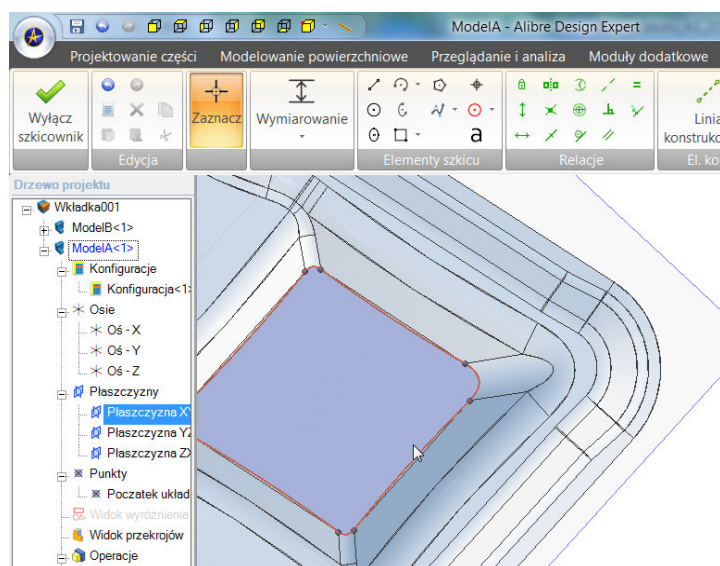


Rys. 9. Export danych pomiarowych do formatu STL



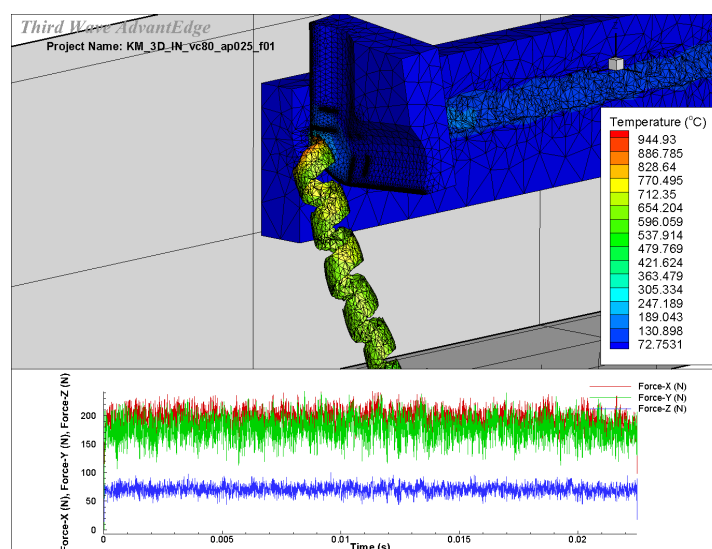
Rys. 10. Nałożenie krzywych oraz rozpięcie powierzchni na modelu STL

Drugi sposób poległ na sekwencyjnym modelowaniu bryłowym w systemie CAD (w tym przypadku Geomagic Design Expert) w oparciu o informacje uzyskane na etapie analizy geometrycznej w oprogramowaniu pomiarowym systemu optycznego Alicona [3]. Uzyskano dzięki temu cyfrowy model bryłowy wkładki ostrzowej, który może mieć zastosowanie do symulacji MES procesu skrawania ze względu na uproszczony opis geometrii, dobre odwzorowanie kształtu oraz możliwość edycji i parametryzacji (rys. 11).



Rys. 11. Modelowanie wkładki ostrzowej w Geomagic Design

Taki tok postępowania wymaga jednak porównania geometrii modelowanej wkładki oraz profilu pomiarowego. W przypadku złożonej geometrii wkładki ostrzowej koniecznym może okazać się opracowanie specjalnego uchwytu pomiarowego z odpowiednimi powierzchniami bazowymi. Uzyskanie poprawnego modelu cyfrowego geometrii wkładki ostrzowej jest niezbędne dla uzyskania zadowalających wyników symulacji MES procesu skrawania (rys. 12).



Rys. 12. Symulacja MES procesu skrawania

4. PODSUMOWANIE

W ramach niniejszego zagadnienia przeprowadzono digitalizację geometrii wkładki ostrzowej na potrzeby symulacji MES procesu skrawania z zastosowaniem optycznego systemu pomiarowego ALICONA IFM G4 oraz systemu CAD Geomagic Design. Kolejne etapy digitalizacji obejmowały skanowanie rzeczywistej geometrii 3D wkładki ostrzowej, pomiary profili konstrukcyjnych oraz modelowanie w Geomagic Design.

Przedstawione analizy pokazały, że modelowanie powierzchniowe w oparciu o dane pomiarowe w formacie STL nie ma zastosowania do symulacji MES ze względu na złożony opis geometrii, powstające błędy w obszarze krawędzi skrawającej oraz trudności w określeniu promienia zaokrąglenia krawędzi skrawającej.

Modelowanie bryłowe na podstawie informacji uzyskanych na etapie analizy geometrycznej pozwala natomiast na opracowanie modelu cyfrowego spełniającego wymogi dla symulacji MES ze względu na uproszczony opis geometrii, dobre odzwierciedlenie kształtu oraz możliwość edycji i parametryzacji.

LITERATURA

1. M Boivineau et al, "Thermophysical properties of solid and liquid Ti-6Al-4V (TA6V) alloy," *Int. J. Thermophys*, vol. 27, pp. 507–529, 2006
2. P. Nieslony, W. Grzesik, P. Laskowski, W. Habrat, "FEM-Based Modelling of the Influence of Thermophysical Properties of Work and Cutting Tool Materials on the Process Performance," *Procedia CIRP*, pp. 3-8, 2013.
3. B. Pacula. Modelowanie sekwencyjne czy synchroniczne ?, "Projektowanie i konstrukcje inżynierskie, 1-2 (52-53), 2012