

Modelowanie i badanie struktury geometrycznej powierzchni kształtowanej podczas ultraprecyzyjnego mikrofrezowania

Precyzyjne (PM) i ultra-precyzyjne (UPM) skrawanie jest obecnie bardzo często przeprowadzane z zastosowaniem miniaturowych frezów trzpieniowych o średnicach nieprzekraczających 1 milimetra. Tę technikę obróbki skrawaniem można zdefiniować jako mikrofrezowanie.

Obecnie głównym obszarem zastosowań mikrofrezowania jest produkcja elementów wykonanych ze stopów tytanu i stali nierdzewnej, przeznaczonych dla przemysłu biomedycznego, takich jak implanty kostne i stawowe oraz części układu nerwowo-naczyniowego. Proces ten stosuje się również w produkcji mikroelektrod, a także mikroform z utwardzonych stali stopowych i elementów systemów bio-mikroelektromechanicznych (bio-MEMS). Ponadto zastosowanie mikrofrezów diamentowych o pojedynczej krawędzi skrawającej umożliwia tworzenie struktur piramidalnych lub pryzmatycznych stosowanych w optyce dyfrakcyjnej i systemach kierowania światłem. Należy zauważyć, że główną zaletą mikrofrezowania w stosunku do innych technik wytwarzania (takich jak: fotolitografia, mikroelektrodrążenie, obróbka wspomaganą ultradźwiękami i obróbka wiązką lasera), stosowanych do produkcji precyzyjnych/miniaturowych części jest jej wysoka wydajność.

Podziału obróbki na konwencjonalną, precyzyjną i ultra-precyzyjną można dokonać z uwzględnieniem zakresów grubości warstwy skrawanej h , a także zjawisk występujących podczas procesu przekształcania warstwy skrawanej w wiór. W konwencjonalnym skrawaniu grubości warstwy skrawanej wynoszą $h \geq 0,1$ mm, w obróbce precyzyjnej grubość warstwy skrawanej zawiera się w przedziale: $1 \mu\text{m} < h < 0,1$ mm, a podczas obróbki ultraprecyzyjnej $h \leq 1 \mu\text{m}$.

Restrykcyjne wymagania dotyczące jakości powierzchni obrabianej stanowią podstawowy cel oraz wyzwanie dotyczące procesów UPM. W związku z tym rozpoznanie specyficznych zjawisk fizycznych zachodzących podczas formowania struktury geometrycznej powierzchni, a także wybór parametrów wejściowych umożliwiających jednoczesną poprawę jakości powierzchni obrabianej oraz ekonomiki skrawania nabierają dużego znaczenia naukowego. Należy w tym miejscu stwierdzić, że problemy związane z kształtowaniem struktury geometrycznej powierzchni zostały wnikliwie przestudiowane przez wielu badaczy w odniesieniu do konwencjonalnych procesów frezowania. Jednak podejścia i modele zaproponowane w tych badaniach zwykle nie mają zastosowania w odniesieniu do procesów UPM. Jest to głównie spowodowane specyficznymi warunkami występującymi podczas technik obróbki ultraprecyzyjnej, związanymi z właściwościami i mikrostrukturą materiału obrabianego, a także z błędami geometrycznymi i drganiami systemu obróbkowego. Należy podkreślić, że zjawiska te są wciąż niewystarczająco zbadane. Dlatego głównym celem niniejszego projektu jest opracowanie złożonych modeli analityczno-numerycznych, które opisują: trójwymiarowe przekształcanie warstwy skrawanej w wiór podczas ultra-precyzyjnego mikrofrezowania, odkształcenia sprężyste i plastyczne obrabianej powierzchni, tor narzędzia podczas obróbki oraz formowanie struktury geometrycznej powierzchni podczas techniki UPM dla zróżnicowanych systemów obróbki.

Badania przeprowadzone podczas realizacji tego projektu będą obejmować zarówno symulacje teoretyczne, jak i próby doświadczalne. Opracowane modele będą oparte na metodach analitycznych i numerycznych. Następnie modele te zostaną poddane weryfikacji doświadczalnej podczas prób ultraprecyzyjnego mikrofrezowania ze zmiennymi parametrami wejściowymi.

Uogólniony model kształtowania struktury geometrycznej powierzchni, opracowany w ramach tego projektu będzie uwzględniał specyficzne zjawiska występujące podczas procesu ultra-precyzyjnego mikrofrezowania. W ten sposób jego analiza może przyczynić się do lepszego zrozumienia złożonych zjawisk fizycznych zachodzących podczas formowania struktury geometrycznej powierzchni w procesach UPM, a tym samym do rozwoju ultra-precyzyjnej techniki mikrofrezowania. Uzyskane wyniki będzie można zastosować w celu poprawy jakości obrabianej powierzchni poprzez dobór odpowiednich parametrów wejściowych mikrofrezowania. Ostatecznie, powyższe efekty mogą stanowić podstawę do spopularyzowania technologii UPM i rozszerzenia jej udziału w produkcji ultraprecyzyjnych części o skomplikowanych kształtach, przeznaczonych dla przemysłu biomedycznego, elektronicznego, lotniczego i optycznego.