

Robert CHABURA, Wojciech MUSIAŁ, Michał RADOWSKI

MOŻLIWOŚCI ZWIĘKSZENIA DOKŁADNOŚCI OBRÓBKI POWIERZCHNI SWOBODNYCH 3D NA 3-OSIOWYM CENTRUM OBRÓBKOWYM

Streszczenie

W artykule przedstawiono zagadnienia związane ze zwiększeniem dokładności obróbki powierzchni swobodnych na centrum obróbkowym. Została przeanalizowana metoda opisu powierzchni Béziera dla powierzchni 3D w celu zaprezentowania ich wykonania za pomocą operacji szlifowania z możliwością zwiększenia dokładności obróbki.

WSTĘP

W przemyśle duży nacisk kładziony jest na optymalne wykorzystanie maszyn obróbkowych, robotów, itp. jak i narzędzi obróbkowych. W przypadku narzędzi skrawających dąży się do uzyskania powierzchni obrabianej o minimalnej chropowatości, przy zachowaniu prawidłowych parametrów obróbki, jak i dużej żywotności narzędzia. Aby operacje technologiczne danej części były wykonane w możliwie najkrótszym czasie, koniecznym jest zaprogramowanie maszyny i uzbrojenie jej w narzędzia, dzięki którym operacje technologiczne będą wykonywane bez potrzeby zatrzymania maszyny i wymiany narzędzia. Jednak większość maszyn nie posiada takich parametrów i magazynów narzędzi umieszczonych w maszynie. Prowadzi to do wydłużenia całkowitego czasu wykonania danego elementu. W artykule zostanie przedstawiona jedna z możliwości zwiększenia dosuwu za pomocą specjalnej głowicy, pozwalającej na poprawę dokładności obróbki.

Nowoczesne procesy odlewnicze i obróbki plastycznej umożliwiają produkcję półfabrykatów części maszyn z takimi naddatkami, że dla ich usunięcia często wystarcza jedynie obróbka szlifowaniem. Stąd zakres stosowania innych sposobów mechanicznej obróbki narzędziami skrawającymi maleje, a znacznie wzrasta szlifowania. W artykule zostanie przedstawiona propozycja zwiększenia dokładności obróbki powierzchni swobodnych na centrum obróbkowym.

Obróbka powierzchni swobodnych na obrabiarkach sterowanych numerycznie wiąże się z koniecznością wcześniejszego przygotowania (zaprogramowania) ruchu narzędzia. Odbywa się to przy użyciu systemu modelowania geometrycznego. Jednak obróbka takiej powierzchni jest problematyczna ze względu na generowanie ruchu narzędzia i opis geometryczny powierzchni obrabianej. Do wytwarzania takich elementów konieczne jest stosowanie komputerowych systemów projektowania CAD/CAM, pozwalających na wyeliminowanie żmudnych obliczeń geometrycznych. Programy te umożliwiają zaprojektowanie elementu, jego zwymiarowanie, wygenerowanie kodu NC dla konkretnej obrabiarki sterowanej numerycznie, dobór

narzędzi i parametrów obróbki oraz wiele innych niezbędnych czynności technologicznych. Dane te stanowią bazę do zdefiniowania ruchu narzędzia. Są one przechowywane w postprocesorze, gdzie znajdują się współrzędne kolejnych położenia narzędzia obliczane w taki sposób, aby możliwe było odtworzenie trajektorii przedmiotu. Wynik otrzymuje się w postaci ruchu narzędzia w przestrzeni. Należy jednak zwrócić uwagę, że każda obrabiarka posiada indywidualnie zaprogramowany postprocesor.

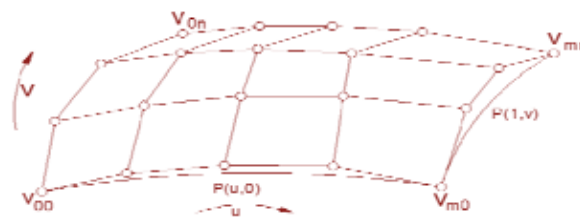
Metoda szlifowania powierzchni swobodnych o zwiększonej dokładności znajduje zastosowanie w wytwarzaniu wielu rodzajów elementów, m.in. matryc, tłoczków, form odlewniczych i wtryskowych.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie technologii zwiększającej dokładność obróbki wytwarzanych elementów stosowanych w przemyśle samochodowym, za pomocą obrabiarki sterowanej numerycznie przy wykorzystaniu ściernic ze ścierniw super twardych.

1. CHARAKTERYSTYKA POWIERZCHNI SWOBODNYCH

W przypadku obróbki powierzchni swobodnych najlepszą i najbardziej optymalną metodą ich opisu są segmenty wielomianowe w reprezentacji Béziera (powierzchnie Béziera). Segment wielomianowy trzeciego stopnia można opisać za pomocą wieloboku o czterech wierzchołkach. Łącząc ze sobą dane wieloboki tworzy się płaty powierzchni w reprezentacji Béziera.

Reprezentacja Béziera dla płatów powierzchni jest uogólnieniem reprezentacji Béziera dla krzywych przy zastosowaniu metody iloczynu tensorowego. Płat powierzchni w reprezentacji Béziera jest zdefiniowany przez czworoboczną siatkę wierzchołków charakterystycznych Béziera $v_{i,j}$, $i = 0, \dots, m$, $j = 0, \dots, n$ (rys. 1).



Rys. 1. Płat powierzchni swobodnej w reprezentacji Béziera

Źródło: Opracowanie własne.

Płat powierzchni w reprezentacji Béziera jest więc średnią ważoną wierzchołków siatki, z których cztery narożne leżą na definiowanej powierzchni. Płat powierzchni Béziera ma własności określone przez własności funkcji Bernsteina, analogicznie do własności krzywych Béziera:

- jest stopnia m względem parametrów u i stopnia n względem parametru v ;
- jest gładkim przybliżeniem siatki wierzchołków i leży wewnątrz wypukłego wielościanu rozpiętego na wierzchołkach siatki;
- relacje między siatką wierzchołków, a odpowiadającą jej powierzchnią są niezmiennie względem przekształceń afinicznych;
- przesunięcie któregośkolwiek wierzchołka siatki powoduje zmianę całej powierzchni.

Punkty na powierzchni Béziera odpowiadające danym parametrom można wyznaczyć w dwóch etapach:

- dla danego v wyznaczyć punkty $v_0(v)$, $v_1(v)$, \dots , $v_m(v)$, które tworzą wielobok Béziera dla krzywej stałego parametru v ;
- dla danego u wyznaczyć punkt $P(u, v)$ na podstawie tak wyznaczonego wieloboku.

W przypadku wyznaczania wielu punktów leżących na powierzchni, bardziej ekonomiczne jest przejście do postaci wielomianowej i korzystanie ze schematu Hornera.

2. OBRÓBKA POWIERZCHNI SWOBODNYCH

Obróbka powierzchni swobodnych została przeprowadzona na obrabiarce CNC ze sterowaniem – *FANUC Series Oi Mate – Model C* (fot. 1). Narzędzie obróbkowe (ściernica kulista) zamontowane jest w obrotowym magazynie narzędzi obróbkowych, znajdującym się nad stołem obróbkowym. Jest ono przymocowane do obrabiarki w taki sposób, że wykonuje ruch w jednej osi pionowej prostopadle to stołu obróbkowego na którym znajdują się obrabiany przedmiot.



Fot. 1. Obrabiarka CNC ze sterowaniem Fanuc Series

Źródło: Opracowanie własne.

Narzędzie obróbkowe, które może być zastosowane do badań zostanie umieszczone w specjalnie zaprojektowanej głowicy, która pozwoli zwiększyć dosuw obrabiarki, uzyskując w ten sposób dokładność w nanometrach. W skład głowicy będzie wchodzić hybrydowe połączenie elektrowrzeciono z układem pomiarowym. Głowica wyposażona w elektrowrzeciono, pozwala na uzyskanie dużych prędkości obrotowych ściernicy, rzędu 60 m/s. Krawędzie szlifujące ściernicy obracają się wokół swej osi i zakreślają osiowo-symetryczną powierzchnię działania ściernicy S . Pięć najczęściej spotykanych kształtów powierzchni działania ściernicy: walcowy, baryłkowy, kulisty i toroidalny z uwzględnieniem szczególnego przypadku, gdy promień torusa jest zerowy, przedstawiono na fot. 2.



Fot. 2. Przykładowe kształty powierzchni ściernicy

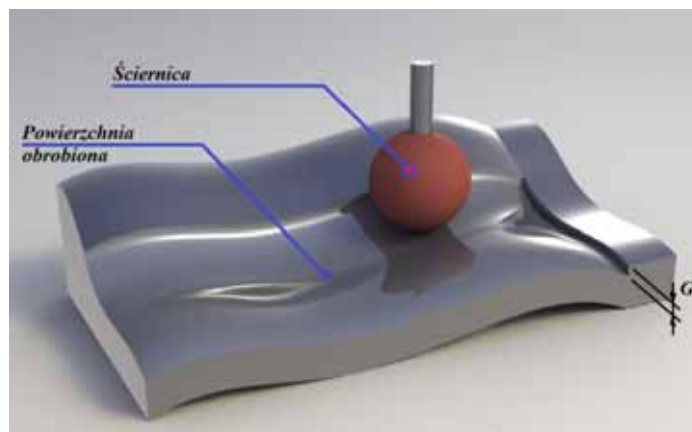
Źródło: Opracowanie własne.

Propozycją zastosowania do operacji szlifowania jest ściernica składająca się z mikrokryształicznych ziaren CBN (regularny azotek boru o spoiwie ceramicznym), gdyż te ściernice posiadają najlepsze właściwości skrawające występujące przy dużych prędkościach obrotowych ściernicy i zapewniają małą chropowatość powierzchni.

Powierzchnia styku

Wymiarowanie powierzchni swobodnej polega na określeniu powierzchni nominalnej, np. za pomocą płatów Béziera, oraz odchyłek. Obszar tolerancji wykonania powierzchni określają odchyłki zewnętrzne i wewnętrzne. Obszar ten znajduje się między powierzchniami równoległymi od powierzchni nominalnej i odpowiednio odległymi (rys. 2):

- powierzchnia zewnętrzna – o odchyłkę zewnętrzną i analogicznie,
- powierzchnia wewnętrzna – o odchyłkę wewnętrzną.

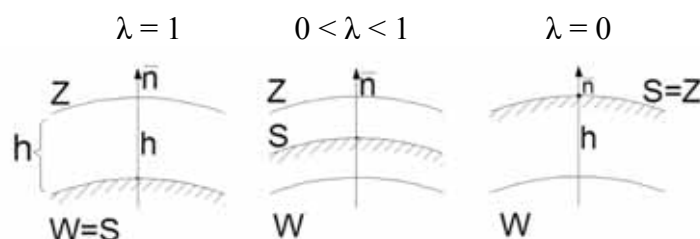


Rys. 2. Położenie powierzchni obrobionej

Źródło: Opracowanie własne.

Proces szlifowania musi odbywać się tak, aby nie usunąć materiału pod powierzchnią wewnętrzną oraz usunąć cały materiał nad powierzchnią zewnętrzną. Do obliczeń geometrycznych trajektorii narzędzia, w obszarze tolerancji wykonania, wyróżnia się obszar tolerancji obliczeniowej. Położenie tego obszaru zależy od wielu czynników technologicznych wpływających na dokładność wykonania. Wysokości G nierówności wynikających z sąsiednich ruchów roboczych powierzchni działania ściernicy nie mogą być większe niż tolerancja obliczeniowa.

W obszarze tolerancji obliczeniowej wyróżnia się powierzchnię styku S równoległą do powierzchni nominalnej. W trakcie obróbki powierzchnia działania ściernicy F porusza się stycznie do powierzchni styku S . Dopuszcza się różne położenia powierzchni styku w obszarze tolerancji. Położenia te będą opisywane parametrem λ , przy czym $0 \leq \lambda \leq 1$. Znaczenie tego parametru przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Położenie powierzchni styku w obszarze tolerancji

Źródło: [2].

W celu uproszczenia analizy oraz przedstawienia związków geometrycznych w prostej formie wprowadza się pojęcie obszaru obrobionego stycznego. Obszarem takim będziemy nazywać zbiór punktów płaszczyzny będących rzutami prostokątnymi punktów.

3. MOŻLIWOŚCI ZWIĘKSZENIA DOKŁADNOŚCI

Zastosowanie nowoczesnych materiałów wymusza optymalizację narzędzia i unifikację narzędzi skrawających, zwiększenie ich niezawodności pracy. Czołowe osiągnięcia w zakresie materiałów na narzędzia skrawające są podstawą do zmiany wartości stosowanych parametrów obróbki, do zmiany konstrukcji obrabiarek (zwiększenie ich sztywności i mocy), oprzyrządowania technologicznego, czy samej koncepcji realizacji procesu obróbki. Narzędzia skrawające wykonane z nowoczesnych materiałów zapewniają:

- obróbkę z dużą prędkością skrawania – HSC (High Speed Cutting),
- obróbkę wysokowydajną – HPC (High Performance Cutting),
- obróbkę na sucho lub z minimalną ilością cieczy chłodząco-smarującej,
- obróbkę materiałów twardych,
- obróbkę materiałów plastycznych,
- zwiększenie wydajności obróbki stopów metali lekkich,
- możliwość mikro i nanoobróbki.

Celem podejmowanych działań jest zwiększenie dokładności i wydajności obróbki, co musi się przekładać obniżeniem całkowitych kosztów wytwarzania i zwiększenia konkurencyjności wytwórców. Aby uzyskać jak największą dokładność obróbki należy zwrócić uwagę na czynniki decydujące o dokładności obróbki, tj.: dokładność obrabiarek, dokładność narzędzi, sztywność układu technologicznego, odkształcenia cieplne układu technologicznego, naprężenia własne, drgania, dokładność pomiarów, dokładność nastawienia obrabiarki. W przypadku zwiększenia dokładności, obrabiarki należy sprawdzić w stanie statycznym oraz dynamicznym. Należy przy tym pamiętać, iż dokładność obrabiarki maleje w miarę wzrostu zużycia poszczególnych jej części.

PODSUMOWANIE

W artykule zaprezentowano jedną z metod opisywania powierzchni swobodnych. Pozwalają one na zdefiniowanie siatki powierzchni Béziera. Prowadzi to do uzyskania optymalnego ruchu narzędzia skrawającego i uzyskania minimalnej chropowatości powierzchni. Metoda ta jest stosunkowo tania (koszt wytworzenia ściernicy CBN). Obliczeniowo jest jednak skomplikowana. W przypadku zastosowania proponowanego rozwiązania uzyskujemy dużą prędkość obrotową narzędzia obróbkowego, jak i dosuw obrabiarki mierzony w nanometrach.

BIBLIOGRAFIA

1. Grzesik W., Niesłony P., Bartoszek M.: *Programowanie obrabiarek NC/CNC*, WNT, Warszawa, 2008.
2. Marciniak K., Putz B., Wojciechowski J.: *Obróbka powierzchni krzywoliniowych na frezarkach sterowanych numerycznie*, WNT, Warszawa, 1988.
3. Nadolny K., Plichta J.: *Jednoprzebiegowe szlifowanie otworów ściernicami o strefowo zróżnicowanej budowie*, WUPK, Koszalin, 2008.
4. Plichta J.: *Innowacyjne procesy szlifowania małogabarytowymi ściernicami ze ścierniw supertwardych*, WUPK, Koszalin, 2008.
5. Pluta Z.: *Podstawy wygładzania powierzchni ściernicami elastycznymi*, WUPK, Koszalin, 2007.

POSSIBILITIES OF INCREASING THE ACCURACY OF THE 3D FREE SURFACE TREATMENT ON 3-AXIS MACHINING CENTER

Abstract

The article presents the issues associated with an increased accuracy of free surface treatment on the machining center. Description of the method was examined for the surface Bézier surface in 3D to show them to comply with the grinding operation may be increased machining accuracy.

Autorzy:

mgr inż. **Robert Chabura** – Politechnika Koszalińska

dr inż. **Wojciech Musiał** – Politechnika Koszalińska

mgr inż. **Michał Radowski** – Politechnika Koszalińska