# Projekt kluczowy
# Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

INNOWACYJNA GOSPODARKA
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO

SPOTKANIE PANELI EKSPERTÓW
28-29 Czerwca 2010

ZB 5

## Nowoczesna obróbka mechaniczna stopów magnezu i aluminium


Politechnika Lubelska, Politechnika Rzeszowska, Politechnika Warszawska

Szular


## Wyniki badań

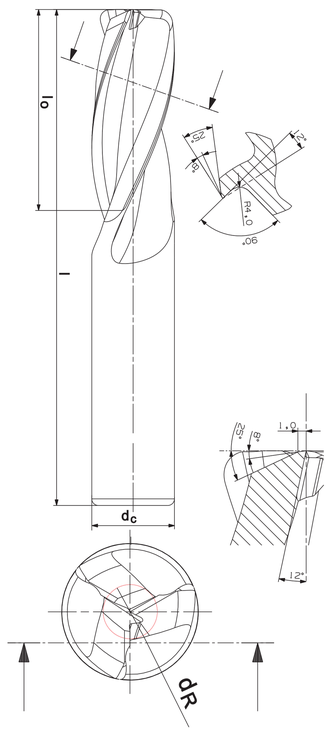
### Wykonanie analizy konstrukcji narzędzi do wysokowydajnego frezowania stopów aluminium. Opracowanie wytycznych do wykonania narzędzi (frezów do wysokowydajnego frezowania elementów konstrukcji lotniczych

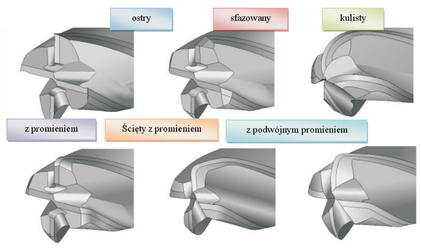
Makrogeometria monolitycznego freza palcowego - poddanego badaniom przyprzygotowanego do badań analizowane go

Zadania wykonane:
Przegląd literatury odnośnie geometrii ostrza narzędzi do wysokowydajnej obróbki stopów Al.
Przegląd oferty firm narzędziowych.
Analiza wytwarzanych wyrobów przez firmy zrzeszone w dolinie lotniczej pod względem wykorzystywanych narzędzi.
Wytypowanie narzędzi i wyrobów do badań.
Wykonanie parametrycznego modeli 3D narzędzia wg wytycznych z przeglądu literatury.

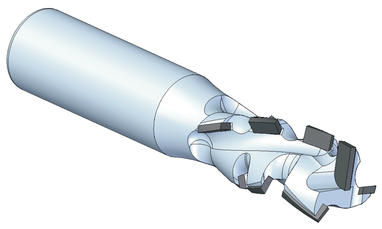
Zadania do wykonania.
Badania symulacyjne.
Analiza MES wykonanego modelu 3D w systemie ThirdWaveSystems AdvantEdge.
Wykonanie narzędzi.
Zmierzenie stabilności układu OUPN w labolatorium oraz w firmach w których będą wykonywane wdrożenia.
Zaprogramowanie toru ruchu narzędzia z różnymi wariantami wybierania materiału.
Opracowanie i wykonanie danych wejściowych do systemu ThirdWaveSystems AdvantEdge ProductionModule 3D.
Wykonanie optymalizacji toru ruchu narzędzia wg zdefiniowanych kryteriów - wykorzystanie maksymalnej mocy wrzeciona.

Badania Laboratoryjne
Wykonanie serii prób z pomiarem obciążenia wrzeciona.



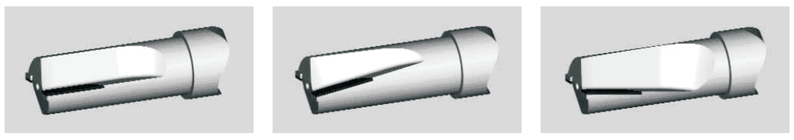




Typy najczęściej stosowanych wyokrągleń krawędzi w zależności od obrabianej geometrii



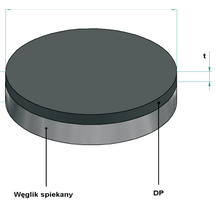
Model 3D narzędzia z wkładkami z PKD

Wykonany frez z wkładkami z PKD

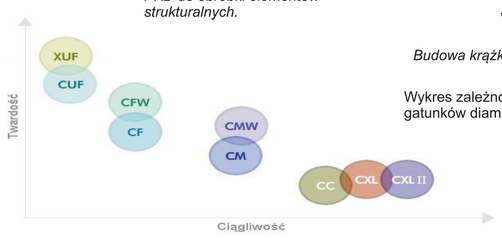


Różne typy katów j frezów trzpieniowych z wkładkami z PKD w zależnośći od przeznaczenia.

Przykład zastosowania frezów z PKD do obróbki elementów strukturalnych.




Budowa krążka z polikrystalicznego diamentu




Wykres zależności twardości od ciągliwości dla różnych gatunków diamentu polikrystalicznego

## Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań nad obróbką HPC, określono optymalne wartości makro i mikrogeometrii dla obróbki stopów aluminium frezami węglikowymi bez łamacza wióra. Proponowane w literaturze optymalne wartości, to:

- Kąt przyłożenia ? = 8 - 10 stopni
- Kąt natarcia ? = 12- 18 stopni
- Kąt wzniosu linii śrubowej = 25 - 30 stopni
- Liczba zębów z = 3 - 5

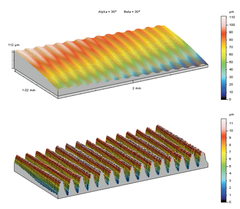
W celu zapewnienia wysokowydajnej obróbki HSM przed przystąpieniem do produkcji należy wykonać badania laboratoryjne, które umożliwią dopasowanie całego sytemu obróbkowego, narzędzi i parametrów skrawania, dla zapewnienia wydajnego, stabilnego i ekonomicznego procesu kształtowania wyrobu.

Zdecydowana większość firm zrzeszonych w dolinie lotniczej do obróbki stopów Al. używa narzędzi z węglików spiekanych . Firmy zainteresowane są wdrożeniami narzędzi z wkładkami z PKD . Jednak ze względu na ciągle zmieniające się wyroby (geometria 3D) nie są wstanie zainwestować w profesjonalne narzędzia.

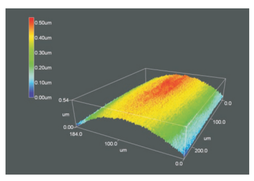
## Wyniki badań

### Analiza systemów pomiarowych struktury geometrycznej powierzchni elementów lotniczych oraz metod pomiarowych geometrii zużycia narzędzi stosowanych do obróbki stopów aluminium i magnezu

Przeprowadzono analizę systemów pomiarowych struktury geometrycznej powierzchni elementów lotniczych po wysokowydajnej obróbce mechanicznej. Poza systemami opartymi na metodach stykowych szczególną uwagę zwrócono na metody optyczne. Wykorzystanie mikroskopów konfokalnych oraz interferencyjnych niesie ze sobą duży potencjał. Metody optyczne są szybsze od metod stykowych, nie istnieje również obawa uszkodzenia końcówki pomiarowej ani powierzchni mierzonej. Niestety metody te nie są jeszcze wystarczająco zbadane i opisane, aby mogły się cieszyć powszechnym stosowaniem

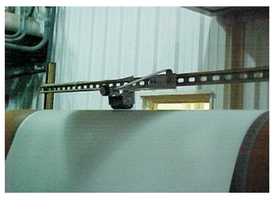


Rys.9. Obraz powierzchni uzyskany za pomocą profilometru stykowego



Rys. 10. Obraz powierzchni uzyskany za pomocą mikroskopu konfokalnego (źródło: www.zeiss.pl)

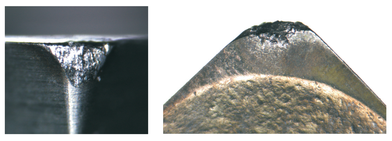
Zwrócono również uwagę na metody, które pozwalają na pomiar struktury geometrycznej powierzchni bezpośrednio na stanowisku produkcyjnym. Systemy wizyjne, metody skaterometryczne i plamkowe mogą być stosowane zarówno do kontroli czynnej SGP przedmiotu obrabianego oraz do nadzorowania zużycia narzędzia.



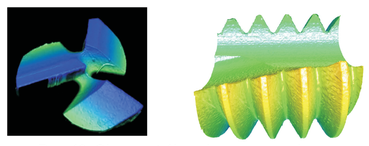
Analizie poddano nowoczesne metody pomiaru zużycia narzędzi podczas wysokowydajnej obróbki mechanicznej stosowane:

- podczas przerw w obróbce (off line),
- w czasie obróbki (on line).

Rys. 11. Pomiar struktury geometrycznej blachy podczas obróbki (źródło:http ://www.opticaldimensions.com)



Rys. 12. Zdjęcia zużycia płytki skrawającej

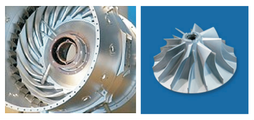


Rys. 12. Obrazy z trójwymiarowego pomiaru narzędzia (źródło: www.alicona.com)

Szczególną uwagę zwrócono na metody optyczne do pomiaru zużycia ostrza narzędzia, które umożliwiają nie tylko wykrycie złamania, stępienia narzędzia, ale także pomiary geometrii krawędzi skrawającej.
Zwrócono uwagę na celowość pomiaru sił, tak ważną przy zużyciu ostrza narzędzia.
Dokonano wyboru optymalnej metody pomiaru zużycia ostrza narzędzia , dla której określono następujące charakterystyki pomiarowe:

- pomiar zużycia i określenie trwałości narzędzia obróbkowego,
- pomiar chropowatości powierzchni elementu obrabianego,
- pomiar sił występujących w czasie procesu obróbkowego.

Opracowano program badań dla wybranej metody badań.



Rys. 13. Przykładowe części lotnicze (źródło: www.wskrz.com)

## Wnioski

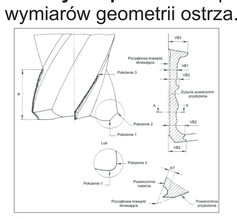
Z analizy istniejących systemów pomiarowych struktury geometrycznej powierzchni przedmiotu obrabianego oraz metod pomiaru zużycia narzędzia wyłania się potrzeba przeprowadzenia następujących prac:

- zbadania korelacji występującej między parametrami chropowatości zmierzonymi różnymi metodami, ze szczególnym uwzględnieniem metod optycznych,
- analizy systemów pomiarowych do kontroli czynnej SGP pod kątem ich wykorzystania w przemyśle lotniczym.

## Wyniki badań

### Metody pomiaru zużycia ostrza narzędzia obróbkowego podczas frezowania stopów aluminium i magnezu

**Metody pośrednie** opierają się na zjawiskach spowodowanych stępieniem ostrza, czyli na pomiarach skutków zużycia. Wyróżnia je łatwa techniczna realizacja, ale rezultaty są obarczone niepewnością wynikającą z nie do końca rozpoznanych zjawisk zachodzących w strefie skrawania.
**Metody bezpośrednie** oparte są na pomiarze wskaźników zużycia ostrza, czyli na zmianach wymiarów geometrii ostrza.

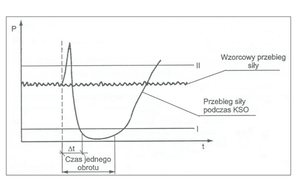


Rys. 14. Wskaźniki zużycia ostrza.

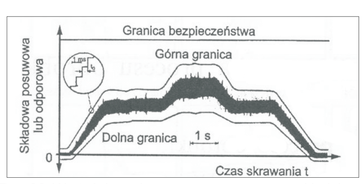
Rys. 15. Optyczny układ wspomagający ustawianie i kontrolę narzędzi trzpieniowych firmy Renisław [4].

**Strategie pomiaru zużycia narzędzia obróbkowego**

Przetwarzanie i ocena sygnałów pomiarowych mierzonych przez czujniki zależą od celu stosowania układu diagnostycznego i strategii jego działania.



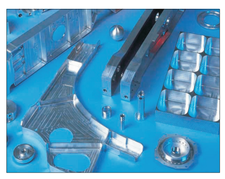

Rys. 27. Strategia oparta na granicach statycznych – wykrywanie KSO



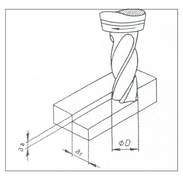

Rys. 28. Wartości graniczne wyznaczone przez układ do pomiaru sił.

## Wyniki badań

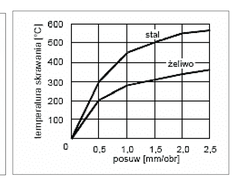
Gdy wartość wzorcowego przebiegu podczas zabiegu obróbkowego zmienia się stosowane są **etapowe stałe granice**.
Wtedy przebieg obróbki w czasie całego cyklu może być podzielony na etapy, a granice są określane oddzielnie dla każdego z nich. Ponadto stosowanych może być wiele innych granic stałych, ale dotyczącego fragmentu zabiegu.
**Dynamiczne granice**, gdy wartość przebiegu wzorcowego podczas zabiegu obróbkowego zmienia się. Strategia oparta na granicach dynamicznych, tzn. dopasowujących się na bieżąco do wartości sygnału, lecz z ograniczoną szybkością, umożliwia nadzór nawet w tych przypadkach, gdy występują zmiany sił wynikających ze zmian warunków skrawania takich jak nawet 4-krotne zmiany głębokości skrawania czy twardości.
**Wzorzec przebiegu lub rozpoznawanie obrazu przebiegu**, jeśli obróbka odbywa się z różnymi parametrami skrawania, przy różnych wymiarach przedmiotu i użyciu narzędzia do kilku przejść, siły skrawania mogą ulegać dużym wahaniom. W takiej sytuacji do pomiaru są stosowane układy oparte na komputerowej analizie danych, a wielkościami pomiarowymi są nie pojedyncze sygnały, lecz wartości uśrednione, np. z kilku ostatnich pomiarów



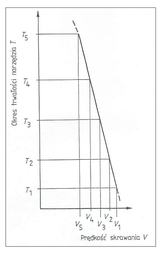
Rys.33. Komponenty wchodzące w skład budowy samolotu



Rys. 34. Frezowanie obwodowo-czołowe




Rys. 35. Zależność temperatury skrawania od posuwu



Rys. 36. Przykład funkcji vT (podwójna skala logarytmiczna)

**Dokonanie analizy i wyboru metod badań**

Przedmiotem analizy będą metody badania zużycia i trwałości ostrza narzędzia obróbkowego, podczas frezowania obwodowo-czołowego (rys. 34) przedmiotów ze stopów aluminium i magnezu stosowanych w przemyśle lotniczym.

- **Metoda typu A**

Określa jedno pojedyncze badanie dla ustalonej kombinacji badanych zmiennych. Ten typ badania jest przewidziany np. do wyznaczenia różnic między dwiema lub więcej partiami materiału obrabianego, między grupami narzędzi itp.

- **Metoda typu B**

Np. funkcja vT, z prędkością skrawania, jako zmienną niezależną, dla określonej kombinacji innych zmiennych procesów skrawania.

- **Metoda typu C**

Obejmuje okres trwałości narzędzia, jako funkcja prędkości skrawania i posuwu.

- **Metoda typu D**

Ma w zakresie okres trwałości narzędzia, jako funkcja prędkości skrawania, posuwu, głębokości skrawania i szerokości skrawania.
Dla badania typu C minimalna liczba danych punktów wynosi siedem; uzyskuje się je w siedmiu próbach, natomiast dla badania typu D minimalna liczba danych punktów wynosi dziewięć; uzyskuje się je w dziewięciu próbach.

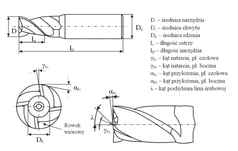
- **Metoda typu E**

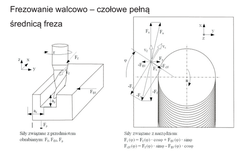
Określa charakterystykę obróbki – siły skrawania, powierzchnie obrobioną, tworzenie wióra itp.

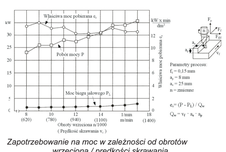
## Wyniki badań

### Badania wysokowydajnego frezowanie (HPC) stopów aluminium frezem palcowym

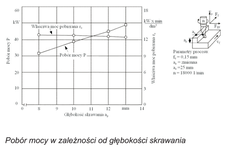
Centrum obróbkowe DMU 80P firmy DMG: Warunki badań:
materiał obrabiany stop aluminium: AlZn6MgCu (Rm = 450–520 N/mm2, 150 HB),
wrzeciono maszyny: P = 28 kW, M = 121 Nm,
n max = 18000 1/min,
Parametry narzędzia :
węglik spiekany, z = 3, D = 25 mm,
Ciecz chł.-smar.: emulsja



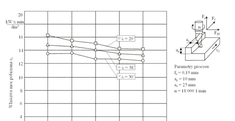


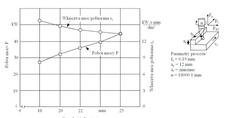
Zapotrzebowanie na moc w zależności od obrotów wrzeciona / prędkości skrawania



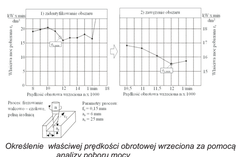
Pobór mocy w zależności od głębokości skrawania



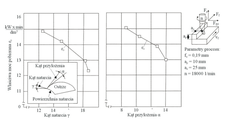
Wpływ kąta pochylenia linii śrubowej na właściwą moc pobieraną



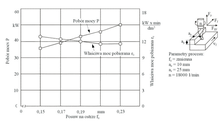
Pobór mocy w zależności od szerokości skrawania



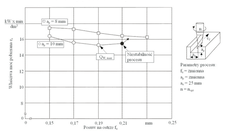
Określenie właściwej prędkości obrotowej wrzeciona za pomocą analizy poboru mocy



Wpływ wielkości kąta natarcia i przyłożenia na właściwą moc pobieraną



Pobór mocy w zależności od posuwu na ostrze



Określenie maksymalnej wydajności ubytkowej

## Wnioski

- Projektowanie procesu frezowania HSC i HPC stopów aluminium jest bardzo złożonym zadaniem. Duża liczba parametrów wpływających na jego stabilność wymaga przebadania ich wzajemnego wpływu praktycznie dla każdej operacji obróbkowej. Stąd też opracowanie szybkiej metody doboru parametrów jest warunkiem koniecznym do skrócenia czasu przygotowania procesu i co za tym idzie obniżenia kosztów produkcji.
- Decydujące znaczenie dla stabilności i zdolności produkcyjnej procesu HPC ma odpowiedni dobór prędkości obrotowej wrzeciona. Z wyników badań wynika, że projektowanie procesu za pomocą właściwej mocy pobieranej jest bardzo przydatne w praktyce. Parametr ten umożliwia zarówno identyfikowanie odpowiednich prędkości obrotowych wrzeciona jak i kontrolę przebiegu procesu. Ponadto pozwala na szybką i niezawodną ocenę oraz dobór odpowiedniej geometrii narzędzia.
- Przy obróbce zgrubnej HPC z maksymalną wydajnością ubytkową, najlepsze wyniki wykazują frezy palcowe z dużymi rowkami wiórowymi i wewnętrznym doprowadzaniem cieczy chłodząco – smarującej poprzez rowek wiórowy. Poza tym odpowiednie są narzędzia ze średnim kątem pochylenia linii śrubowej (λ~30°) i relatywnie dużymi kątami natarcia (γ~ 18°) oraz przyłożenia ( α~ 14°).

## Wskaźniki realizacji celów projektu

**Prace mgr, dr, hab**

**Prace magisterskie obronione:**

- Płodzień. M. : ***Dobór frezów do wysokowydajnej obróbki aluminium***.
  Promotor: J. Burek. Politechnika Rzeszowska, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Rzeszów 2010.


PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY PRZEZ UNIĘ EUROPEJSKĄ ZE ŚRODKÓW EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU ROZWOJU REGIONALNEGO