

Dr inż. Grzegorz DYRBUŚ,  
dr inż. Krzysztof LIS (Politechnika Śląska):

## **IDENTYFIKACJA OBCIĄŻEŃ NARZĘDZIA PODCZAS FAZOWANIA STOPU LOTNICZEGO AMS6265**

### Streszczenie

Stosowanie w przemyśle lotniczym materiałów trudnoobrabialnych, takich jak stale nierdzewne czy Inconel, wiąże się z koniecznością opracowania wydajnych metod ich obróbki oraz doboru odpowiednich parametrów procesu. W artykule opisano badania, których celem było wyznaczenie sił występujących podczas frezowania trudnoobrabialnego stopu lotniczego oraz analiza ich zmian pod wpływem zużycia narzędzia. Otrzymane wyniki pozwoliły również na ocenę zmienności składowych sił skrawania oraz ich wartości przypadających na poszczególne krawędzie fazownika. Ponadto przedstawiono metodykę pomiarów oraz sposób przetwarzania danych pomiarowych. W tym celu wykorzystano środowisko LabVIEW, w którym przygotowano autorskie oprogramowanie pozwala na obliczanie cech rejestrowanych sygnałów pomiarowych również w czasie rzeczywistym. Możliwa jest więc identyfikacja obciążeń podczas frezowania na podstawie zarejestrowanych sygnałów sił i momentu obrotowego podczas badań z wykorzystaniem czteroskładowego siłomierza.

**Słowa kluczowe:** fazowanie, obciążenie narzędzia

## **CUTTING TOOL LOADS IDENTIFICATION DURING HARD ALLOY AMS6265 CHAMFERING**

### Abstract

Hard alloys application such as Stainless steel and Inconel in aircraft industry make us to develop a new more productive cutting method and to selection of adequate cutting parameters. The article describes research aimed at determination of the forces generated during hard machining alloy milling and analysis of the tool wear for the forces variation . The test results also allowed for the evaluation of the variability of individual components of the cutting forces and their values in respective edges cutting tool. The article presents the methodology of measurement and data processing method of measurement. To accomplish used Labview environment in which prepared proprietary software allows you to calculate the characteristics of the recorded measurement signals in real time. It is thus possible to identify strain during milling on the basis of the registered signals of torque and forces using a four component dynamometer.

**Keywords:** chamfering, tool loads

# **IDENTYFIKACJA OBCIĄŻEŃ NARZĘDZIA PODCZAS FAZOWANIA STOPU LOTNICZEGO AMS6265**

Grzegorz DYRBUŚ<sup>1</sup>, Krzysztof LIS

## **1 WPROWADZENIE**

Stosowanie materiałów trudnoobrabialnych w przemyśle lotniczym takich jak stale nierdzewne oraz Inconel sprawia, iż konieczne staje się opracowanie wydajnych metod oraz dobór odpowiednich parametrów ich obróbki.

W artykule opisano badania, których celem było wyznaczenie sił występujących podczas frezowania trudnoobrabialnego stopu lotniczego oraz analiza ich zmian pod wpływem zużycia narzędzia. Wyniki badań pozwoliły również na ocenę zmienności poszczególnych składowych sił skrawania oraz ich wartości przypadających na poszczególne krawędzie fazyownika.

## **2 BADANIA TRWAŁOŚCI ORAZ OBCIĄŻENIA NARZĘDZIA**

Podczas obróbki materiałów trudnoobrabialnych, niejednokrotnie problem stanowi nie tylko sam proces skrawania, dobór narzędzi i parametrów obróbki. Z uwagi na koszt procesu i wytwarzanych elementów, przed narzędziem staje również problem niezawodności i trwałości. Dlatego w ramach prowadzonych badań skupiono się na dwóch problemach dotyczących eksploatacji narzędzi. Przeprowadzono badanie trwałości narzędzia, podczas którego dokonywano pomiaru sił działających na narzędzie. Dzięki temu, o analizie wyników można było określić wpływ zużycia narzędzia na siły podczas obróbki.

Badania przeprowadzono w Laboratorium Obrabiarek i Obróbki Skrawaniem, Katedry Budowy Maszyn.

W skład stanowiska pomiarowego wchodziły:

---

<sup>1</sup> Politechnika Śląska, Katedra Budowy Maszyn, Gliwice, Konarskiego 18C

- Pionowe centrum frezarskie DMU60 monoblock
- Siłomierz wiertarski Kistler 9272
- Wzmacniacz ładunku Kistler 5070
- Karty analogowo cyfrowa National Instruments USB 6009
- Komputer klasy PC wraz z oprogramowaniem LabView

Badaniom poddano frez ECF D-4/45-4C10 firmy ISCAR (Rys. 1) przeznaczony do wykonywania faz oraz pogłębień stożkowych. Frez wykonany był z węgliku spiekanego o oznaczeniu IC900. Materiał ten przeznaczony jest do obróbki stopów żaroodpornych, twardych stali stopowych oraz węglowych ze średnimi oraz wysokimi prędkościami skrawania. W tabeli 1 zestawiono parametry geometryczne narzędzia [2].



Rys. 1 Badane narzędzie frez ECF D-4/45-4C10 [12]

Tabela 1. Wymiary narzędzia

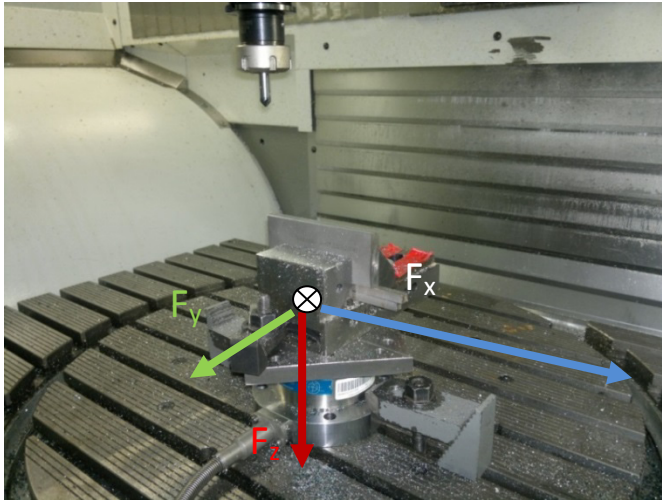
D5[mm]	d[mm]	$a_p$ [mm]	L[mm]	ilość ostrzy
2	10	4	72	4

Materiał, z jakiego wykonana została próbka to stal o oznaczeniu AMS6265, skład materiału przedstawiono w tabeli 2. Wymiary próbki wynosiły 122x10x60 mm. Stal ta stosowana jest zazwyczaj na elementy przekładni oraz elementy samolotów. Stop ten odznacza się bardzo dobrymi właściwościami wytrzymałościowymi oraz odpornością na zużycie. Posiada bardzo dobrą ciągliwość zarówno w stanie zahartowanym jak i odpuszczonym. Nadaje się do nawęglania oraz hartowania powierzchniowego [1]. Badaniom był poddany materiał w stanie miękkim, o twardości ok 40 HRC.

Tabela 2. Skład chemiczny stopu AMS 6265

%	Min	Max
C	0,07	0,13
Si	0,15	0,35
Mn	0,4	0,7
P	-	0,015
S	-	0,015
Cr	1	1,4
Mo	0,08	0,15
Ni	3	3,5
B	-	0,001
Cu	-	0,35

Próbka została zamocowana w imadle maszynowym przytwierdzonym do płyty górnej siłomierza tak, aby środek płytki pokrywał się z osią siłomierza. Siłomierz został przymocowany do stołu obrabiarki tak, aby osie pomiaru sił były równoległe do osi obrabiarki.



Rys. 2. Siłomierz wraz z zamocowanym imadłem

Na rysunku 2 oznaczono kierunki oraz zwroty osi, w których mierzone były siły i moment działający na próbkę, wynikający ze skrawania poza osią pionową siłomierza.

Parametry zastosowanego siłomierza piezoelektrycznego [3]:

Czułość: dla  $F_x$ ,  $F_y$   $\sim 7,8$  mC/N, dla  $F_z$   $\sim 3,5$  mC/N, dla  $M_z$   $\sim 160$  mC/Nm

Rozdzielczość: dla  $F_x$ ,  $F_y$   $< 0,01$  N, dla  $F_z$   $< 0,02$  N, dla  $M_z$   $< 0,2$  mN m

Próby przeprowadzono dla następujących parametrów skrawania, dobranych zgodnie z zaleceniami producenta narzędzia:

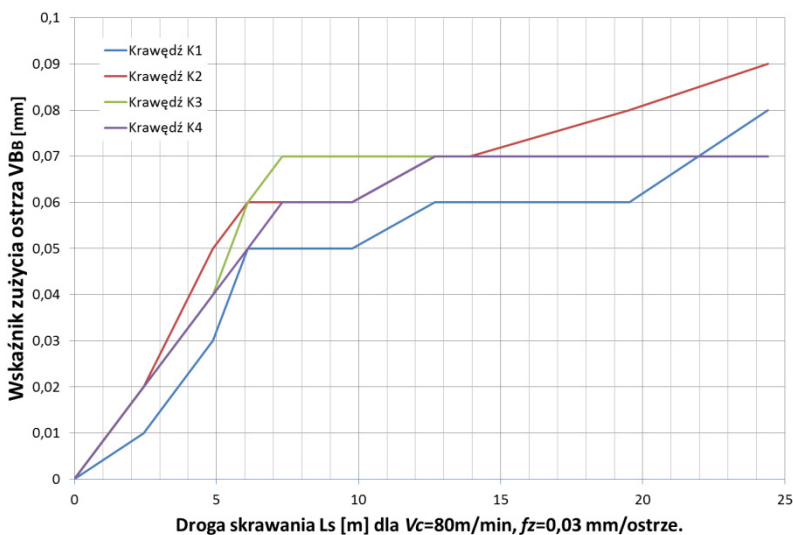
$f = 382$  mm/min,  $V_c = 80$  m/min,  $f_z = 0,03$  mm,  $n = 3183$  obr/min.

## 2.1 PRZEBIEG POMIARÓW

Obróbka materiału polegała na wykonywaniu sfazowania na dłuższych krawędziach próbki. Podczas obróbki dokonywano pomiaru sił i momentu działającego na badany element. Częstotliwość próbkowania sygnału wynosiła 8192 Hz. Sygnały były rejestrowane przy pomocy karty pomiarowej wykorzystującej przetwornik A/C o rozdzielczości 16 bitów oraz komputera klasy PC z zainstalowanym środowiskiem Labview. Rejestrowano 4 kanały jednocześnie:

- kanał 1-  $M_z$
- kanał 2-  $F_z$
- kanał 3-  $F_x$
- kanał 4-  $F_y$

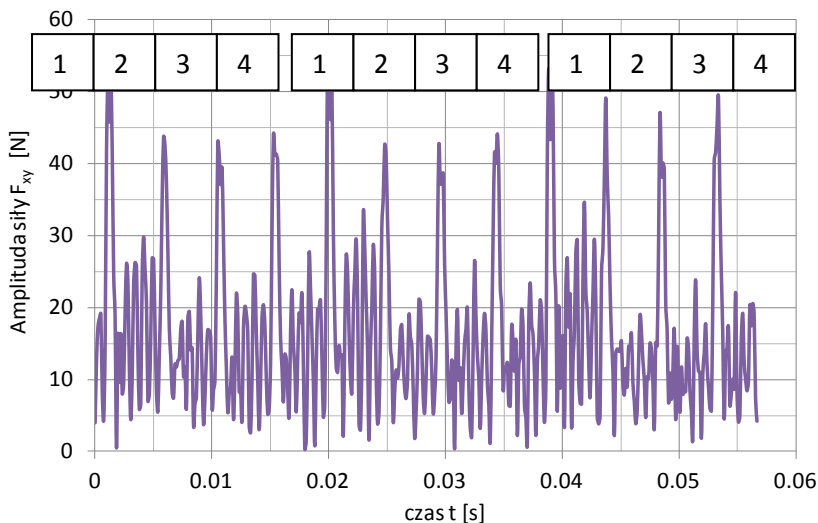
Oprócz pomiaru sił, który przeprowadzono dla każdego przejścia narzędzia, co kilkanaście przejść dokonywano pomiaru zużycia narzędzia, na podstawie którego sporządzono krzywą zużycia przedstawioną na rysunku 3.



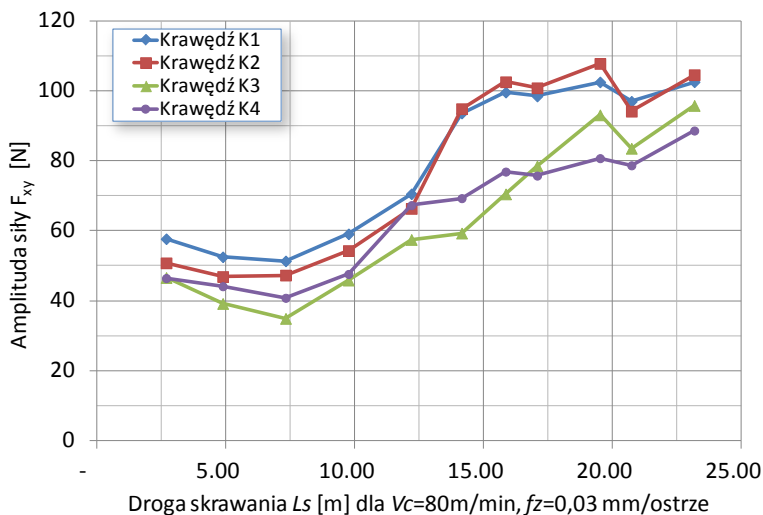
Rys. 3. Krzywa zużycia ostrza narzędzia.

## 2.2 ANALIZA ZMIAN SIŁY PRZYPADAJĄCEJ NA OSTRZE

W kolejnym kroku przeprowadzono analizę zarejestrowanych danych zawierających wartości sił skrawania przypadających na każde z ostrzy, podczas kolejnych pomiarów. Z wybranych pomiarów wycięto fragment sygnału, dla poszczególnych sił, odpowiadający dziesięciu obrotom narzędzia. Fragment takiego sygnału dla trzech obrotów z wyszczególnieniem kolejnych krawędzi narzędzia przedstawia rysunek (Rys. 4). Kolejność krawędzi skrawających udało się ustalić na podstawie tego, iż dla jednej krawędzi wartość siły  $F_{xy}$  była większa. Początkowo łatwo było zauważyć tę zależność, jednak wraz z kolejnymi pomiarami zależność ta stawała się coraz mniej widoczna. Obliczone zostały także wartości średnie, z maksymalnych sił występujących na kolejnych krawędziach podczas 10 obrotów narzędzia. Wartości amplitud sił składowych  $F_{xy}$  w odniesieniu do drogi skrawania narzędzia  $L_s$  przedstawiono na rys. 5.



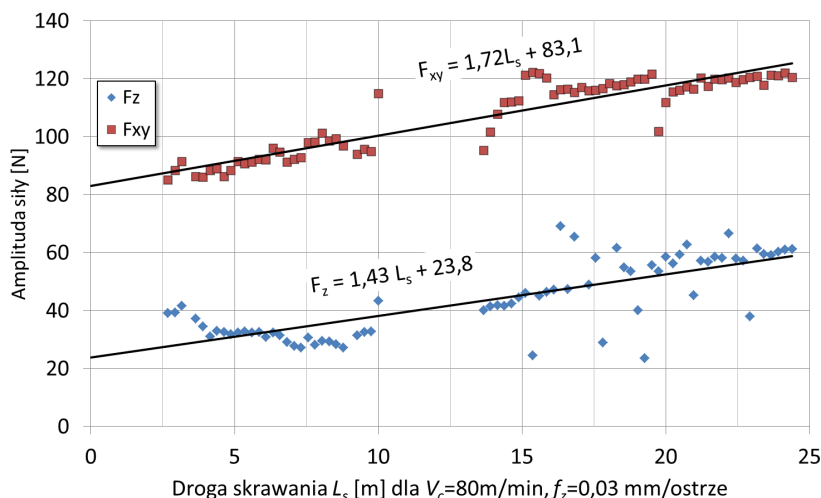
Rys. 4. Identyfikacja sił przypadających na poszczególne ostrza.



Rys. 5. Zmiana średniej wartości siły maksymalnej  $F_{xy}$  w funkcji drogi skrawania narzędzia.

W przypadku tego wykresu analizowano średnią z maksymalnych sił przypadających na poszczególne krawędzie skrawające w odniesieniu do drogi skrawania narzędzia  $L_s$ . Wyniki tych pomiarów wyraźnie wskazują na większe obciążenie dwóch krawędzi skrawających. Z rysunku 5 wynika większe obciążenie krawędzi nr 1 i 2, ale wydaje się, że nie można to wiązać z nieznacznie wyższym zużyciem (starcieniem na

powierzchni przyłożenia  $VB_B$ ) na tych dwóch krawędziach, ponieważ różnica w zużyciu wynosi zaledwie 0,01mm. Można jednak stwierdzić wyraźny wpływ zużycia narzędzia na wartości sił obciążających ostrza. Podobne zależności można zauważyć analizując zmiany wartości maksymalnej siły dla wszystkich zarejestrowanych przebiegów sił. Wpływ zużycia można zauważyć zarówno dla siły  $F_{xy}$ , jak również dla składowej w kierunku Z (rys. 6).



Rys. 6. Zmiana średniej wartości siły maksymalnej  $F_{xy}$  i  $F_z$  w funkcji drogi skrawania narzędzia.

Badania wykazały, iż zużycie narzędzia ma znaczący wpływ na siły zachodzące podczas obróbki. Siły przypadające na każde z ostrzy narzędzia, mogą się znacząco różnić w zależności od stopnia ich zużycia a szybkość postępowania zużycia może być różna dla każdego z ostrzy narzędzia. Mimo, iż rozmiary wykonywanej fazy były niewielkie, możemy zauważyć znaczący wzrost zużycia dla niektórych z krawędzi skrawających narzędzia.

Analiza przebiegu zmian sił podczas obróbki może być jednym z najważniejszych parametrów wykorzystywanych w systemach monitorowania narzędzia.

Pomiar sił z praktycznego punktu widzenia ma znaczenie w przypadku fazowania z zastosowaniem podatnych wrzecion, gdzie siły oddziaływujące na narzędzie mają wpływ na trajektorię obróbki a co za tym idzie na geometrię wykonanej fazy.

#### LITERATURA

- [1] [http://www.ewp.rpi.edu/hartford/~ewingb/MP/other/Reference/AMS6265\\_gear\\_material\\_properties.pdf](http://www.ewp.rpi.edu/hartford/~ewingb/MP/other/Reference/AMS6265_gear_material_properties.pdf)
- [2] <http://www.iscar.com/eCatalog/Family.aspx?fnum=1463&mapp=IT&app=94&GFST YP=M>
- [3] <http://www.kistler.com/>