

# Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

## Modern material technologies in aerospace industry

Modelowanie, konstruowanie i kontrolowanie procesu HSM z uwzględnieniem skonfigurowanego układu maszyna-przyrząd-detale  
Modeling, construction and control of the HSM process taking into consideration the configured machine-instrument-detail system

Politechnika Warszawska, Politechnika Rzeszowska

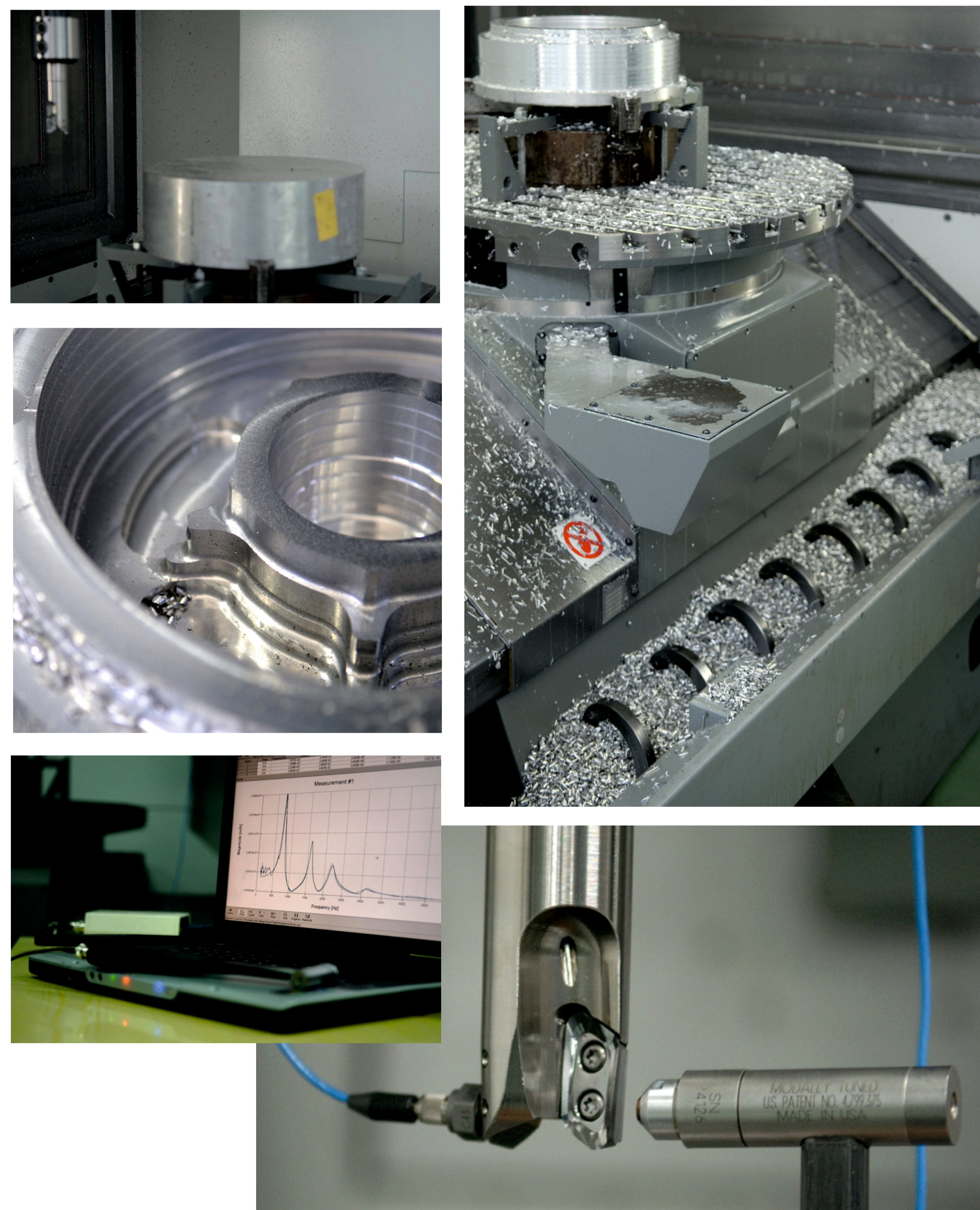
### Wyniki badań

Model i analiza 3-osiowego frezowania w aspekcie zwiększania wydajności objętościowej obróbki.

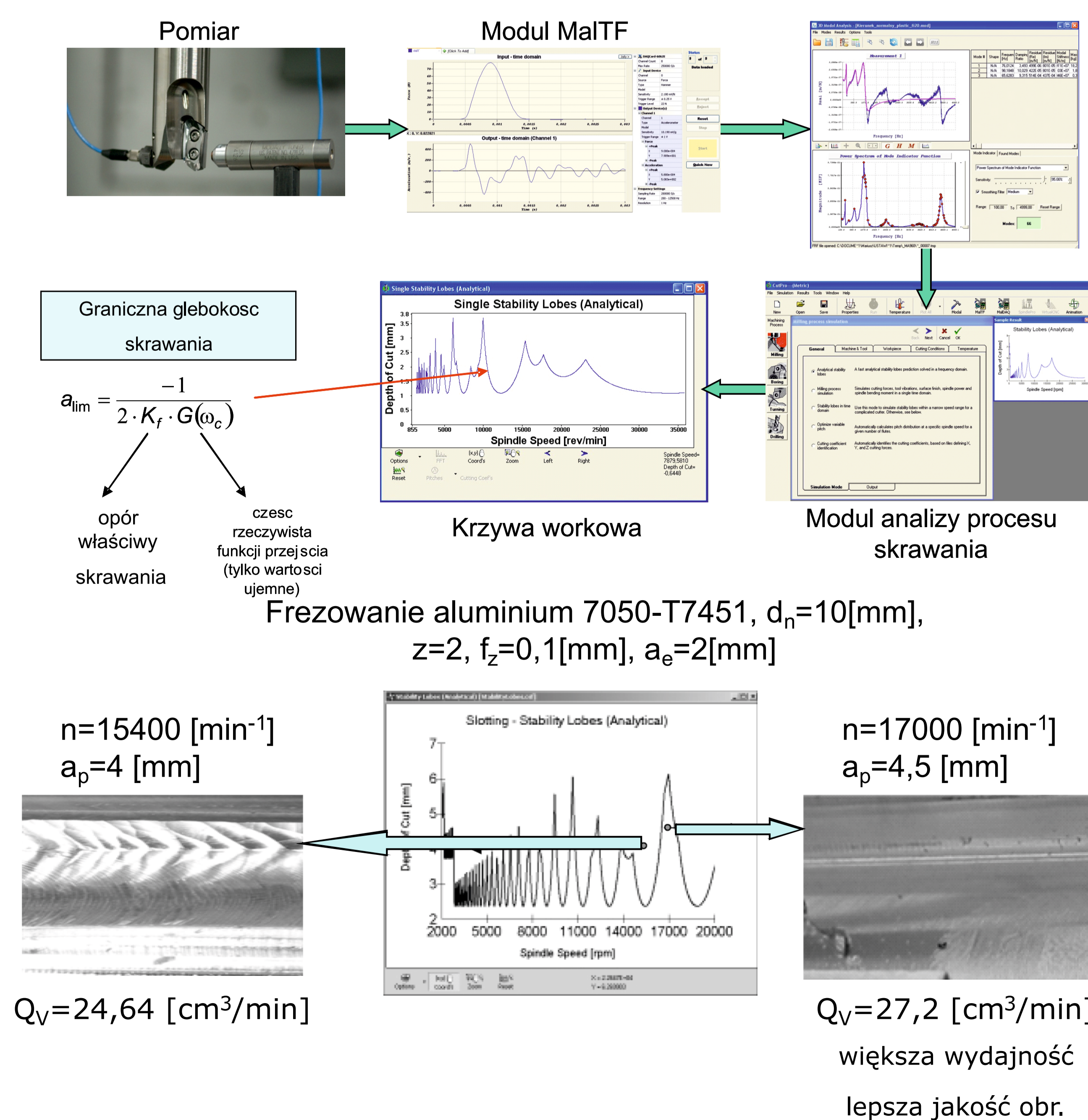
Zadania:

- Analiza i wybór typowych operacji 3-osiowego frezowania najczęściej stosowanych przez firmy skupionych w stowarzyszeniu „Dolina Lotnicza”.
- Symulacja i pomiar sił skrawania wybranych operacji frezowania elementów konstrukcyjnych typu Island.
- Pomiar i analiza charakterystyki częstotliwościowej wybranych obrabiarek NC wykorzystywanych przy typowych operacjach 3-osiowego frezowania.
- Opracowanie koncepcji modelu zużycia narzędzi podczas frezowania HSC
- Model matematyczny zużycia narzędzia z uwzględnieniem charakterystyk stabilności frezowania.
- Metodyka wyznaczania optymalnych parametrów frezowania HSC z uwzględnieniem zużycia narzędzia
- Aplikacja przedstawionej koncepcji do frezowania szybkościowego.

Pomiar i analiza procesu frezowania HSC elementów typu Pocket na frezarce DMG80P DuoBlock

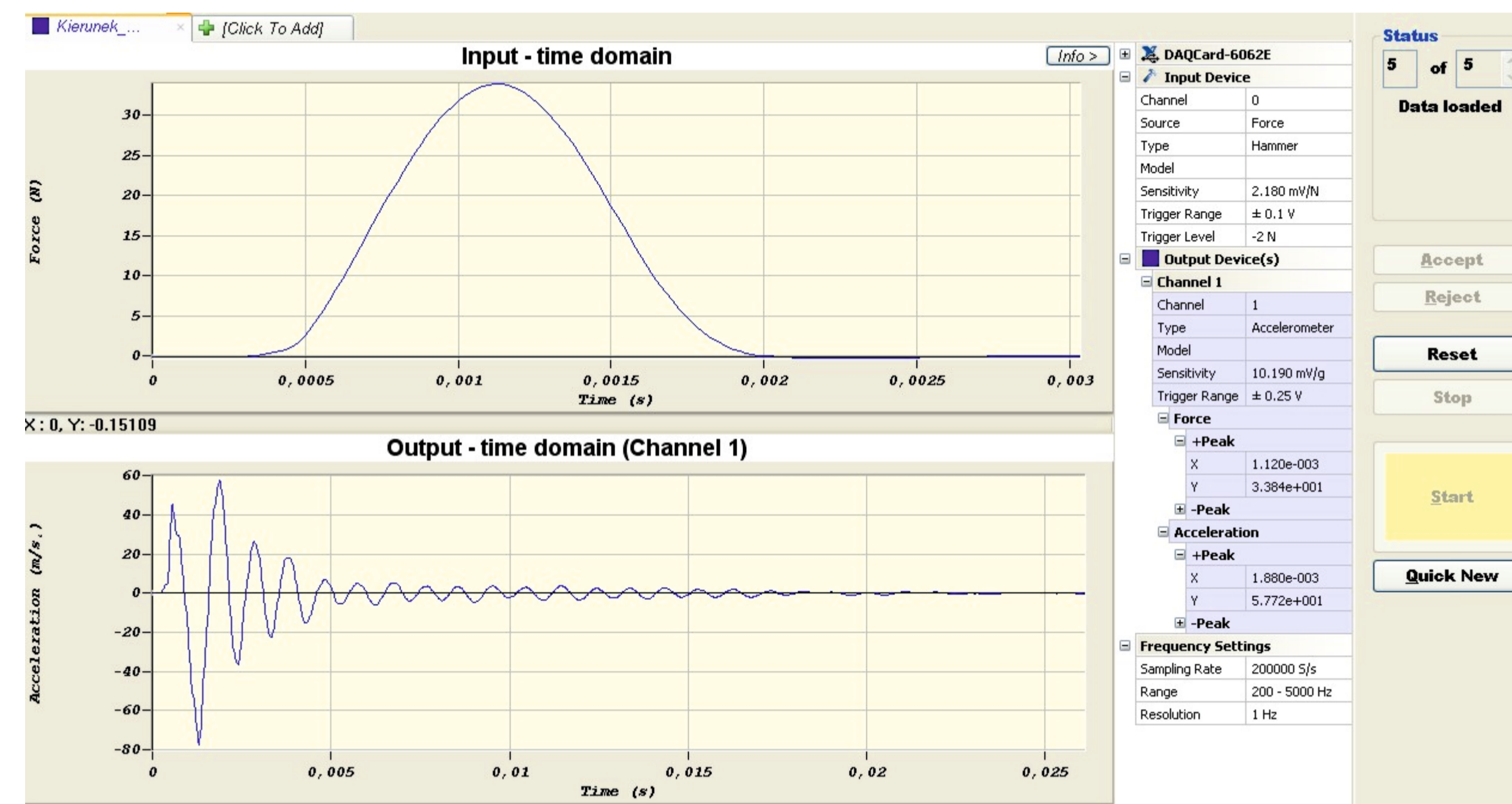


Pomiar i analiza procesu frezowania HSC elementów typu Island na frezarce DMG80P DuoBlock

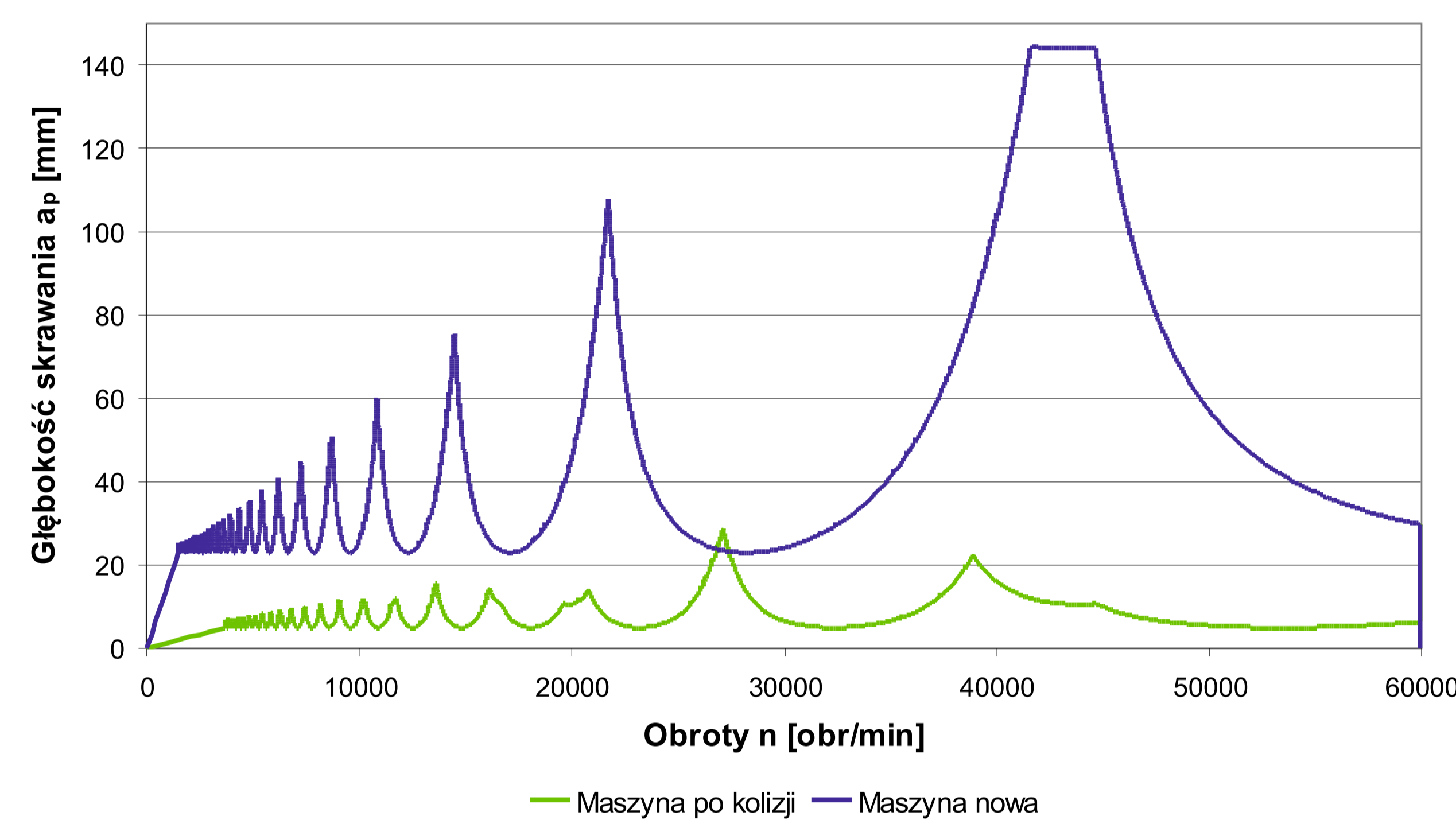


Wydajność objętościowa obróbki  
 $Q_V = a_p \cdot a_e \cdot v_f = a_p \cdot a_e \cdot f_z \cdot z \cdot n$  [cm<sup>3</sup>/min]

Pomiar funkcji przejścia w kierunku posuwu dla narzędzia o średnicy 10 mm, mocowanym w uchwycie HSK63 na obrabiarkie DMG 80P duoBlock z wykorzystaniem systemu CUTPro. Pomiar z wykorzystaniem akcelerometru firmy PCB o czułości 10,19 mV/g oraz młotka modalnego firmy Kistler o czułości 2180 mV/N.



Krzywa workowa dla maszyny DMC 75V

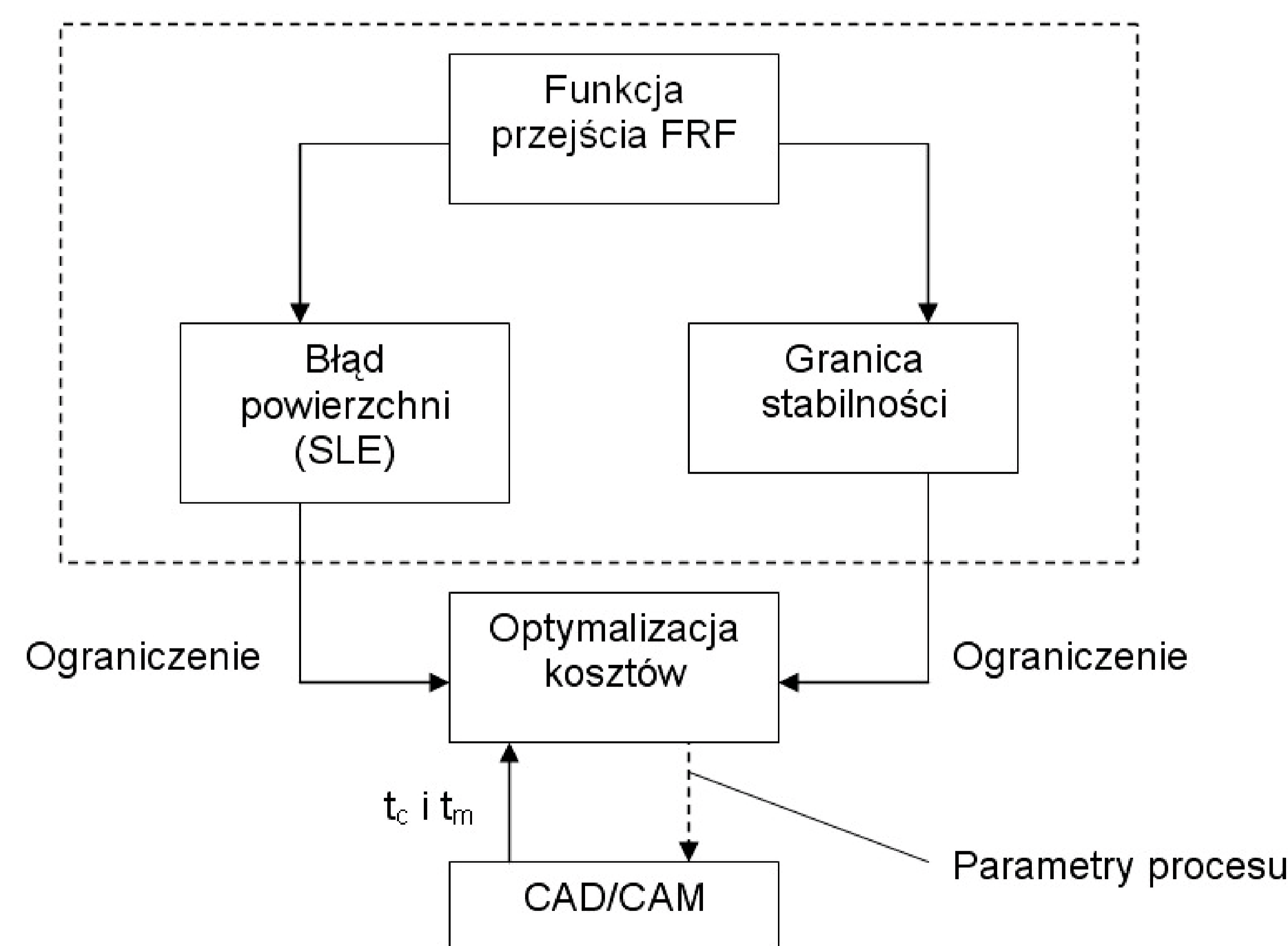


Porównanie krzywych workowych wykonanych dla tego samego procesu przeprowadzonego na obrabiarkie przed wystąpieniem kolizji (krzywa niebieska) oraz po kolizji wrzeczona z uchwytem mocującym. Analiza sztywności dynamicznej pokazała 7-krotne jej zmniejszenie w stosunku do pierwotnego stanu obrabiarki.

Model przedstawiający koncepcję minimalizacji kosztów obróbki skrawania szybkościowego HSC.

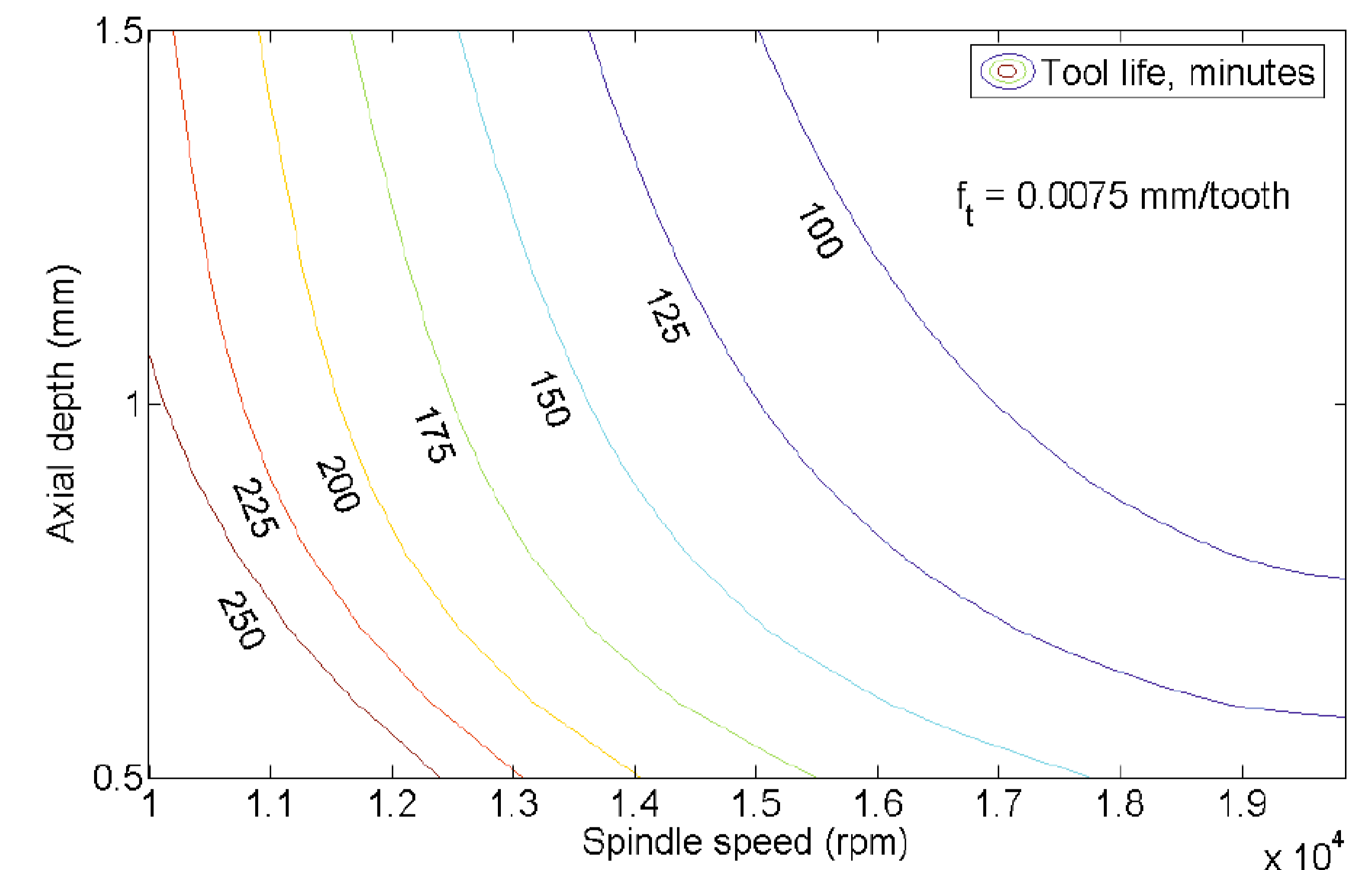
Model oparty jest na pojedynczej funkcji celu i uwzględnia zużycie narzędzia co w przypadku materiałów trudnych do obróbki (TiAl4V czy stali narzędziowych) jest warunkiem granicznym.

$$C_m = t_m r_m + (t_{ch} r_m + C_t) \frac{t_c}{T} \quad \text{równanie opisujące koszt obróbki jednej części}$$

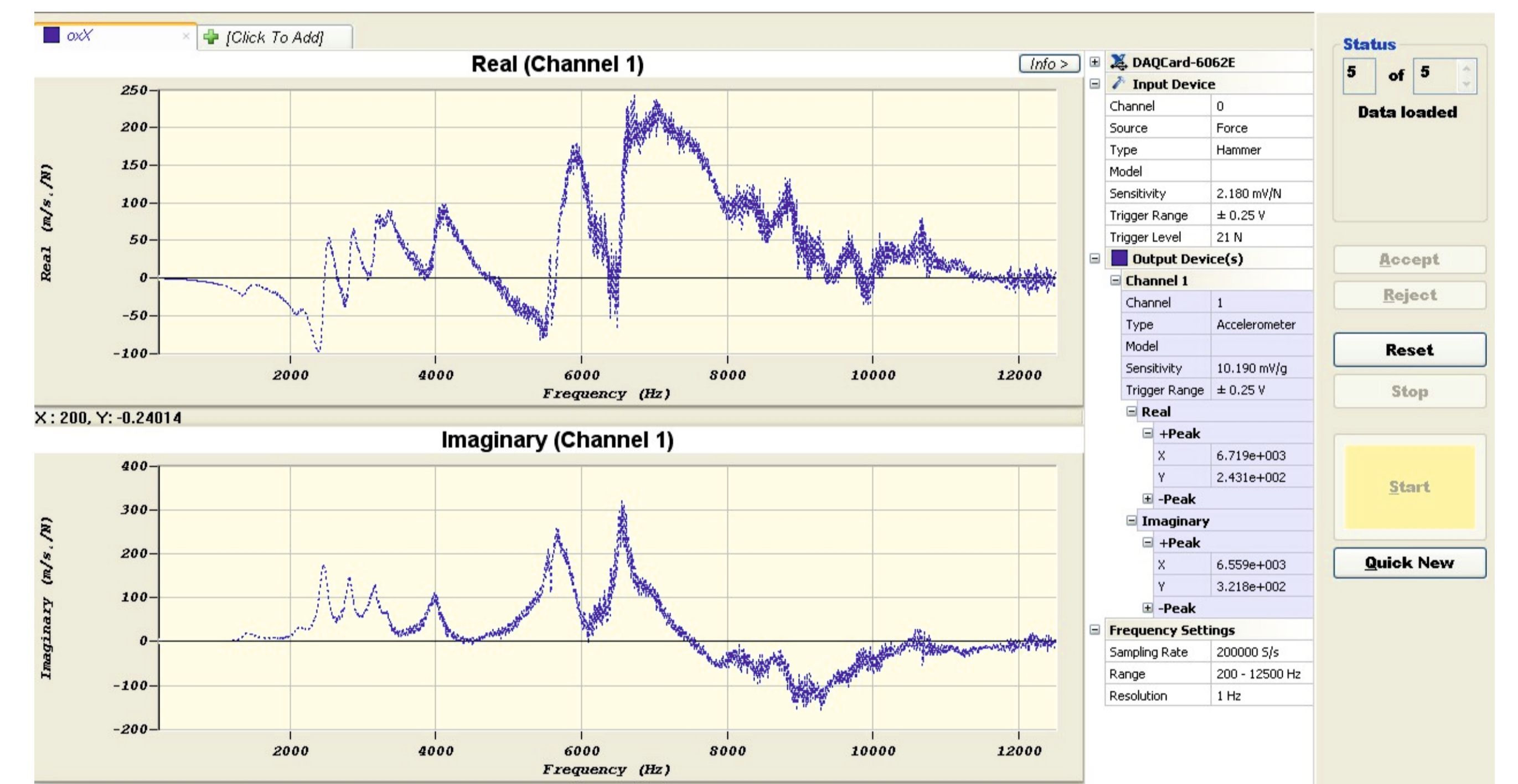


Schemat modelu optymalizacji kosztów obróbki HSM

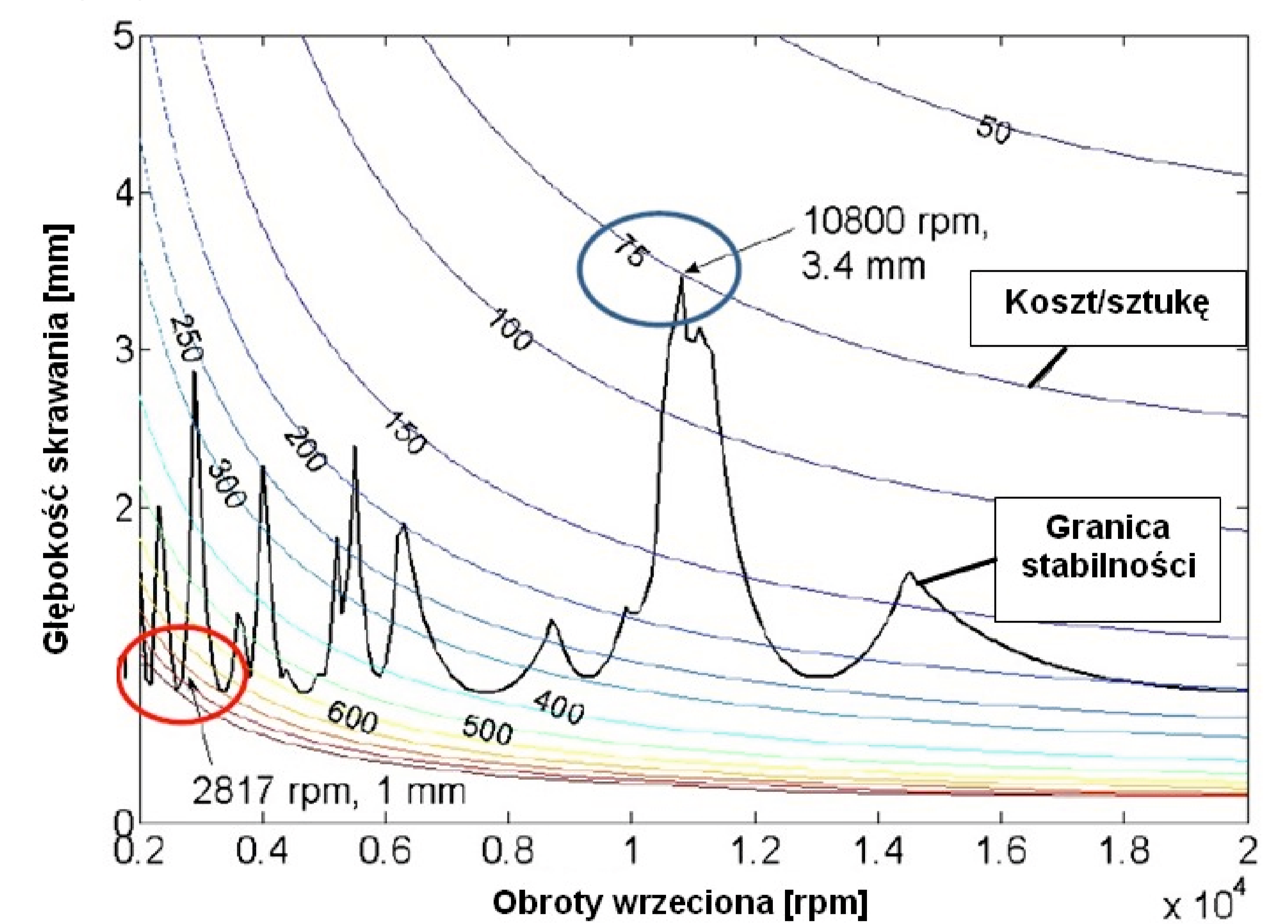
Model zużycia ostrza freza walcowego podczas obróbki stali narzędziowej SKD61. Pomiary wykonano na frezarce HSM z wykorzystaniem narzędzia o średnicy 10 mm, z pokryciem ostrzy TiAlN. Na wykresie przedstawiono trwałość narzędzia przy posuwie  $f=0,0075$ mm/strze.



Model uwzględnia granicę stabilności procesu skrawania, współczynniki sił skrawania oraz funkcję przejścia FRF.



Wykres przedstawia zoptymalizowane parametry skrawania. Kolorem niebieskim oznaczono parametry skrawania po optymalizacji. Pomimo zmniejszenia czasu trwałości narzędzia, jednostkowy koszt wykonania jednej części został zmniejszony przy jednoczesnym zwiększeniu wydajności obróbki.



### Wnioski

Wielokrotnie wykazano przydatność technologii HSC w przemyśle maszynowym. Pomimo wielu pozytywnych aspektów wynikających z użycia HSC wciąż występują obszary wymagające optymalizacji. Praktyka produkcyjna wskazuje że wydajność obróbki (optymalizowana z wykorzystaniem coraz bardziej popularnych systemów pomiarowych i oprogramowania) musi być skorelowana z kosztami produkcji. Przedstawiono metodę jest próbą odpowiedzi na te wymagania. Pomimo wielu zalet przedstawiona metoda jest pracochłonna i wymaga wielu nakładów związanych z opracowaniem modelu zużycia narzędzia (lub okresu jego trwałości). Kolejne prace powinny skupić się na uproszczeniu metody tak aby mogła znaleźć zastosowanie w praktyce produkcyjnej.

### Wskaźniki realizacji celów projektu

Referaty  
Mariusz Mucha, Robert Ostrowski, *Virtual machining - new trends in modeling and manufacturing of aerospace parts* 8th Int. Conference „Supply on the wings” Nov. 2-4, 2011 Frankfurt, Germany