

# Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

## Modern material technologies in aerospace industry

## Nowoczesna obróbka mechaniczna stopów magnezu i aluminium

### Modern mechanical working of magnesium and aluminium alloys

Politechnika Lubelska, Politechnika Rzeszowska, Politechnika Warszawska

**Tytuł rozwiązania Innowacyjnego**  
Title of the innovative solution

**Urządzenie do pomiaru dynamicznych składowych sił skrawania**  
Device for dynamic components of cutting force measurement  
Patent: P-398818 (2012)

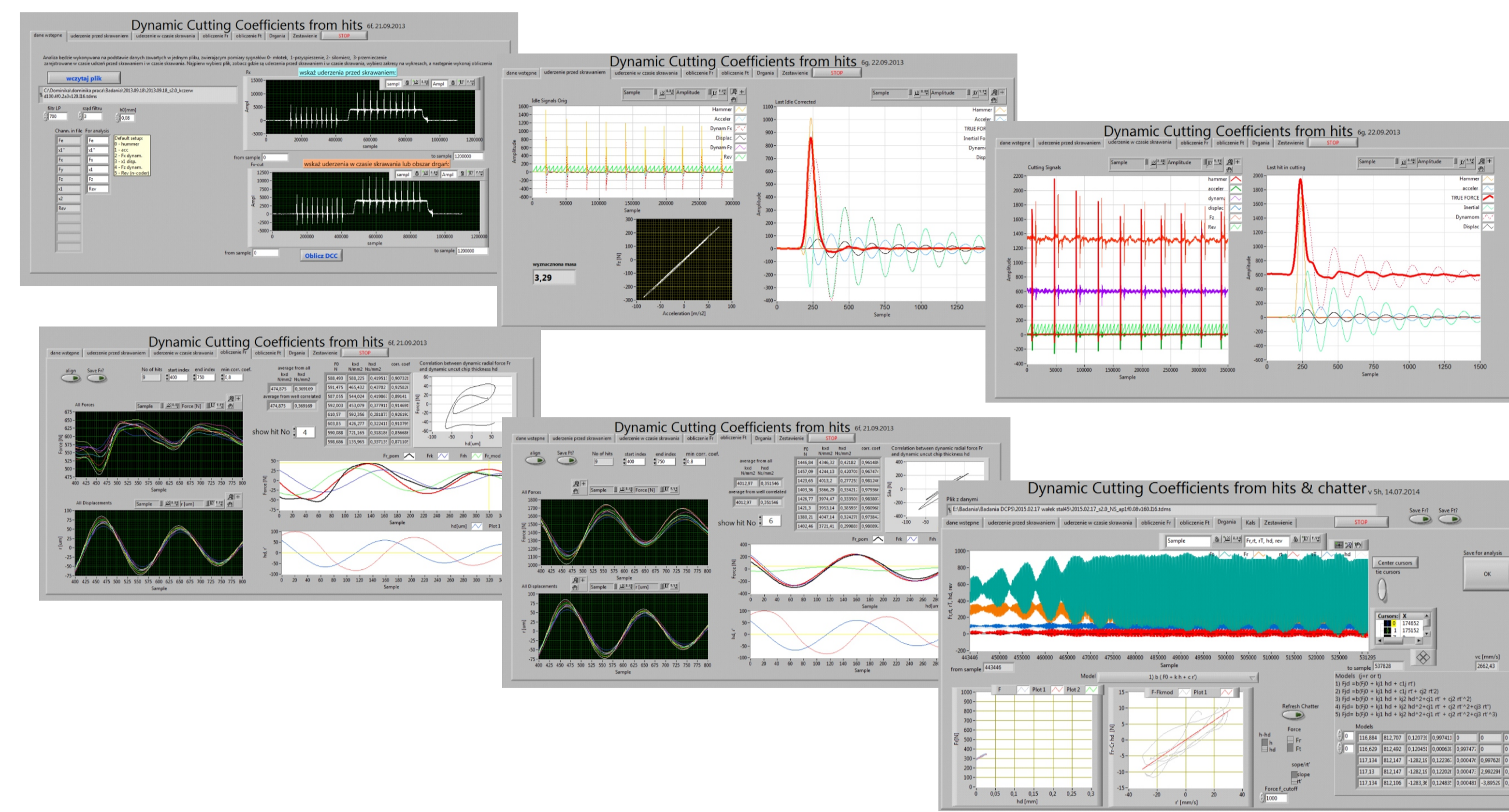
**Krótki opis rozwiązania**  
Brief description of the solution

Nowatorskie stanowisko do badania charakterystyki dynamicznej procesu skrawania pozwala na podstawie pomiaru określić dynamiczne współczynniki procesu skrawania, niezbędne do wyznaczenia krzywych workowych, a więc do wyznaczenia stabilnych parametrów obróbki skrawaniem.

Istotą koncepcji nowej metodyki badania dynamicznej charakterystyki procesu skrawania jest bezpośredni pomiar sił skrawania w czasie drgań. Oznacza to, że siłomierz musi być zamocowany do elementu podatnego, przemieszczając się wraz drgającym narzędziem. Dzięki zastosowaniu dodatkowego akcelometru, na bieżąco niwelowany jest wpływ od siły bezwładności.

The innovative test rig for measuring the dynamic characteristics of the cutting process allows to determine the dynamic coefficients of the machining process necessary for stability limit calculation and then to determine the parameters of stable machining. The special test rig for instantaneous cutting force measurement under variable uncut chip thickness was created. It is based on elastically supported dynamometer vibrating with the tool. Inertial forces influencing the cutting force measurement are compensated by simultaneous measurement of vibrating dynamometer acceleration.

**Graficzna prezentacja rozwiązania innowacyjnego**  
Visualization of the innovative solution



Rys.3. Oprogramowanie do wyznaczenia dynamicznych współczynników sił skrawania  
Fig.3. Software for the determination of the dynamic components of the cutting forces

**Zalety i ograniczenia rozwiązania innowacyjnego**  
Advantages and restrictions of innovative solution

Opracowana innowacyjna metoda pomiaru dynamicznych współczynników sił skrawania pozwala na dość dokładne teoretyczne wyznaczenie granicy stabilności. Urządzenie pomiarowe ma możliwość instalacji wyłącznie w rowkach teowych, więc obrabiarka na której będzie instalowane stanowisko, musi być wyposażona w taki system mocowania.

The innovative method of measuring dynamic cutting forces coefficients was developed, it allows for fairly accurate theoretical determination of the stability limit. The measuring device can be installed only in the T-slots, so the machine must be equipped with this kind of mounting system.

**Możliwe zastosowania w lotnictwie i innych gałęziach gospodarki**  
Examples of application in aviation and other branches

Jest to urządzenie zaprojektowane z myślą o wsparciu pracy technologów, których zadaniem jest dobór parametrów skrawania dla nowo projektowanych procesów technologicznych, zwłaszcza na tych stanowiskach, na których pojawia się duże ryzyko powstawania drgań samowzbudnych. Obszar potencjalnych zastosowań: toczenie i frezowanie.

This device is designed for technical engineers who are responsible for choosing cutting parameters for a new machining processes, especially in cases where the risk of self-excited vibration occurs. Application: turning and milling.

**Tytuł rozwiązania Innowacyjnego**  
Title of the innovative solution

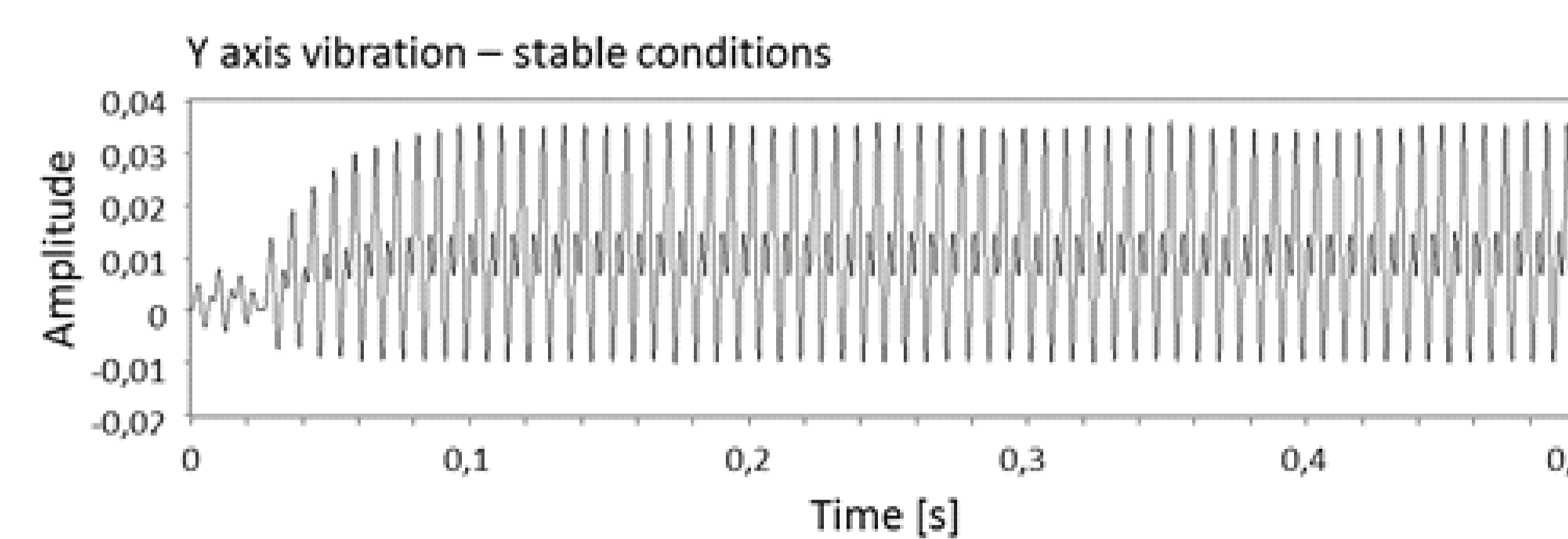
**Symulacja numeryczna drgań samowzbudnych ze zmiennymi w czasie parametrami skrawania**  
Numerical simulation of self-excited vibrations with cutting parameters variable in time

**Krótki opis rozwiązania**  
Brief description of the solution

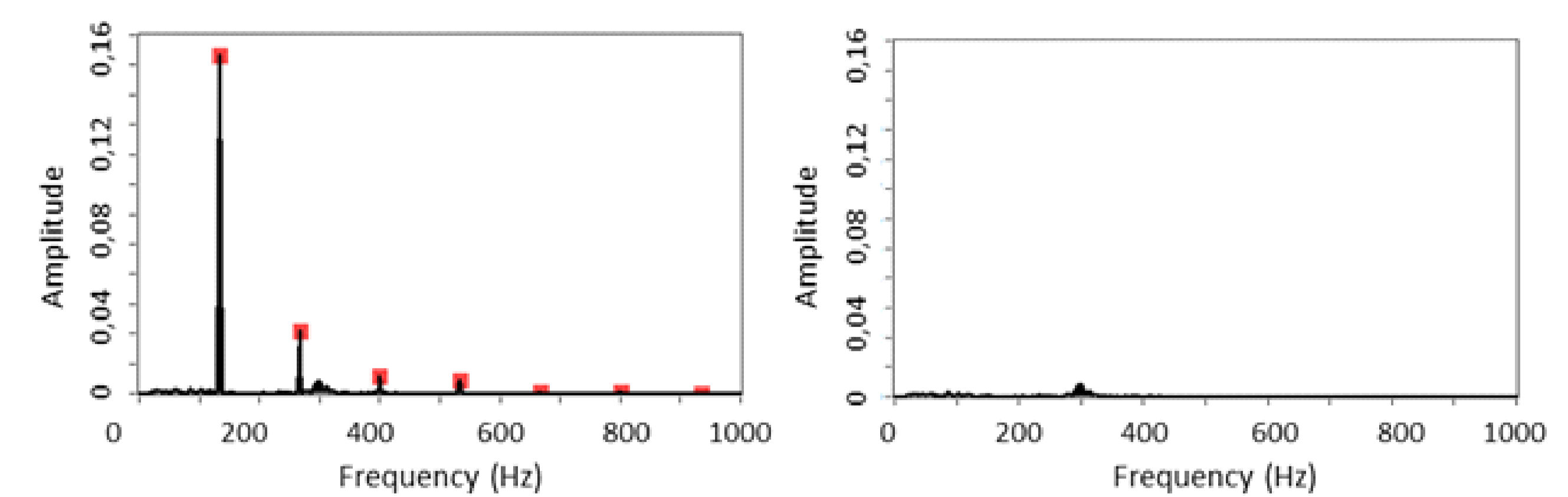
Opracowane oprogramowanie pozwala na symulację nieliniowych drgań samowzbudnych w czasie frezowania. Pozwala to określić przebieg drgań oraz sił w czasie symulacji oraz ślad na powierzchni obrabianej po przejściu narzędzia.

Developed software enables simulation of nonlinear self-excited vibrations during milling. This allows to determine the vibrations and forces during the simulation time and determine the trace on the surface of the workpiece after the tool passage.

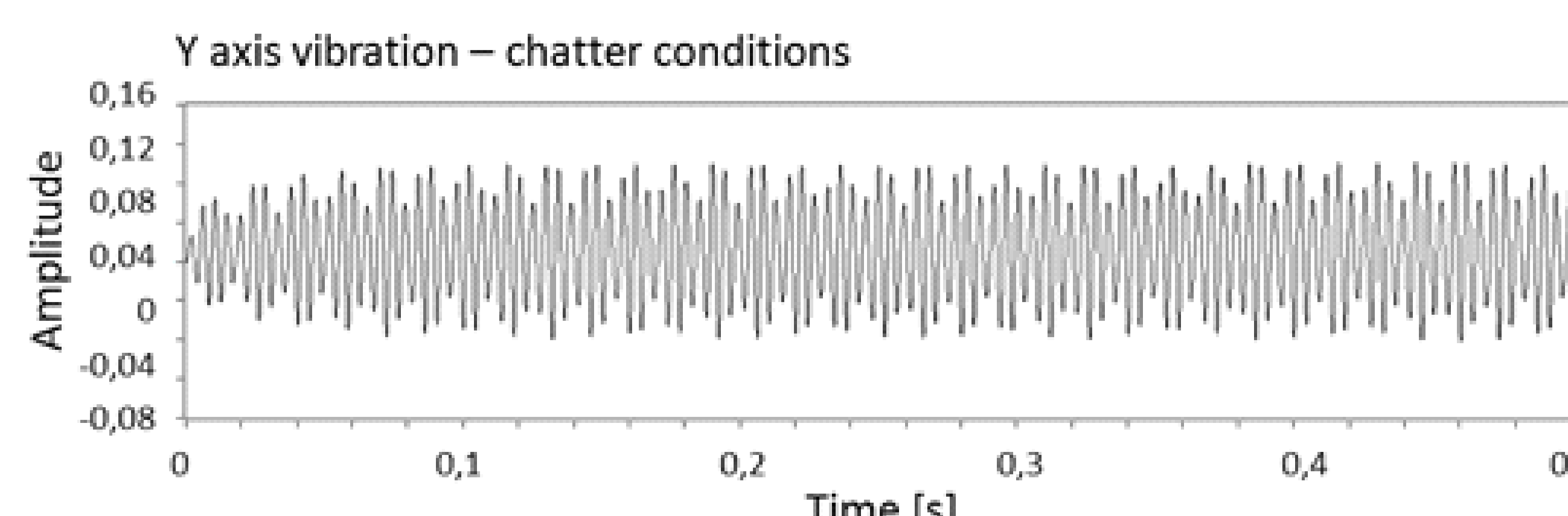
**Graficzna prezentacja rozwiązania innowacyjnego**  
Visualization of the innovative solution



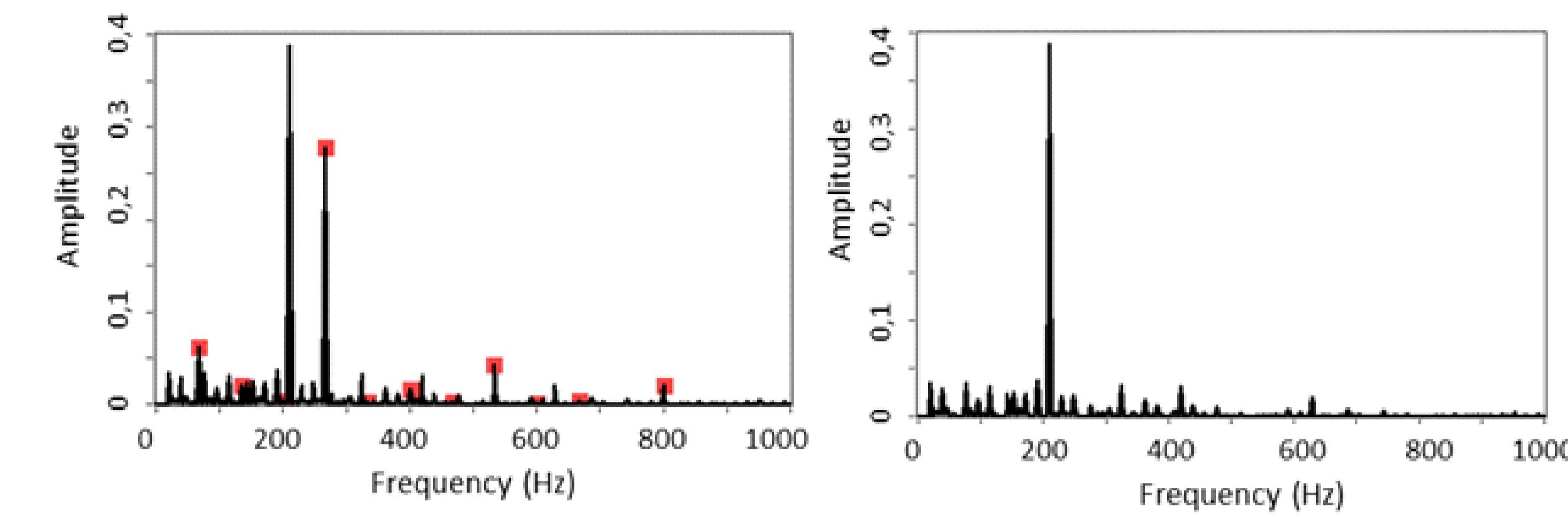
Rys.1. Wyniki symulacji frezowania - stabilne warunki  
Fig.1. Milling simulation results - stable conditions



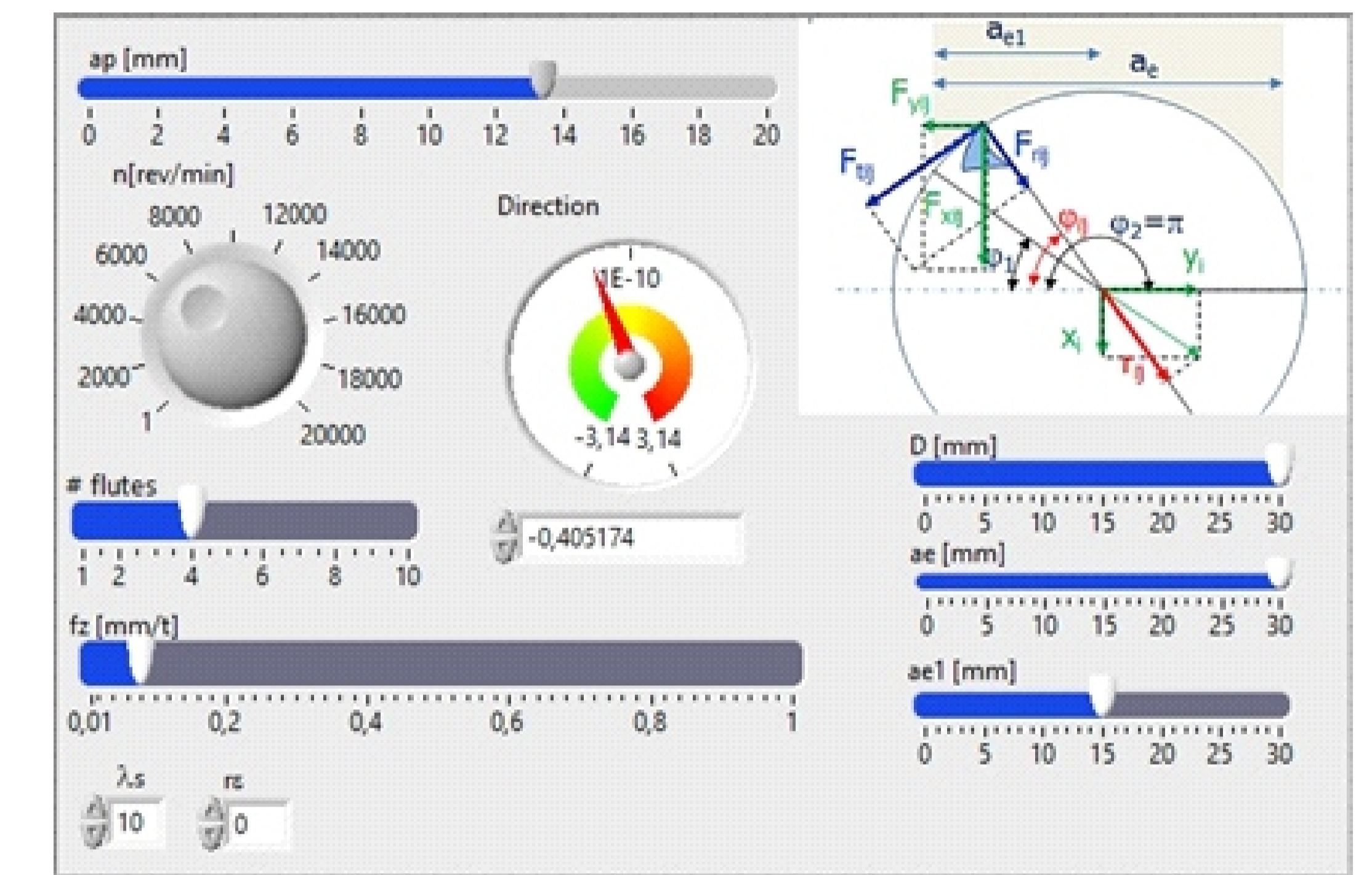
Rys.2. Detekcja drgań samowzbudnych w stabilnych warunkach - lewy oryginalne widmo, prawy z usuniętymi z widma rozpoznawanymi częstotliwościami  
Fig.2. Chatter detection in stable conditions - left original spectrum, right spectrum with recognized frequencies removed



Rys.3. Wyniki symulacji frezowania - niestabilne warunki  
Fig.3. Milling simulation results - unstable conditions



Rys.4. Detekcja drgań samowzbudnych w stabilnych warunkach - lewy oryginalne widmo, prawy z usuniętymi z widma rozpoznawanymi częstotliwościami  
Fig.4. Chatter detection in stable conditions - left original spectrum, right spectrum with recognized frequencies removed

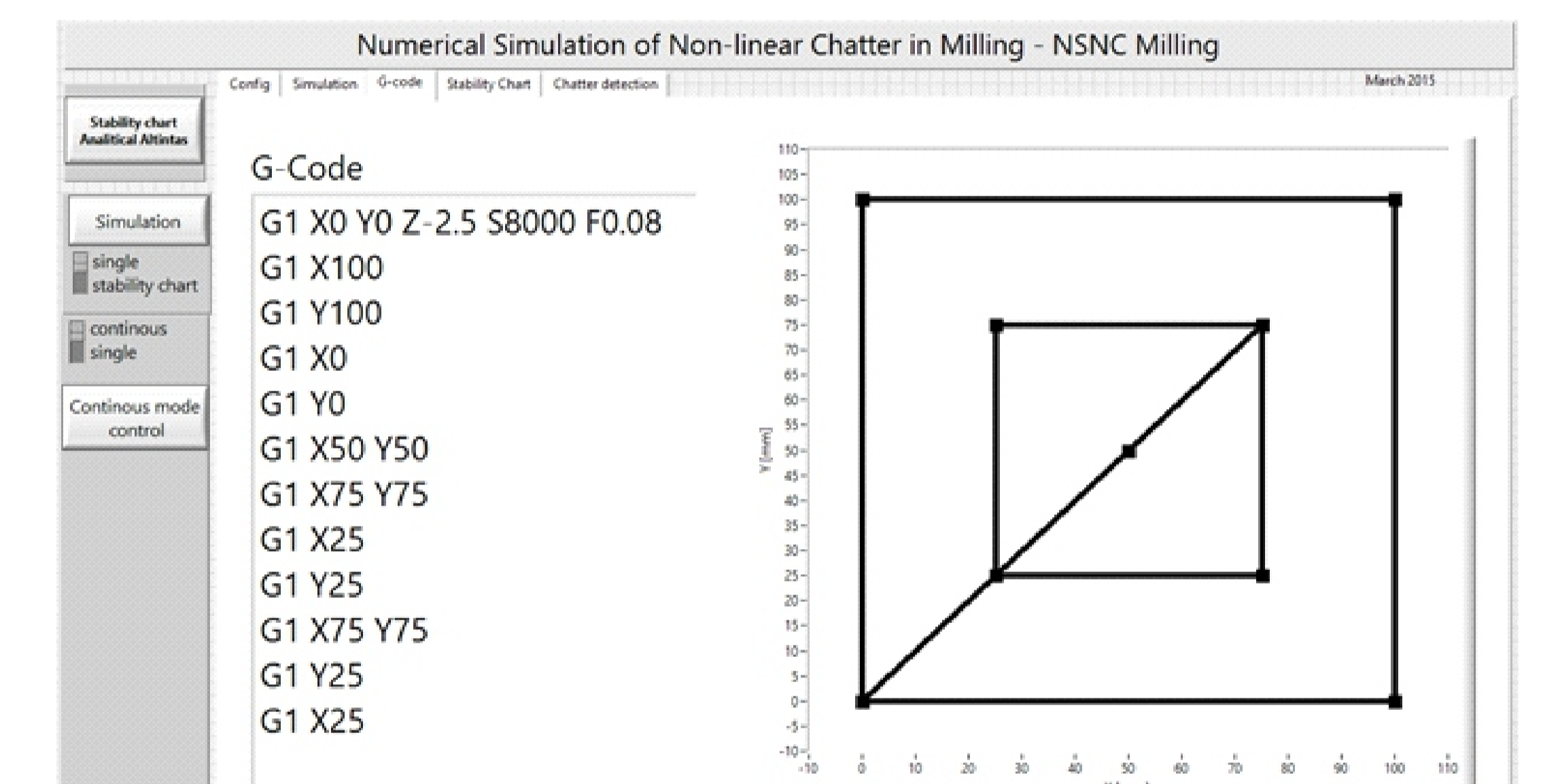


Rys.5. Okno modyfikacji parametrów skrawania  
Fig.5. Cutting parameters modification window

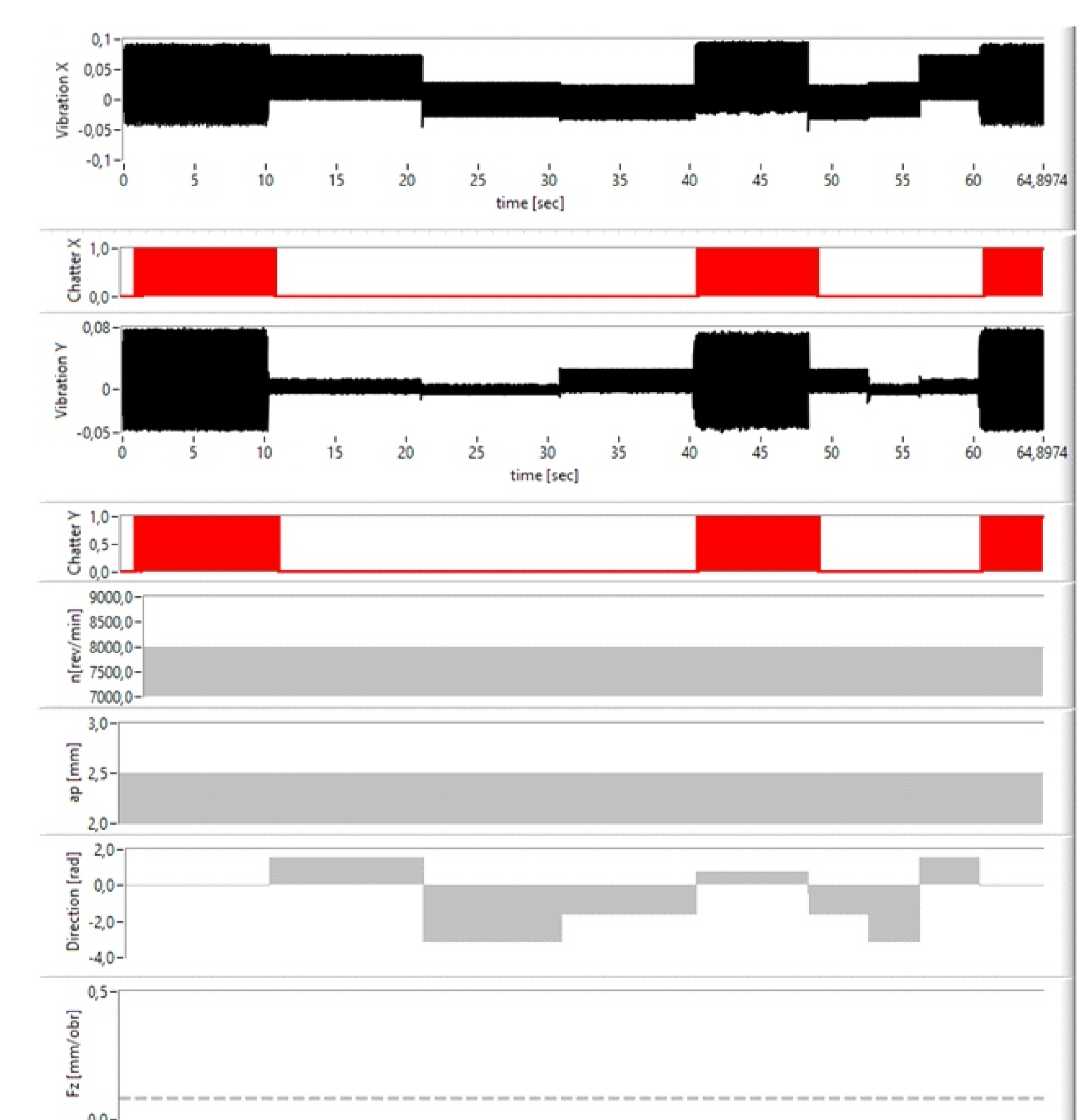
**Zalety i ograniczenia rozwiązania innowacyjnego**  
Advantages and restrictions of innovative solution

Wprowadzenie obsługi kodu maszynowego pozwala na stosowanie programów przygotowanych dla maszyn CNC z rzeczywistej produkcji i symulacji drgań i sił w trakcie procesu produkcyjnego. Umożliwia to wirtualną weryfikację programów CNC.

The introduction of the machine code handling allows using the programs prepared for the CNC machines from actual production and simulation of the vibrations and forces during the production process. This enables virtual verification of the CNC programs.



Rys.6. Okno obsługi kodów maszynowych  
Fig.6. Machine code handling window

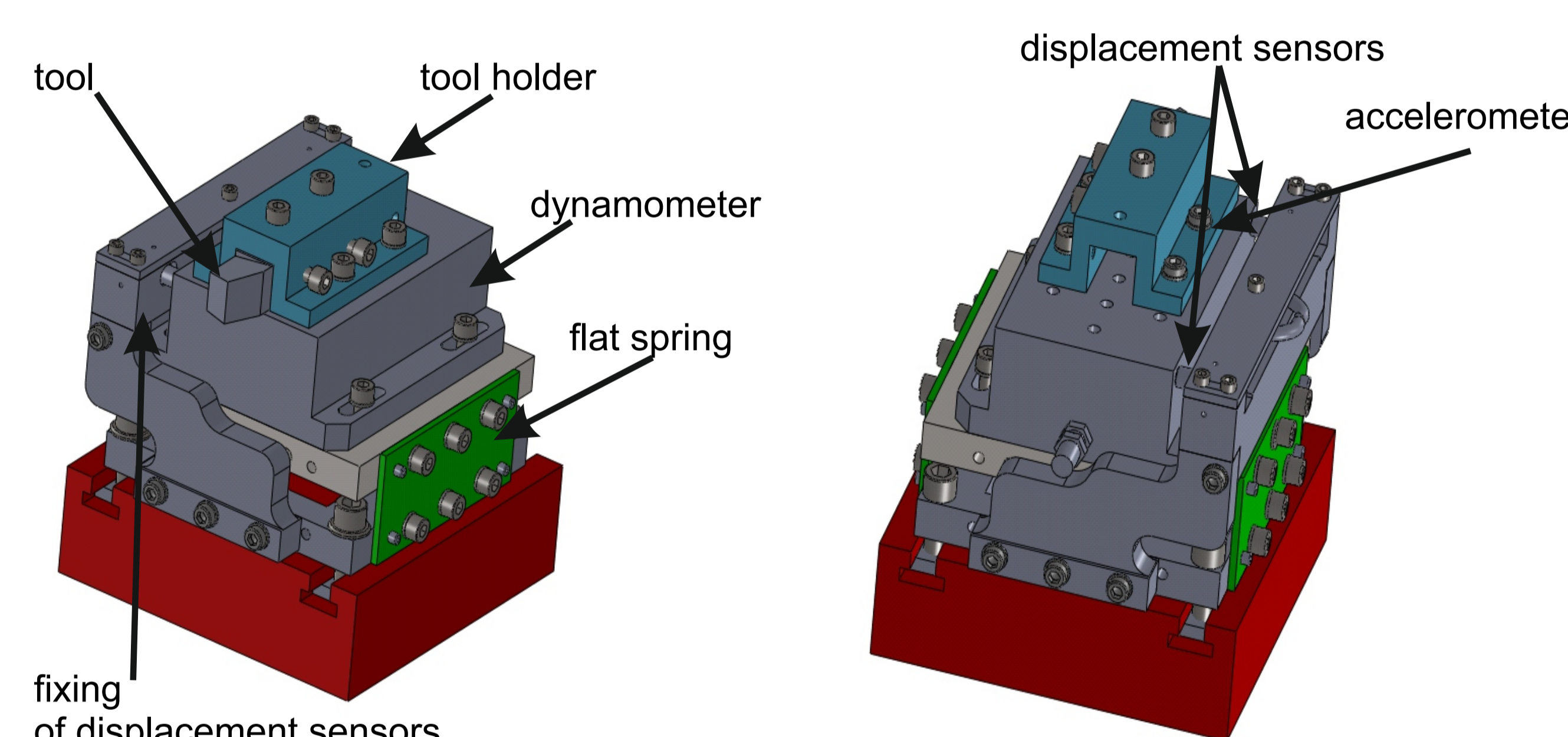
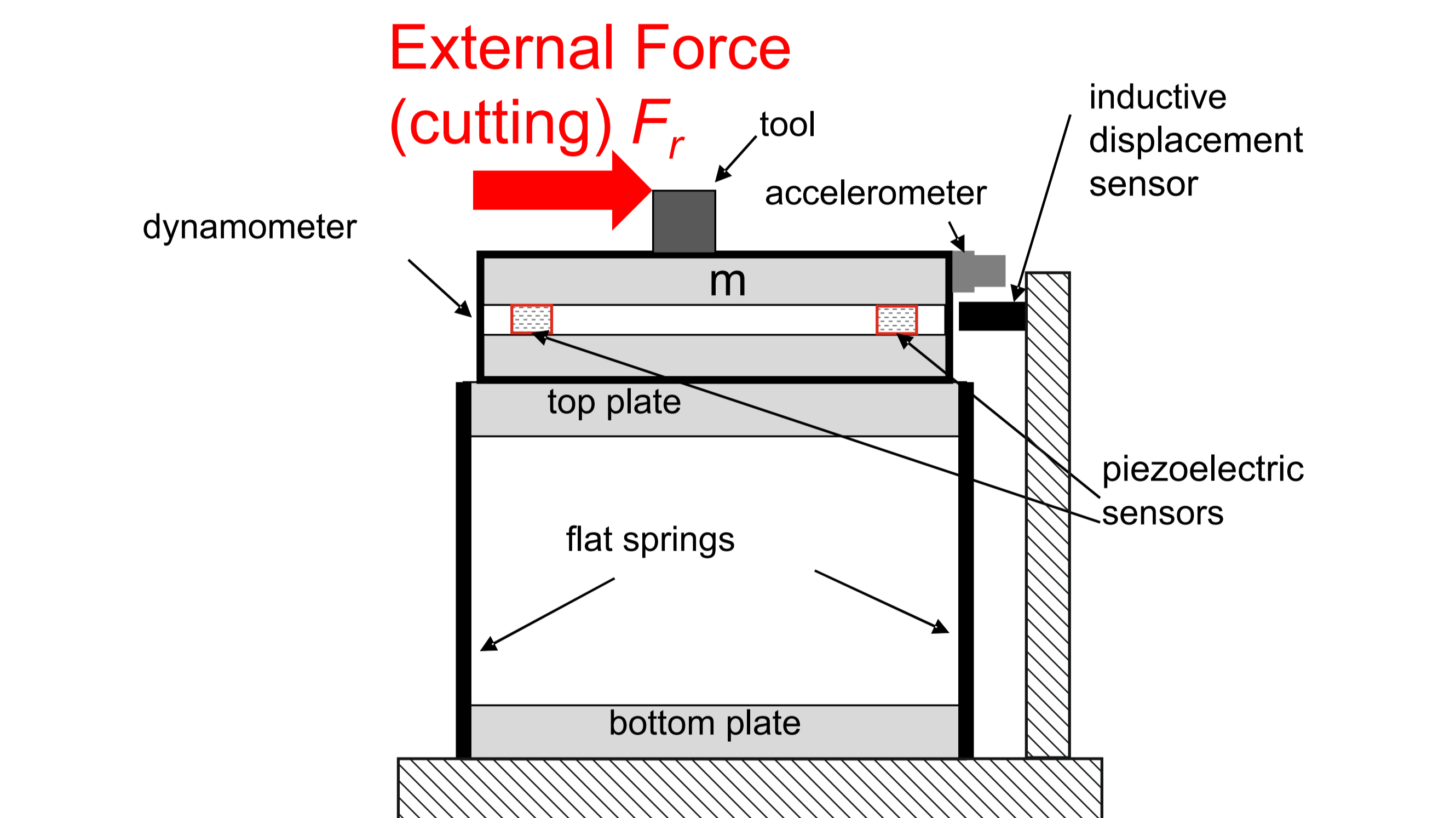


Rys.7. Wyniki symulacji skrawania w oparciu o kod maszynowy  
Fig.7. Cutting simulation results on the basis of machine code

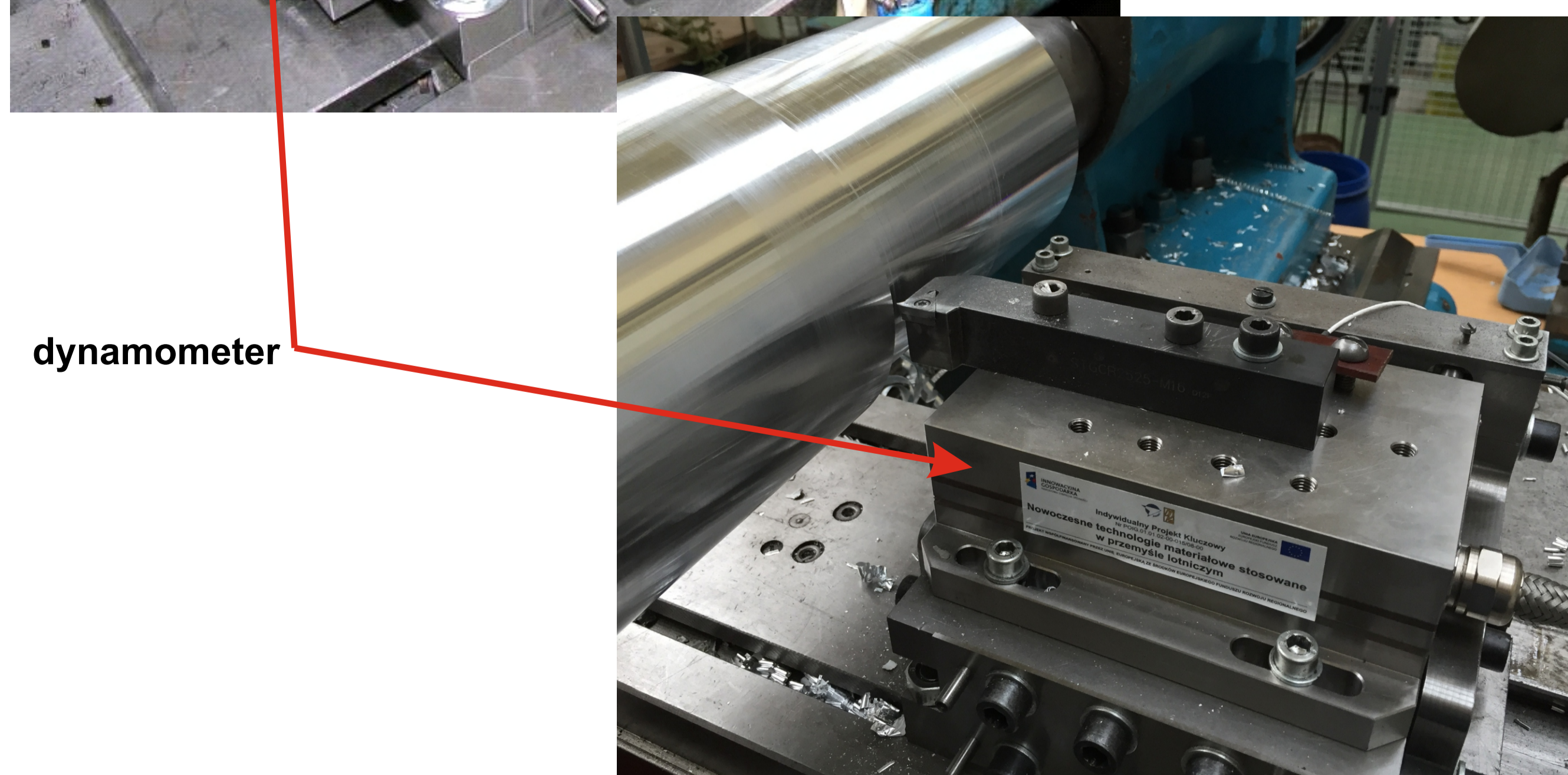
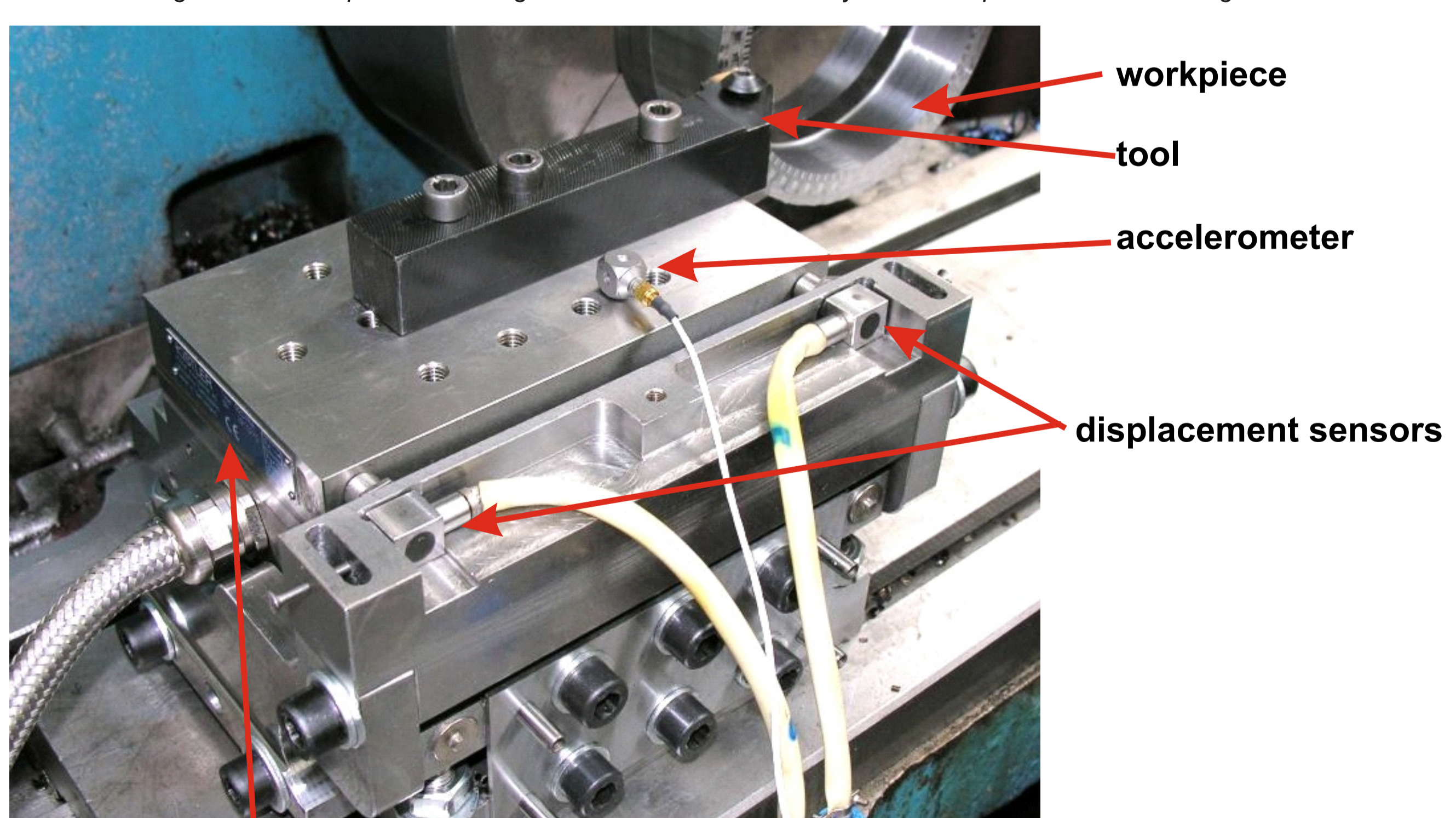
**Możliwe zastosowania w lotnictwie i innych gałęziach gospodarki**  
Examples of application in aviation and other branches

Opracowana metodyka i oprogramowanie do symulacji przy zmiennych parametrach skrawania podczas symulacji umożliwia symulację każdej operacji frezowania w przestrzeni 3D, w tym frezowania wykańczającego. Zaletą symulacji numerycznej w dziedzinie czasu jest to, iż jest w stanie zasymulować każdą krawędź narzędzia. Pozwala to na weryfikację kodu maszynowego CNC w środowisku wirtualnym i wykrycie potencjalnego niebezpieczeństwa wystąpienia drgań samowzbudnych. Wykrywanie online drgania samowzbudne zostaną wykorzystane w najbliższej przyszłości do automatycznych zmian parametrów skrawania, do automatycznego unikania lub tłumienia drgań samowzbudnych.

The developed methodology and software for dynamic modification of cutting parameters during the simulation enables simulation of any milling operation in 3D space, including ball end milling. The advantage of numerical simulations in the time domain is that it can be used for any cutting edge. This allows for CNC machine code verification in the virtual environment, and detection of the potential danger of self-excited vibrations. Online detection of the chatter will be used in the near future for automatic changes of cutting parameters, thus automatic avoidance or suppression of chatter.



Rys.1. Koncepcja urządzenia do pomiaru dynamicznych współczynników sił skrawania  
Fig.1. The concept of the test rig for measurements of the dynamic components of the cutting forces



Rys.2. Urządzenia do pomiaru dynamicznych współczynników sił skrawania zamontowane na tokarce  
Fig.2. The test rig for measurements of the dynamic components of the cutting forces mounted on lathe