

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, Powłitechnika Warszawska

Wyniki badań Results

Symulacja numeryczna drgań samowzbudnych ze zmiennymi w czasie parametrami skrawania

Numerical simulation of self-excited vibrations with variables parameters

Wstęp

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.

Introduction

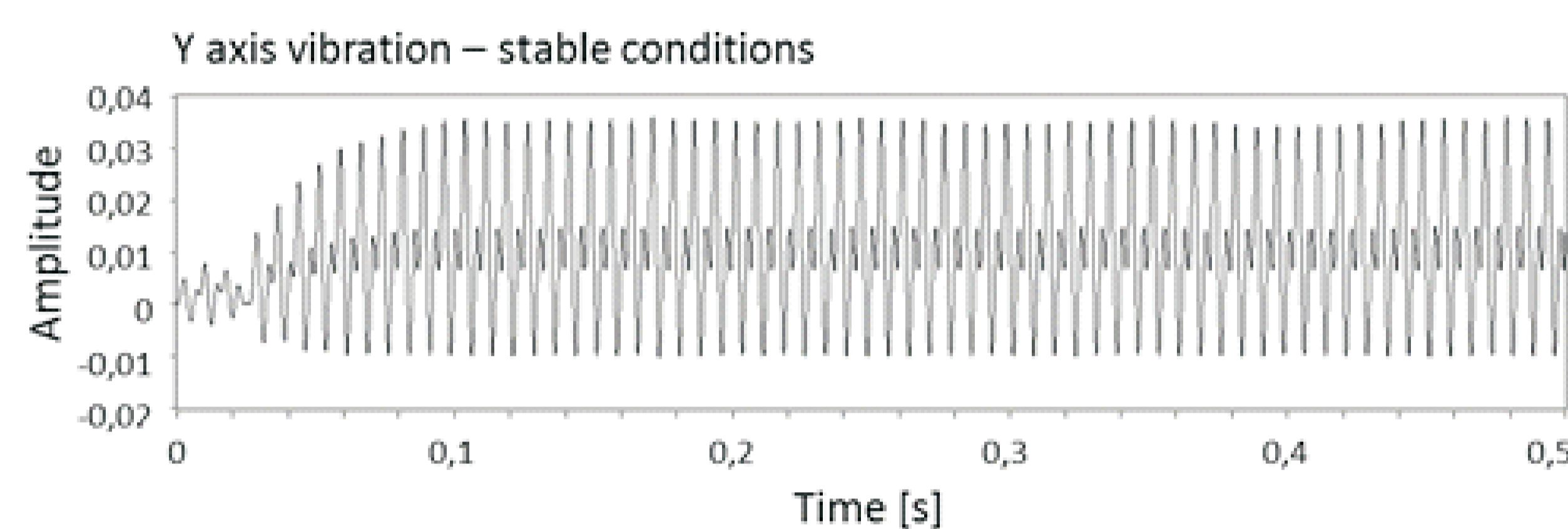
Developed software enables simulation of nonlinear self-excited vibrations during milling. This allows to determine the vibrations and forces in the simulation time and determine the trace on the surface of the workpiece after the tool passage.

Wykrycie drgań samowzbudnych

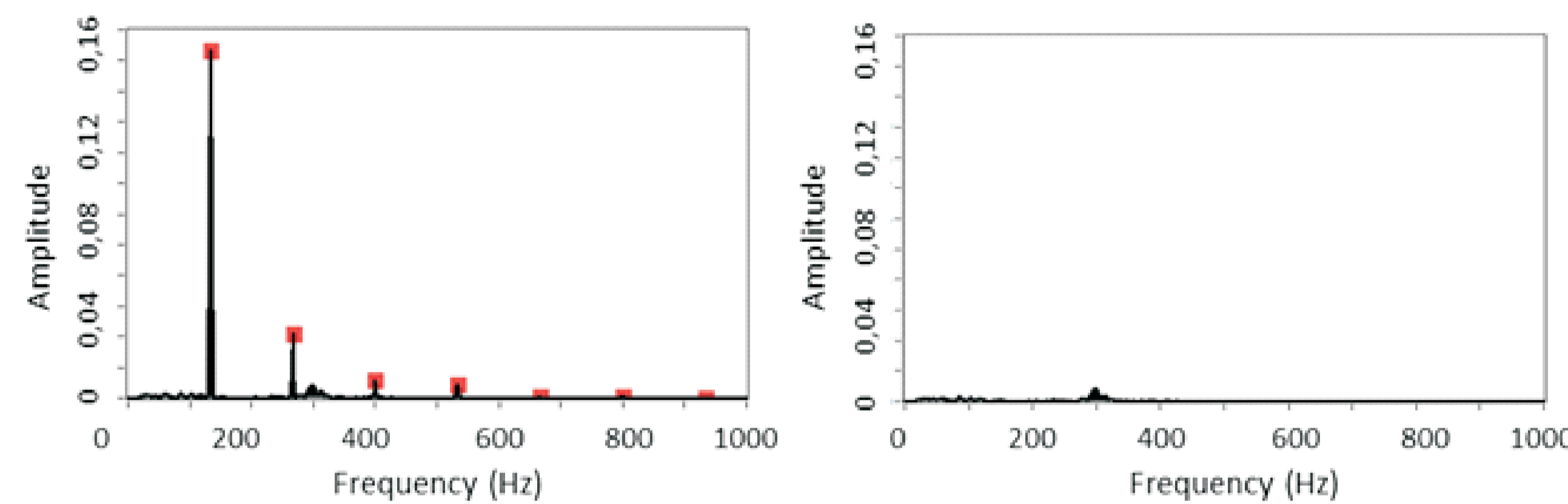
Metoda wykrywania drgań samowzbudnych opiera się na analizie widma, w którym częstotliwości przechodzenia zębów i prędkości obrotowej wrzeciona są odfiltrowane. W związku z tym, ważne jest, aby wykryć dokładnie rzeczywistą prędkość obrotową, ponieważ może różnić się od zadanej prędkości nominalnej. Różnica znacząco przyczyni się do wyniku analizy.

Chatter detection

A method self-excited vibration detection is based on the FFT spectrum in which tooth passing frequency and the rotational speed of the spindle are filtered out. Therefore, it is crucial to detect the exact actual spindle speed, as it can differ from the nominal, preset speed. The difference would contribute significantly to the outcome of the analysis.



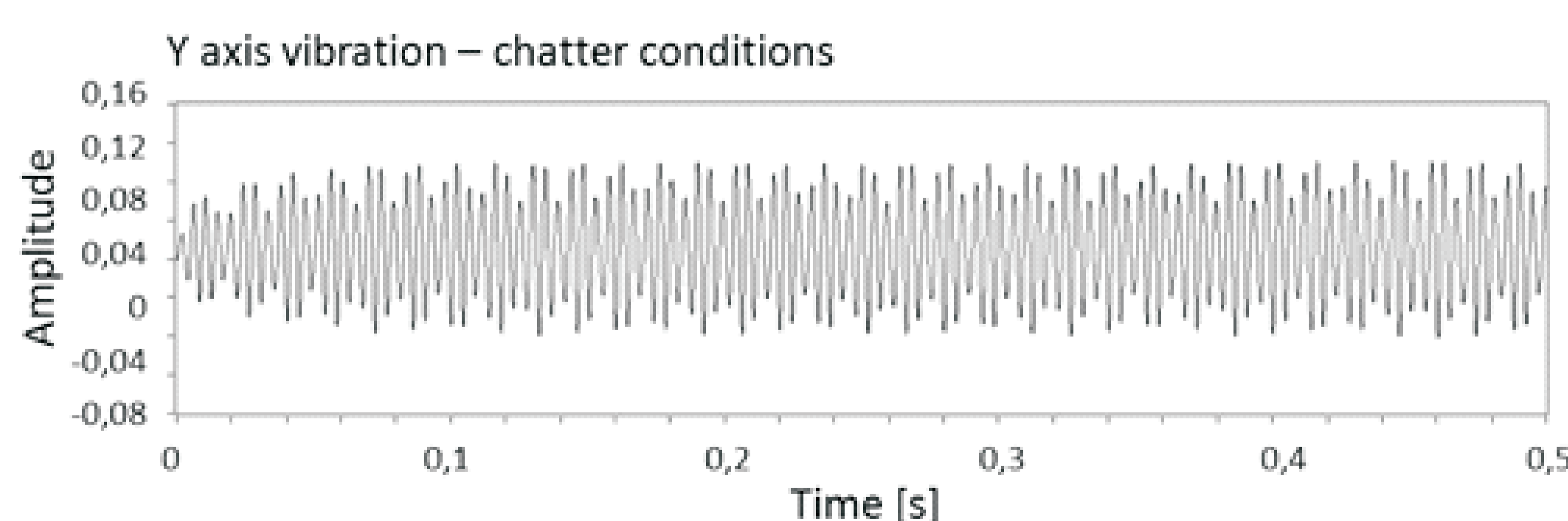
Rys. 1. Wyniki symulacji frezowania - stabilne warunki
Fig. 1. Milling simulation results - stable conditions



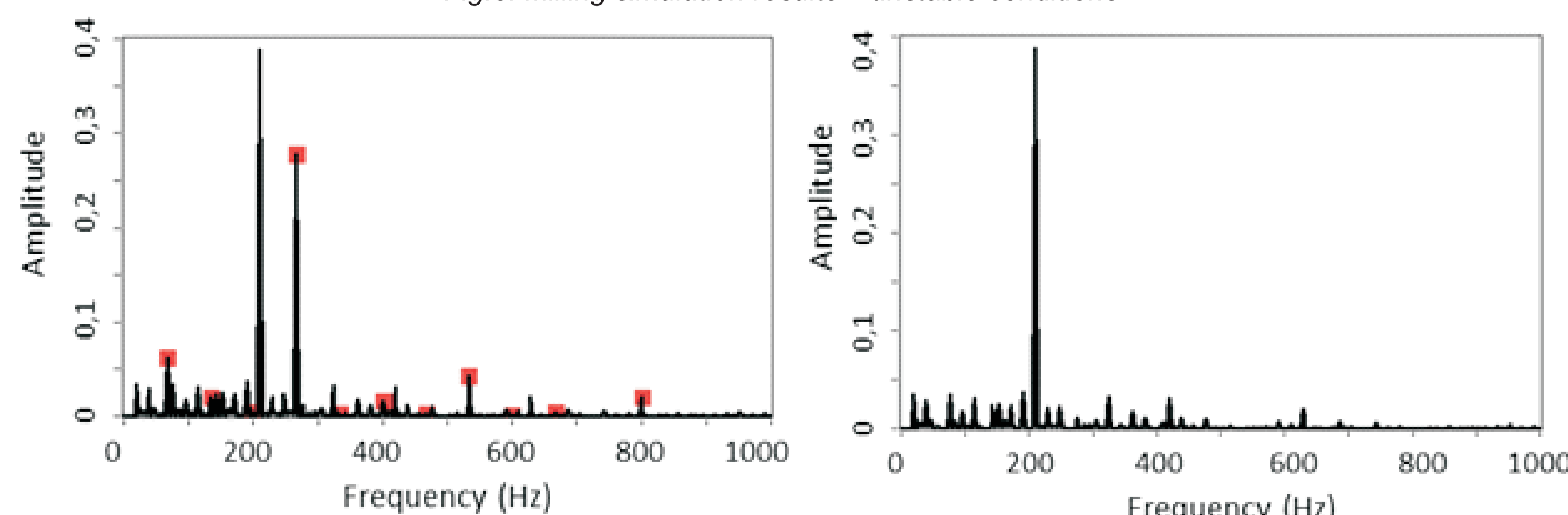
Rys. 2. Detekcja drgań samowzbudnych w stabilnych warunkach - lewy oryginalne widmo, prawy z usuniętymi z widma rozpoznany częstotliwościami
Fig. 2. Chatter detection in stable conditions - left original spectrum, right spectrum with recognized frequencies removed

Częstotliwości przechodzenia ostrzy oraz obrotów wrzeciona muszą być wyłączone z widma FFT podczas procedury wykrywania drgań samowzbudnych. Rys 1 przedstawia drgania w czasie 0,5 sekundy stabilnej obróbki z prędkością obrotową wrzeciona $n = 3000$ rpm, posuw na ząb $0,08$ mm/z, liczba zębów $z = 2$, o średnicy $D = 10$ mm. Rys 2 po lewej przedstawia widmo FFT, w którym rozpoznane częstotliwości oznaczone są jako czerwone punkty, a po prawej stronie znajduje się to samo widmo z częstotliwościami wyeliminowanymi.

Kolejny przykład, niestabilne warunki przedstawiono na figurze 3 i 4, amplituda drgań była znacznie wyższa. Ponadto eliminacja rozpoznanych częstotliwości ujawniła częstotliwość drgań samowzbudnych.



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



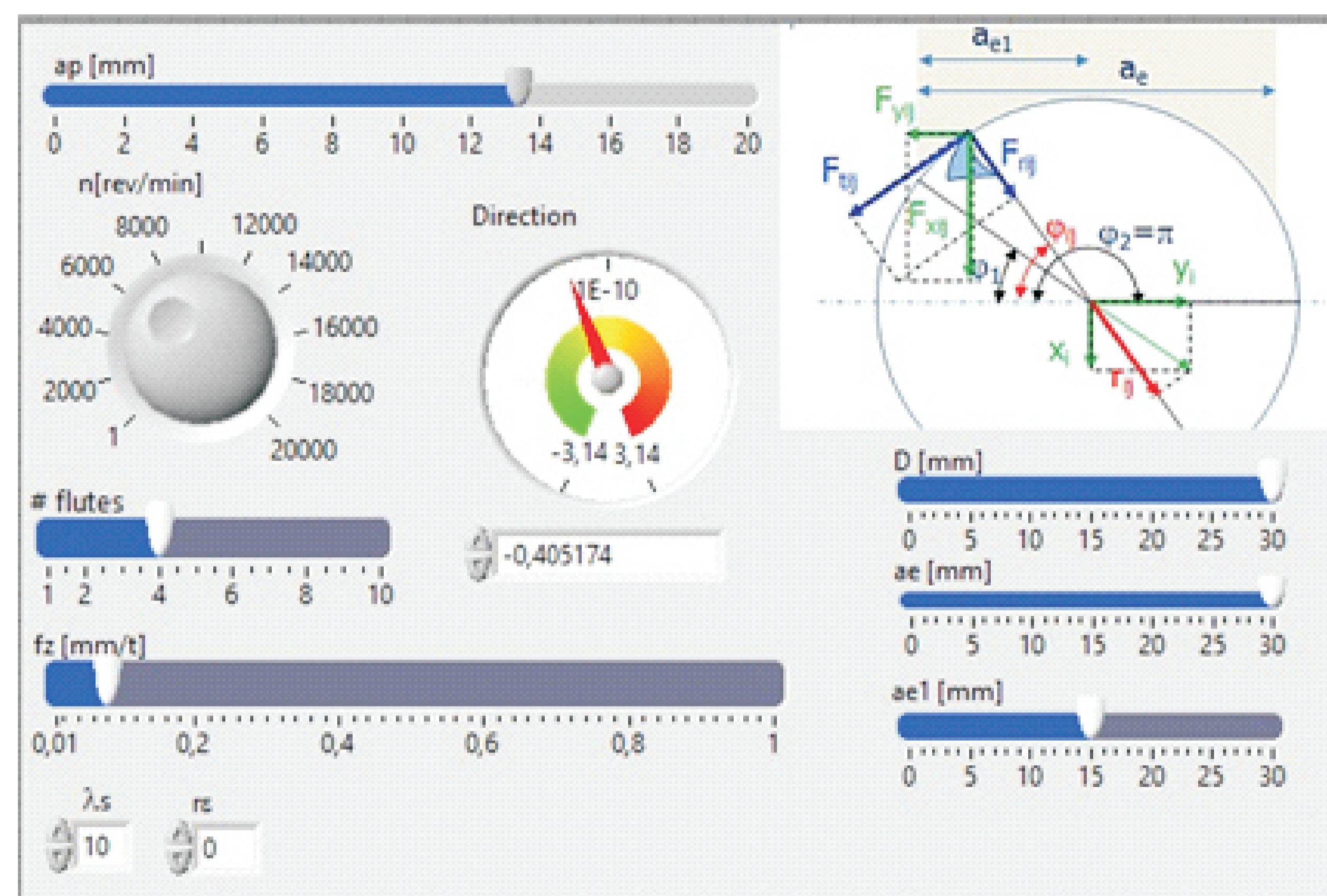
Rys. 4. Detekcja drgań samowzbudnych w niestabilnych warunkach - lewy oryginalne widmo, prawy z usuniętymi z widma rozpoznany częstotliwościami
Fig. 4. Chatter detection in stable conditions - left original spectrum, right spectrum with recognized frequencies removed

Ręczna zmiana parametrów skrawania podczas symulacji

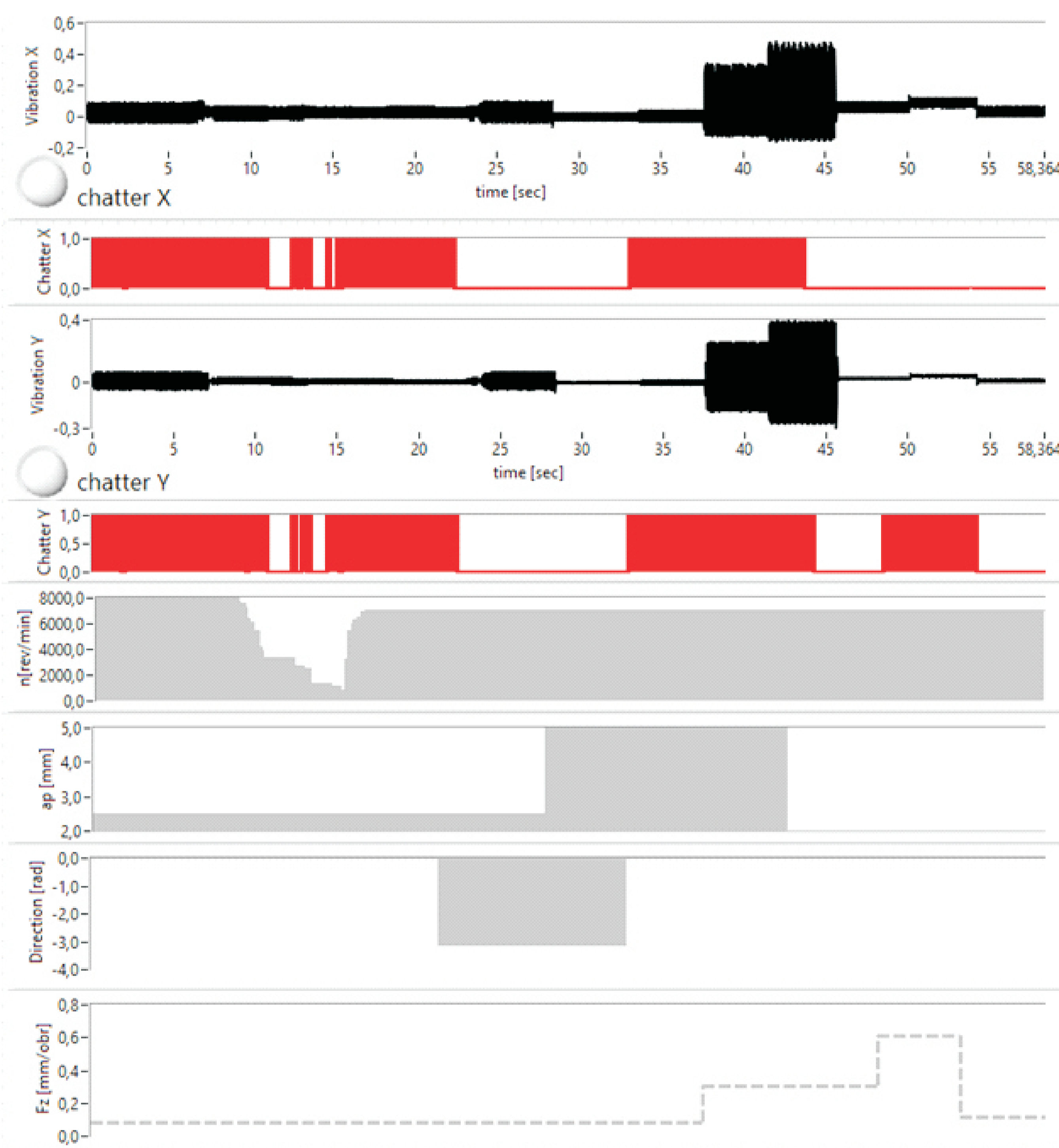
Przez ręczną modyfikację parametrów skrawania w czasie symulacji, możliwe jest sterowanie wirtualną obróbką. Symulacja rozpoczyna się od początkowych parametrów. Zmiana parametrów jest za pomocą przycisków na panelu programu. W przypadku sterowania ręcznego, możliwe jest manipulowanie następującymi parametrami: głębokość skrawania osiowego, prędkości obrotowej wrzeciona, kierunku posuwu, posuw., głębokość skrawania promieniowa a_e i $AE1$, średnica narzędzia. Rysunek 5 i 6 pokazuje panel czołowy do kontroli obróbki oraz zarejestrowane wyniki symulacji.

Manual cutting parameters modification during simulation

By manual modification of the cutting parameters during the simulation, it is possible to control the virtual machine. The simulation starts with the initial parameters. The modification of parameters is made by using the controls on the front panel of the program. In the case of manual control, it is possible to manipulate the following parameters: axial depth of cut, spindle rotational speed, direction of feed, feed rate, radial depth of cut a_e and $ae1$, tool diameter, and Fig 5 and 6 presents cutting parameters modification window and results of simulation.



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



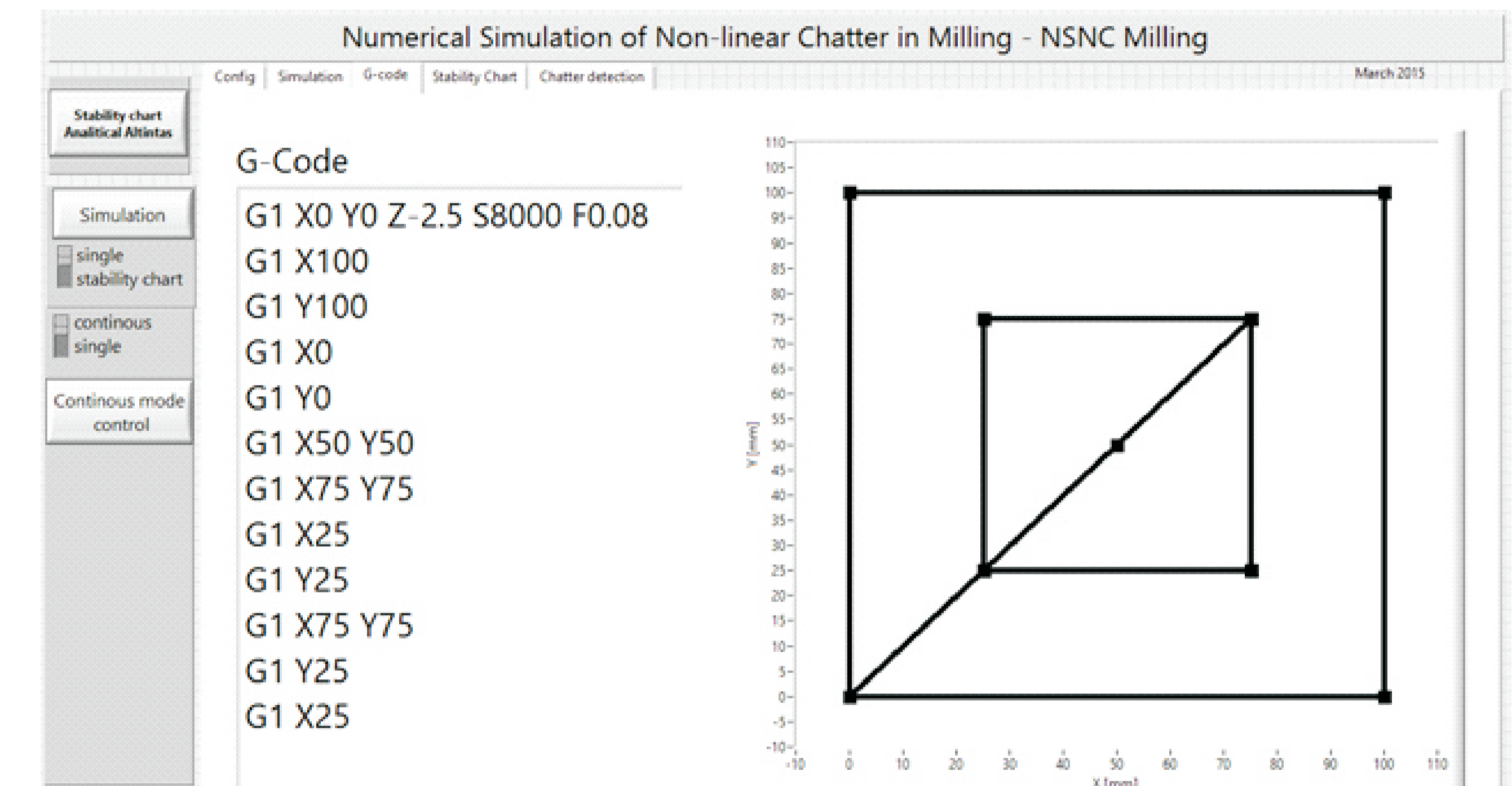
Rys. 6. Drgania na osi X i Y w czasie zmiennych warunków skrawania w trybie ręcznym
Fig. 6. Vibrations on X and Y axis under variable cutting parameters in manual mode

Implementacja obsługi kodów maszynowych w oprogramowaniu do symulacji numerycznej

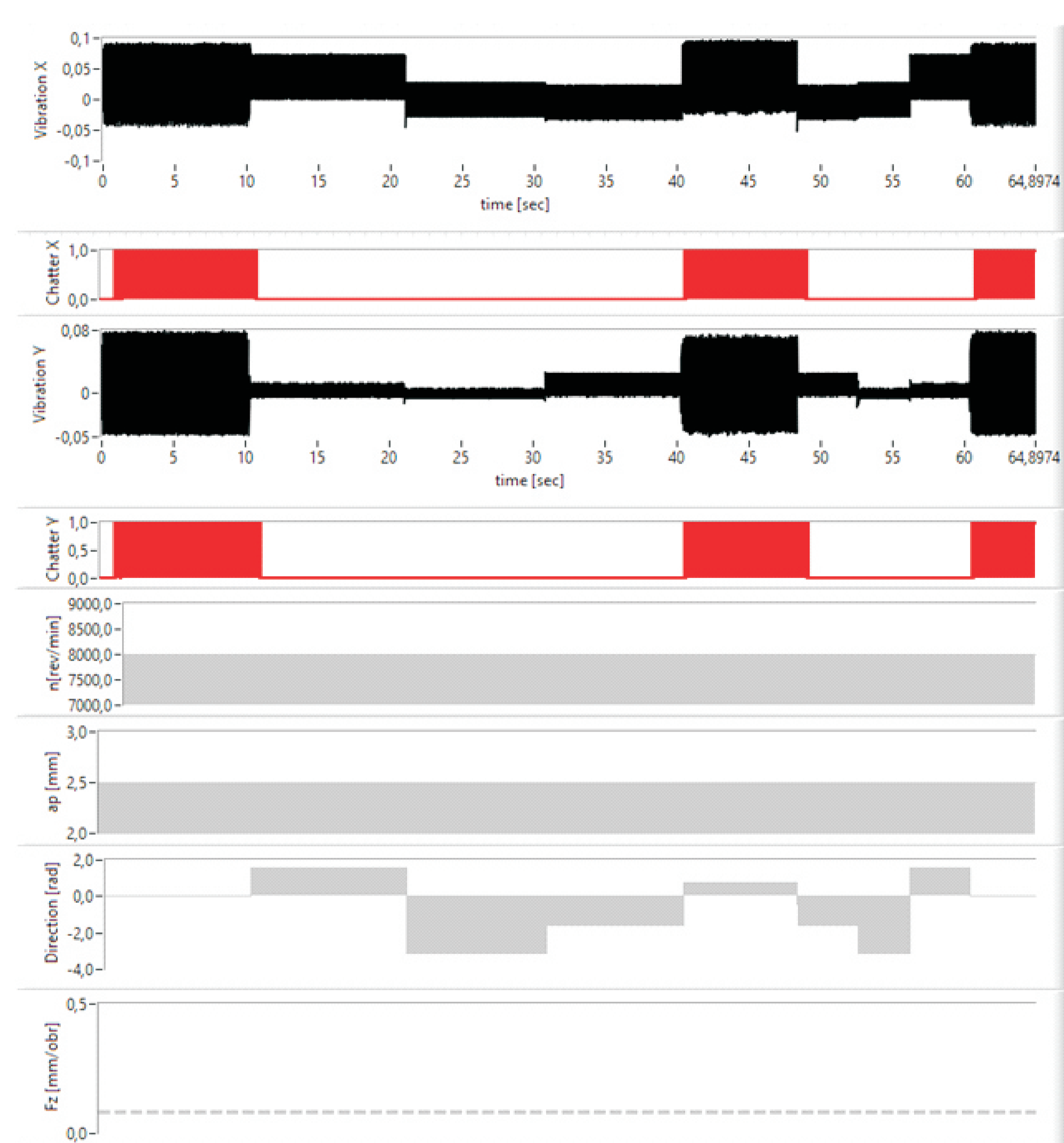
Wprowadzenie obsługi kodu maszynowego pozwala na stosowanie programów przygotowanych dla maszyn CNC z rzeczywistej produkcji i symulacji drgań i sił w trakcie procesu produkcyjnego. Umożliwia to wirtualną weryfikację programów CNC. Jako przykład numerycznej symulacji stabilności podczas obróbki, prosty program CNC wprowadzono do programu frezowania NSNC, widoczny na rys. 7 wraz z oszacowanym torem narzędzia. Czas symulacji odpowiada czasowi obróbki obliczonemu z programu CNC. Podobnie jak w przypadku ręcznej modyfikacji parametrów skrawania oddzielne okno pozwala zobaczyć wyniki symulacji - patrz rys. 8.

Implementation of machine code handling in numerical simulation software

The introduction of the machine code handling allows for 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. As an example of numerical simulation of machining stability during, a simple CNC program was introduced to the NSNC milling program, visible in Fig. 7 together with the tool trajectory. Simulation time corresponds to the machining time calculated from the CNC program. Like in manual cutting parameters modification a separate window allows to see the results of the simulation - see Fig. 8.



Rys. 7. Okno obsługi kodów maszynowych
Fig. 7. Machine code handling window



Rys. 8. Wyniki symulacji skrawania w oparciu o kod maszynowy
Fig. 8. Cutting simulation results on the basis of machine code

Wnioski Conclusions

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 drgań samowzbudnych 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 simulation in time domain is capable to utilize 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 the chatter.

Wskaźniki realizacji celów projektu Indicators of the project

Referaty

1. BAK, Piotr Andrzej, Krzysztof Jemielniak. "NUMERICAL SIMULATION OF SELF-EXCITED VIBRATIONS UNDER VARIABLE CUTTING CONDITIONS.", CIRP High Efficient Manufacturing, Karpacz 2015

Publikacje

1. BAK, Piotr Andrzej, Krzysztof Jemielniak. "NUMERICAL SIMULATION OF SELF-EXCITED VIBRATIONS UNDER VARIABLE CUTTING CONDITIONS." Journal of Machine Engineering 15.1 (2015).

Prace mgr, dr, hab.

Prace doktorskie

Tytuł: *Automatyczne przeciwdziałanie drganiom samowzbudnym*
Autor: mgr inż... Piotr Andrzej Bąk
Promotor: prof. Krzysztof Jemielniak
Status: *przed otwarciem przewodu*