

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



Wyniki badań

Results

Nowa metoda badania dynamicznych współczynników sił skrawania

A new method for research of dynamic cutting force coefficients

Ogólne informacje

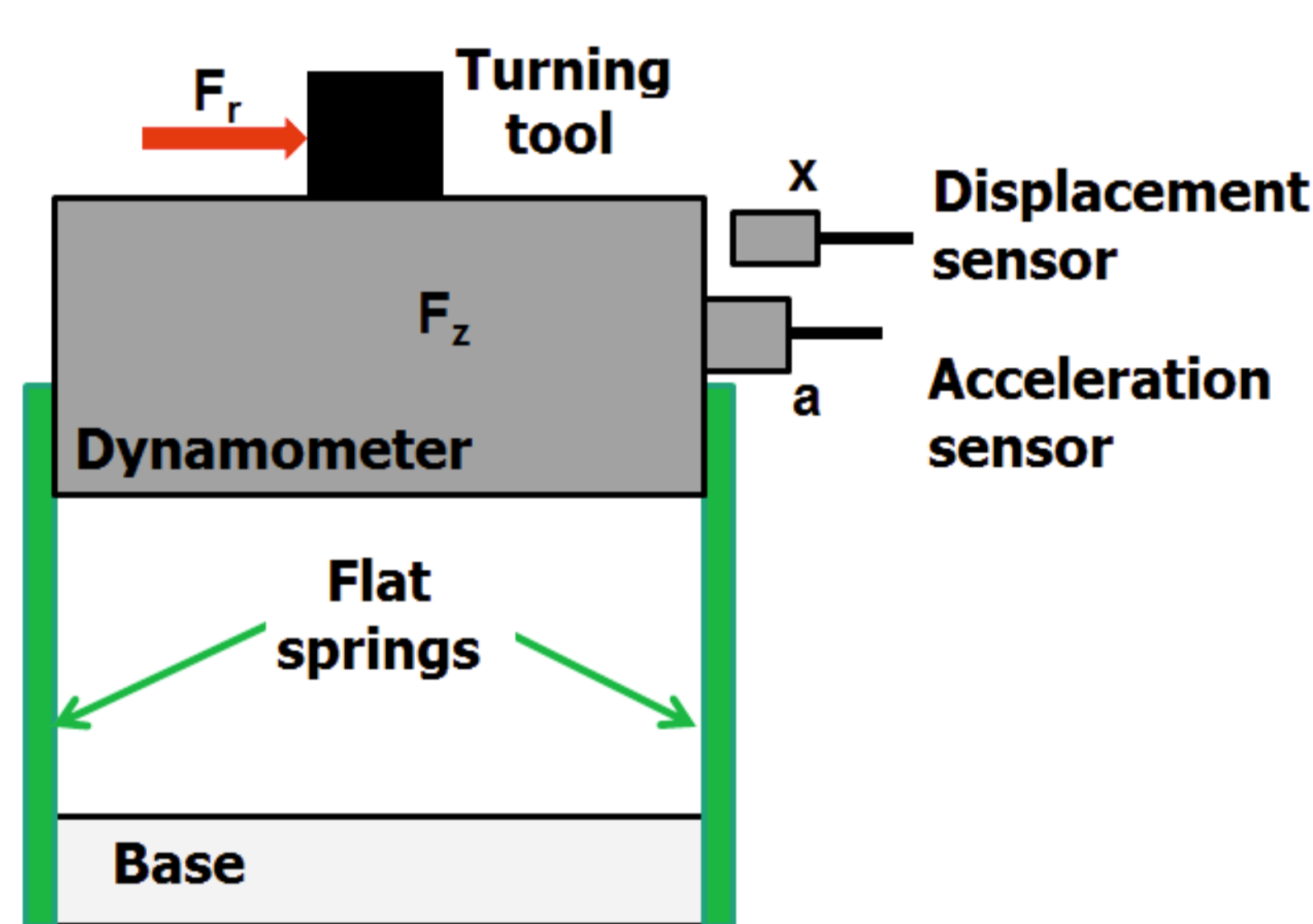
Modelowanie sił skrawania, opracowywanie dynamicznej charakterystyki procesu skrawania oraz symulowanie nieliniowych drgań samowzbudnych, wymagają weryfikacji, prowadzonej najczęściej przez porównanie wyników analitycznych i symulacyjnych z wynikami rzeczywistych pomiarów. Opracowana metoda wyznaczenia chwilowych wartości sił skrawania oparta została na zarejestrowanych sygnałach z następujących czujników: młotka modalnego, czujnika przyspieszeń i dynamometru. Celem opracowania metodyki jest wyznaczenie siły rzeczywistej skrawania, która jest składową siły zmierzonej przez dynamometr zastosowany w urządzeniu do badania dynamicznej charakterystyki procesu skrawania.

General information

Modeling of cutting forces, development of the dynamic characteristics of the cutting process and simulate nonlinear chatters require verification, usually carried out by comparing the results of analytical and simulation results with the real measurements. Developed method for determining the instantaneous cutting forces is based on the recorded signals from the following sensors: a modal hammer, \ddot{x} and dynamometer. The main goal of developed methodology is determination of actual cutting force, which is a component of the force measured by the dynamometer used in the device for testing dynamic characteristics of the cutting process.

Charakterystyka stanowiska (rys. 1)

- duża uniwersalność zastosowań,
- możliwość wyboru kierunku podatności przy testach układów o 1 stopniu swobody,
- rejestrowanie sił oraz przyspieszeń w trzech osiach urządzenia,
- rejestrowanie przemieszczeń na kierunku podatnym urządzenia.



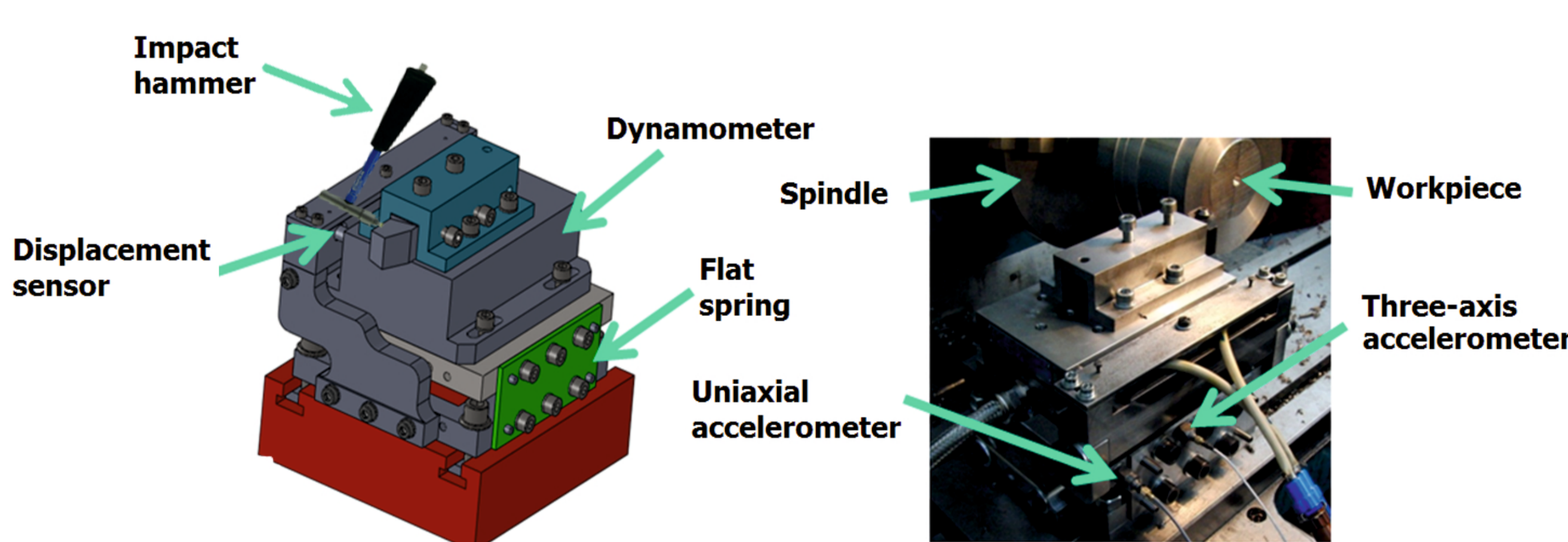
Rys.1. Schemat stanowiska pomiarowego.
Fig.1. Scheme of measuring.

Zalety

- ograniczenie względnych drgań narzędzia-przedmiotu obrabianego do 1D,
- czujnik siły blisko strefy skrawania,
- proste zamocowanie systemu na tokarce/frezarce (nie wymaga ingerencji w istniejącą strukturę maszyny),
- właściwy dobór charakterystyki stanowiska do rodzaju procesu obróbkowego, materiału i narzędzia oraz zmianę kierunku podatności przez zmianę elementów podatnych.

Zastosowanie

- pomiar sił skrawania w procesie toczenia i frezowania.



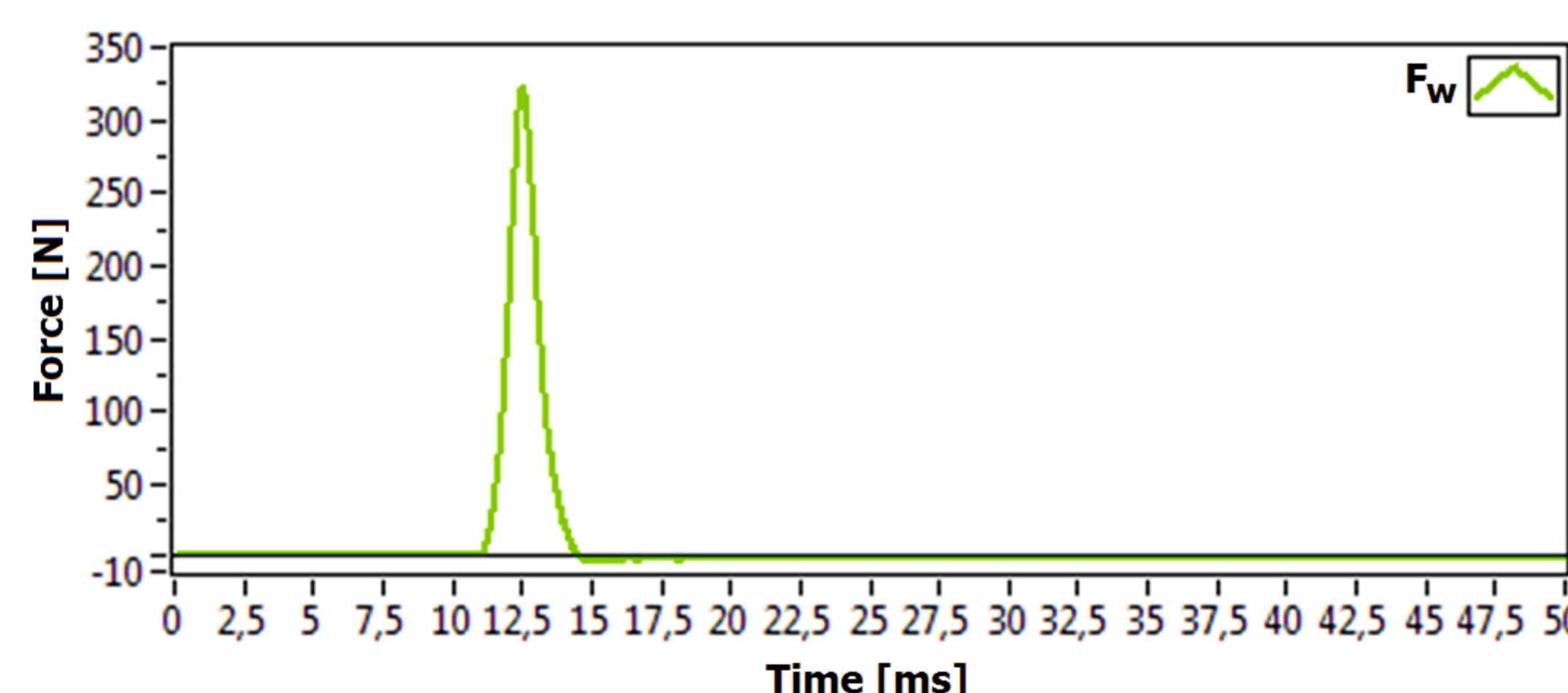
Rys.2. Elementy stanowiska pomiarowego.
Fig.2. Elements of measuring position.

Założono, że siła zmierzona za pomocą dynamometru stanowi sumę siły rzeczywistej (odpowiadającej sile skrawania) i siły bezwładności badanego urządzenia, gdzie wielkość siły bezwładności zależy będzie od masy siłomierza oraz sposobu zastosowania urządzenia. W przypadku frezowania będzie zależał od masy zamocowanego przedmiotu obrabianego, natomiast podczas zamocowania na tokarce uwzględnić będzie masę narzędzia wraz z uchwytem.

Do wyznaczenia chwilowych wartości sił skrawania przyjęto następujące oznaczenia i wzory:

1. Siła wymuszenia

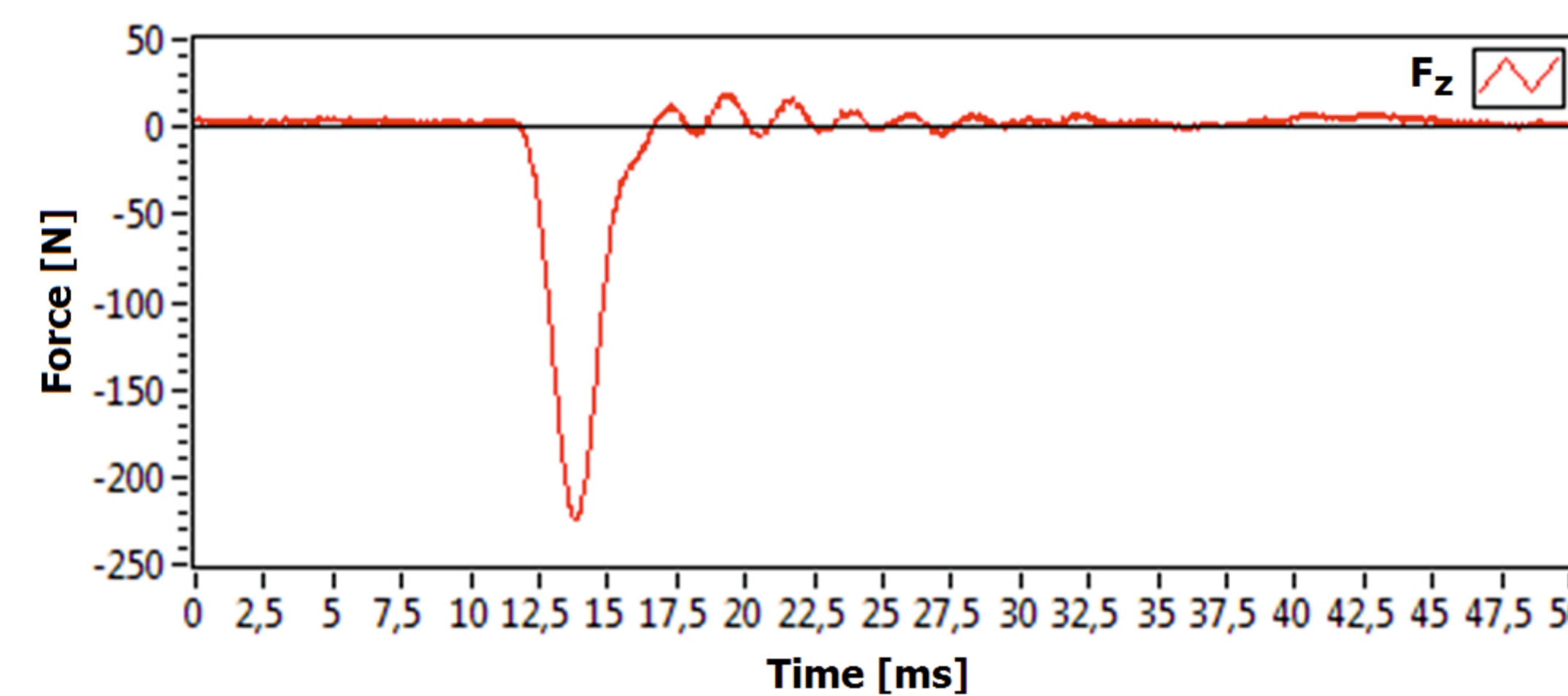
F_w – siła wymuszenia (siła zarejestrowana z młotka modalnego), rys. 3.



Rys.3. Przebieg sygnału z młotka modalnego.
Fig.3. Waveform of modal hammer.

2. Siła zmierzona

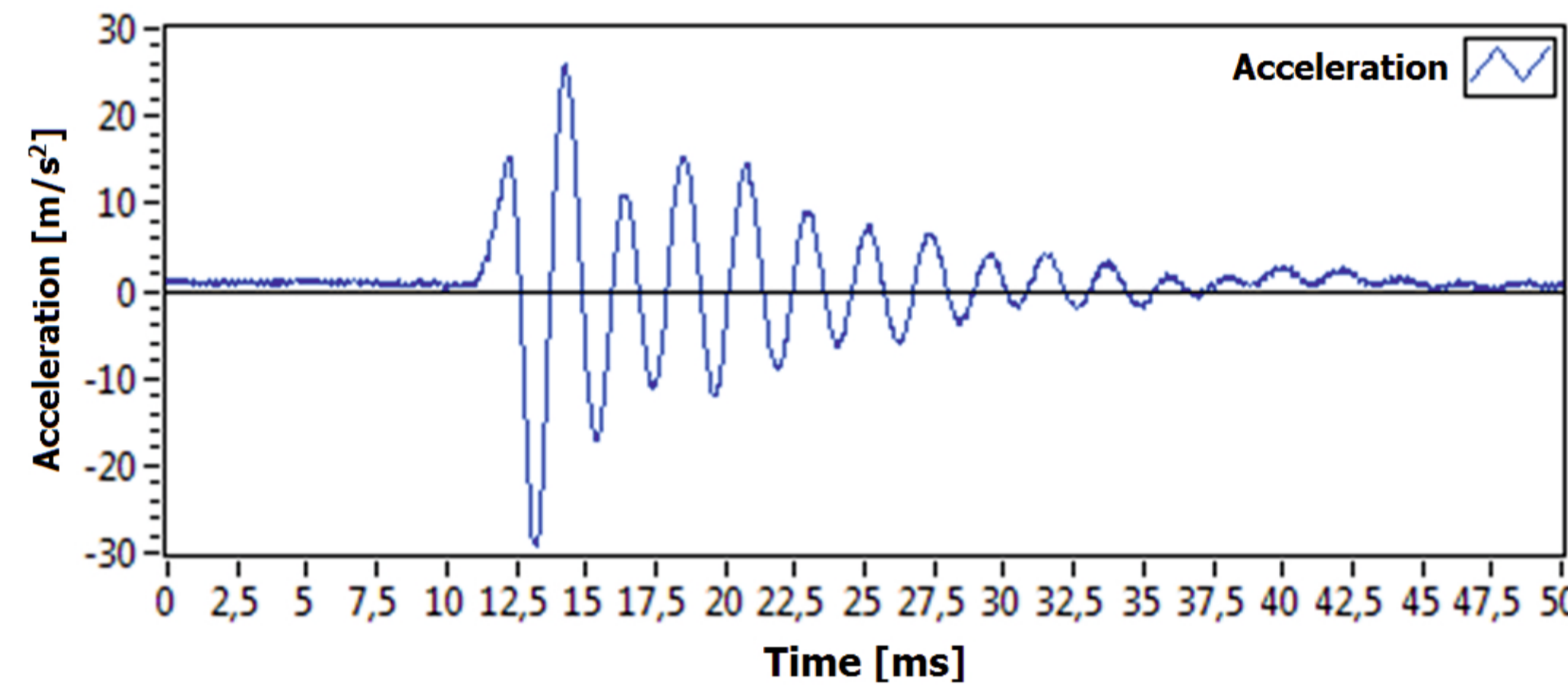
F_z – siła zmierzona (siła zarejestrowana z dynamometru na kierunku uderzenia młotkiem modalnym), rys. 4.



Rys.4. Przebieg sygnału z dynamometru.
Fig.4. Signal from the dynamometer.

3. Sygnał przyspieszeń

a – przyspieszenie zarejestrowane z czujnika przyspieszeń, rys. 5.

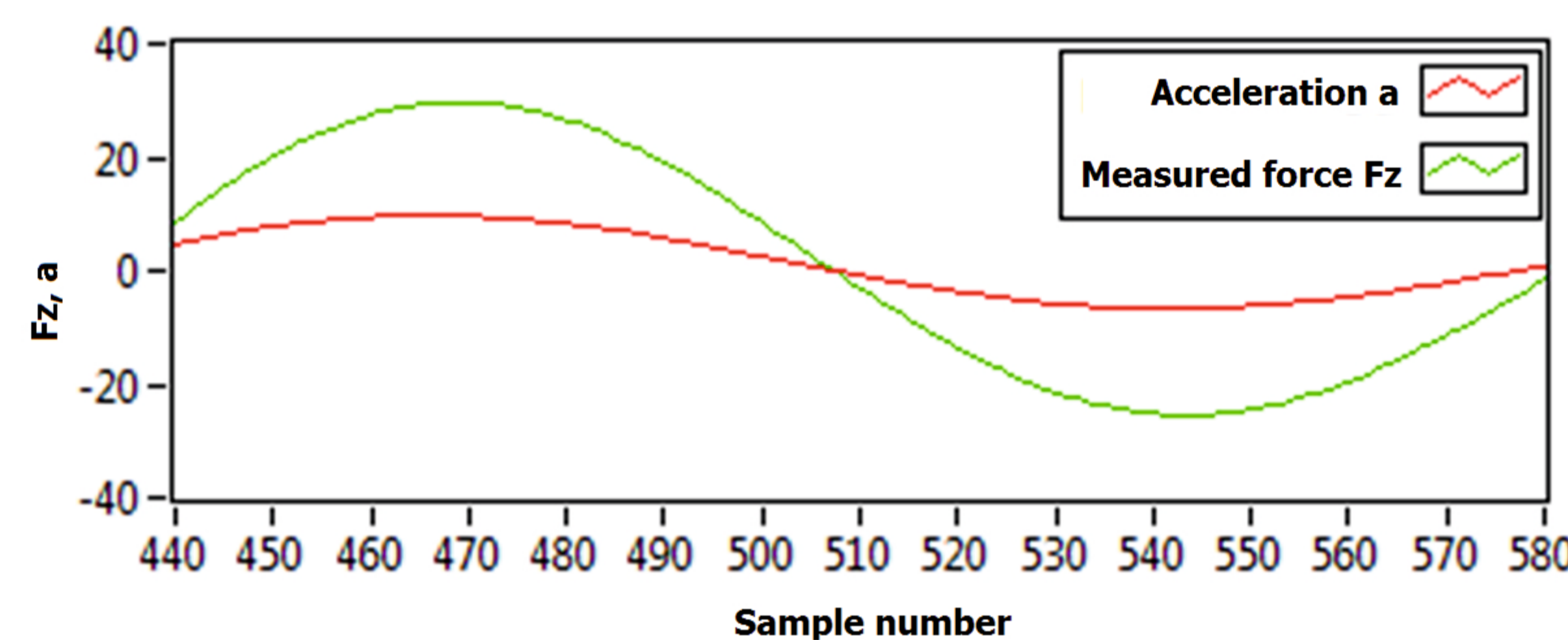


Rys.5. Przebieg sygnału z czujnika przyspieszeń.
Fig.5. A signal of the acceleration sensor.

4. Współczynnik masy wyznaczany doświadczalnie

m – współczynnik wyznaczany doświadczalnie, odpowiada współczynnikowi nachylenia wyznaczonej aproksymacji $F_z(a)$.

Aby wyznaczyć rzeczywistą wartość siły skrawania musi być znana siła bezwładności badanego urządzenia, która z kolei zależy od współczynnika m . Do jego wyznaczenia wykorzystany został jeden okres z sygnału siły zmierzonej F_z oraz sygnału przyspieszeń w momencie ustania siły wymuszenia, rys. 6.

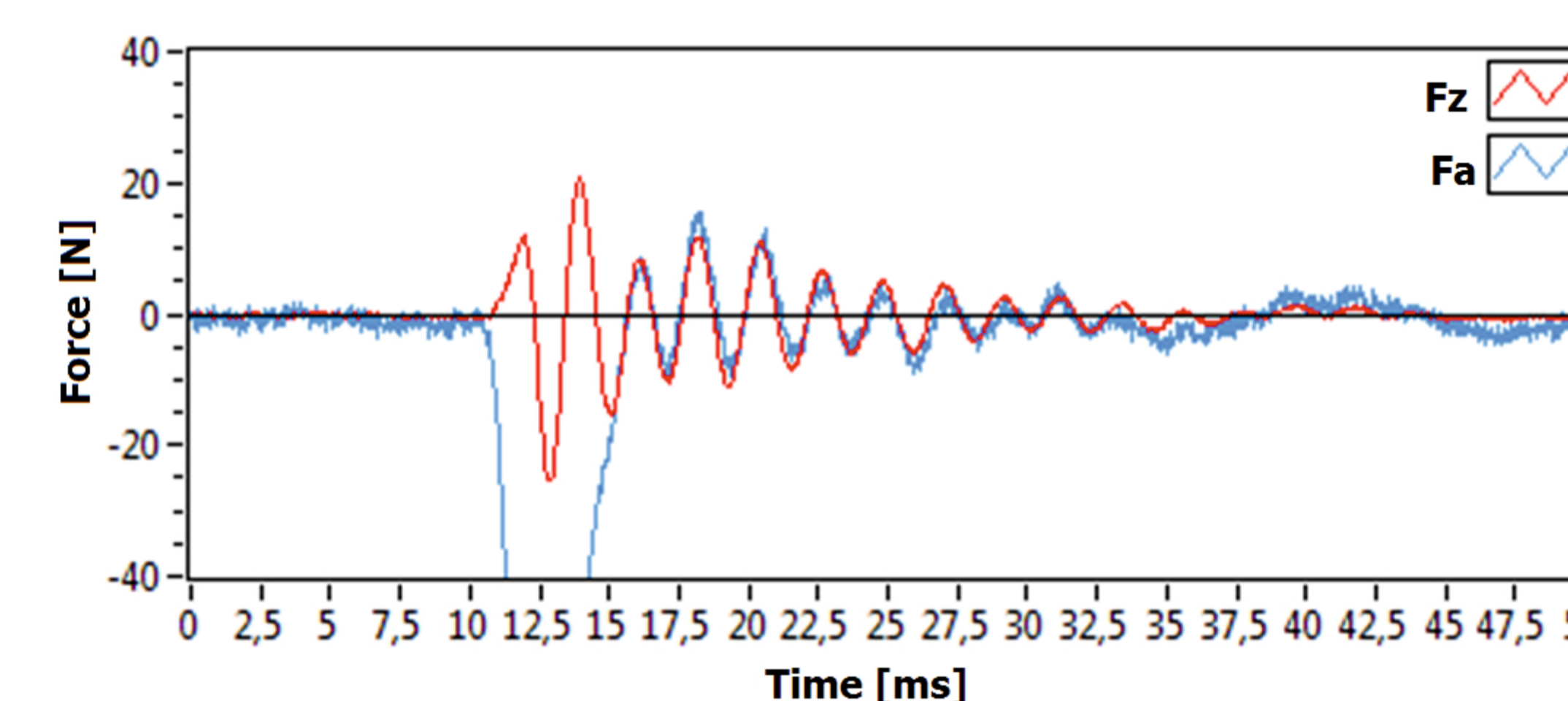


Rys.6. Sygnały sił do wyznaczenia współczynnika m .
Fig.6. Force signal to determine the coefficient of m .

5. Siła bezwładności

F_a – siła bezwładności (siła wyliczona w oparciu o sygnał przyspieszenia oraz wyznaczony współczynnik m), rys. 7.

$$F_a = m \cdot a \quad (1)$$

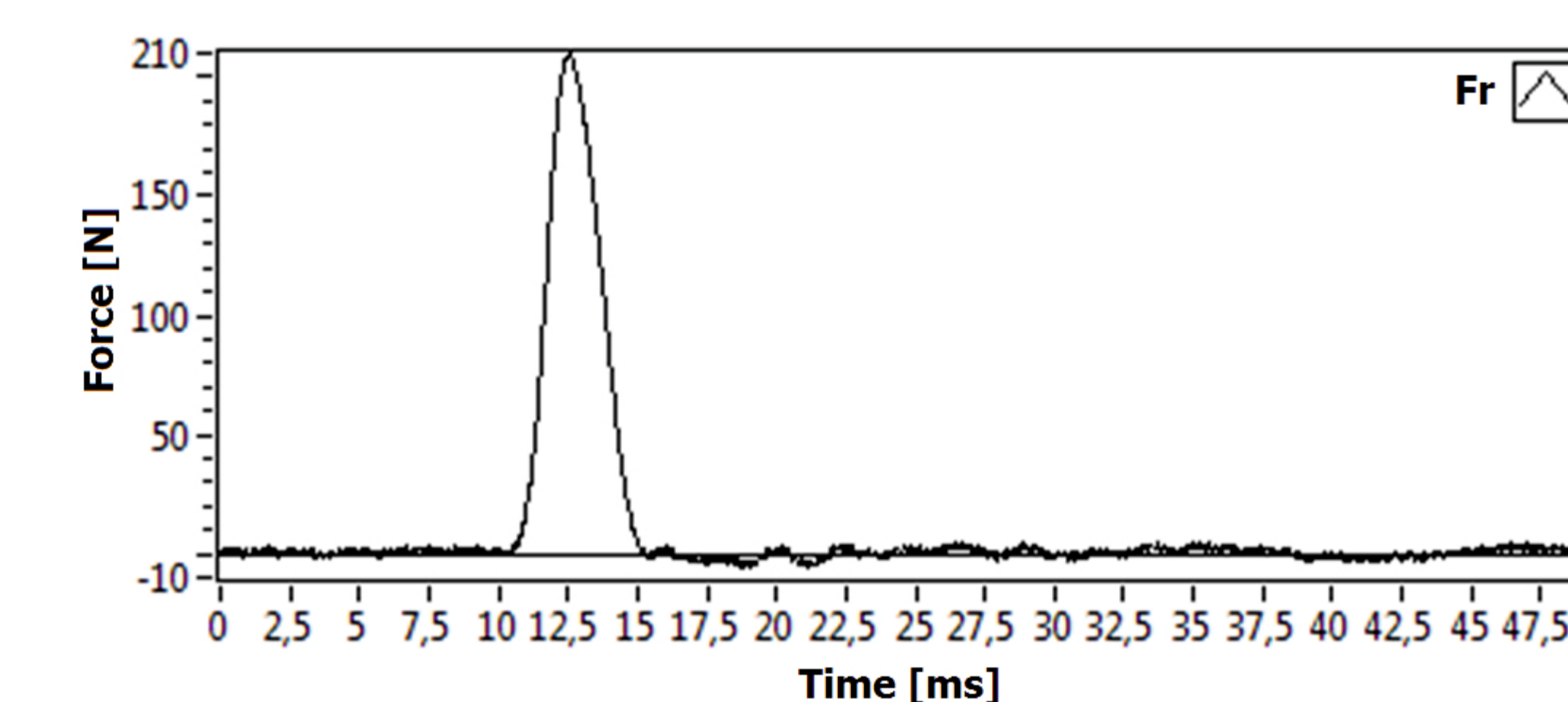


Rys.7. Przebieg obliczonej siły bezwładności.
Fig.7. Course of calculated inertial force.

6. Siła rzeczywista

F_r – siła rzeczywista uzyskana, jako różnica siły zmierzonej i siły bezwładności, rys.8. Dla zaprojektowanego urządzenia pomiarowego wyznaczona siła rzeczywista będzie równa sile skrawania.

$$F_r = F_z - F_a \quad (2)$$

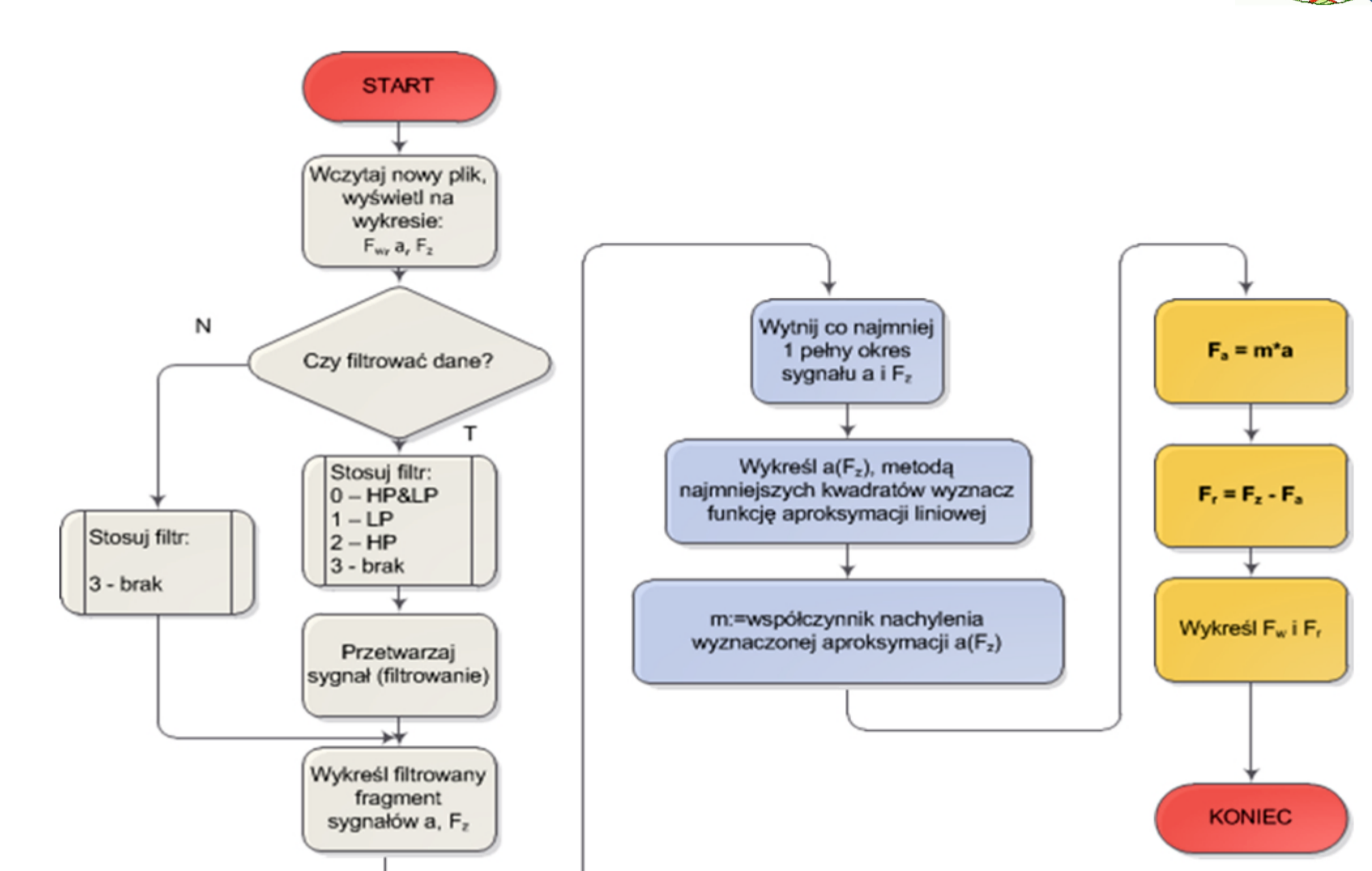


Rys.8. Przebieg obliczonej siły rzeczywistej.
Fig.8. Course of calculated real force.

Metoda wyznaczenia chwilowej siły skrawania

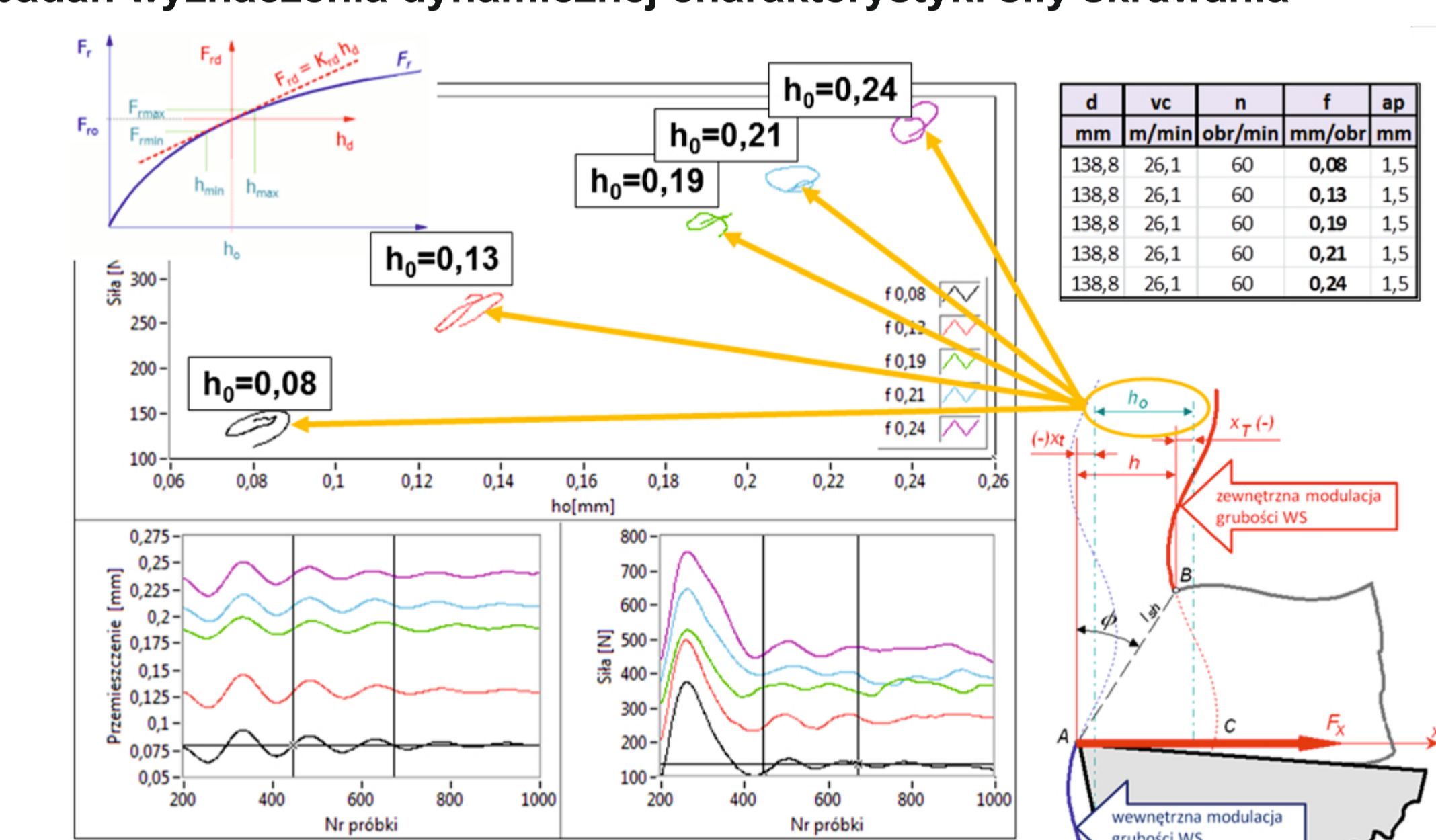
Działanie aplikacji do wyznaczenia chwilowych wartości sił skrawania składa się z następujących etapów:

- wczytanie przebiegów sygnałów z młotka modalnego, akcelerometru oraz dynamometru,
- decyzja użytkownika o filtrowaniu (przebiegi sygnałów mają być filtrowane czy też nie),
- wykreślenie sygnałów a oraz F_z ,
- obliczenie współczynnika m oraz siły F_a ,
- obliczenie siły rzeczywistej F_r ,
- wykreślenie siły F_r i F_w w celu ich porównania.

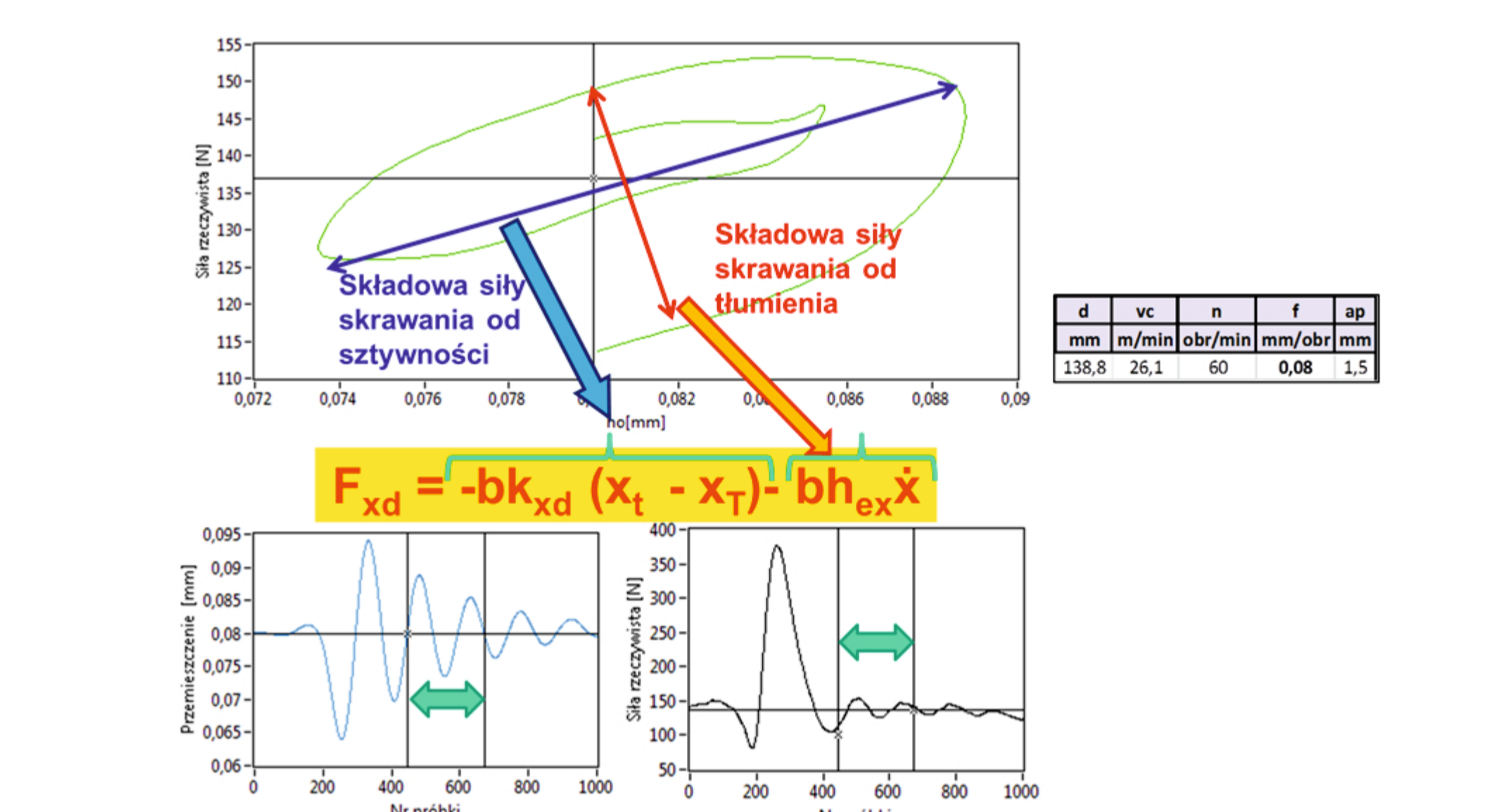


Rys.9. Algorytm programu do wyznaczenia chwilowych wartości sił skrawania.
Fig.9. Program algorithm to determine the instantaneous cutting forces.

Wyniki badań wyznaczenia dynamicznej charakterystyki siły skrawania



Rys.10. Zależność siły rzeczywistej od grubości warstwy skrawania.
Fig.10. Real force versus the thickness of cut.



Rys.11. Składowe siły skrawania.
Fig.11. Cutting force components.

Wnioski

Conclusions

W sposób doświadczalny potwierdzono poprawność działania urządzenia do badania chwilowych wartości sił skrawania. Uzyskano możliwość bezpośredniego pomiaru dynamicznych składowych sił skrawania. Badania wstępne potwierdziły zależność zmiennych składowych sił skrawania nie tylko od zmian grubości warstwy skrawanej, ale także od prędkości drgań, czyli występowanie tłumienia procesu skrawania.

Correct functioning of device for measuring the instantaneous cutting forces was experimentally confirmed. It gave opportunity for direct measurement of dynamic cutting force components. Preliminary tests confirmed the relationship of various components of cutting forces depends not only on changes the thickness of cut but also the vibration speed - occurrence of damping in the cutting process.

Przykłady współpracy z przemysłem lotniczym

Collaboration with aviation industry

Testy oraz implementacja programów zostaną przeprowadzone w WSK Rzeszów i PZL Mielec A Sikorsky Aircraft Company.

Testing and implementation of the programs will take place in WSK Rzeszów and PZL Mielec A Sikorsky Aircraft Company.

Wskaźniki realizacji celów projektu

Indicators of the project

Publikacje

1. Jemielniak K., Nejman M., Śniegulska-Grądzka D., *Analityczne i numeryczne wyznaczenie granicy stabilności przy toczeniu*, Inżynieria Maszyn, 2012, 17, 1, 81-92.
2. Jemielniak K., Wypysiński R., *Wyznaczenie granicy stabilności przy toczeniu metodą symulacji numerycznej*, Inżynieria Maszyn, 2012, 17, 1, 93-104

Prace mgr, dr, hab.

Prace inżynierskie

- Damian Lewczuk, *Multimedialny kurs CAD/CAM z analizą funkcjonalności strategii dedykowanych do obróbki stopów aluminium i materiałów trudnoskrawalnych*, Obrona: 25.09.2012, promotor: dr inż. Rafał Wypysiński,

Prace przejściowe magisterskie

- Piotr Bąk, *Przygotowanie stanowiska do pomiaru dynamicznych składowych sił skrawania*, Oddanie pracy: 12.09.2012 r., promotor: dr inż. Rafał Wypysiński

Prace magisterskie

- Krzysztof Żmijewski, *Analiza stabilności wielomodalnego układu o dwóch stopniach swobody przy toczeniu*, Obrona: 29.10.2011, promotor: prof. dr hab. inż. Krzysztof Jemielniak,
- Cristina Fontana (studentka z ERASMUS), *Data Acquisition in Real-Time Systems*, promotor: dr inż. Mirosław Nejman

Prace inżynierskie planowane

- Michał Gibasiewicz, *Opiekun naukowy: dr inż. Mirosław Nejman, Temat: Opracowanie metodyki analizy sygnału siły skrawania dla niestabilnych warunków skrawania podczas toczenia.*

Prace magisterskie planowane

- Xavier Fernández Luna (ERASMUS), *The measurement and registration of the angular position of a lathe spindle*, promotor: dr inż. Mirosław Nejman
- Sebastian Lautsch, *Budowa układu diagnostyki do wykrywania KSO z wykorzystaniem modułu FPGA*, promotor: dr inż. Mirosław Nejman