

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-detali

Modeling, construction and control of the HSM process taking into consideration the configured machine-instrument-detail system

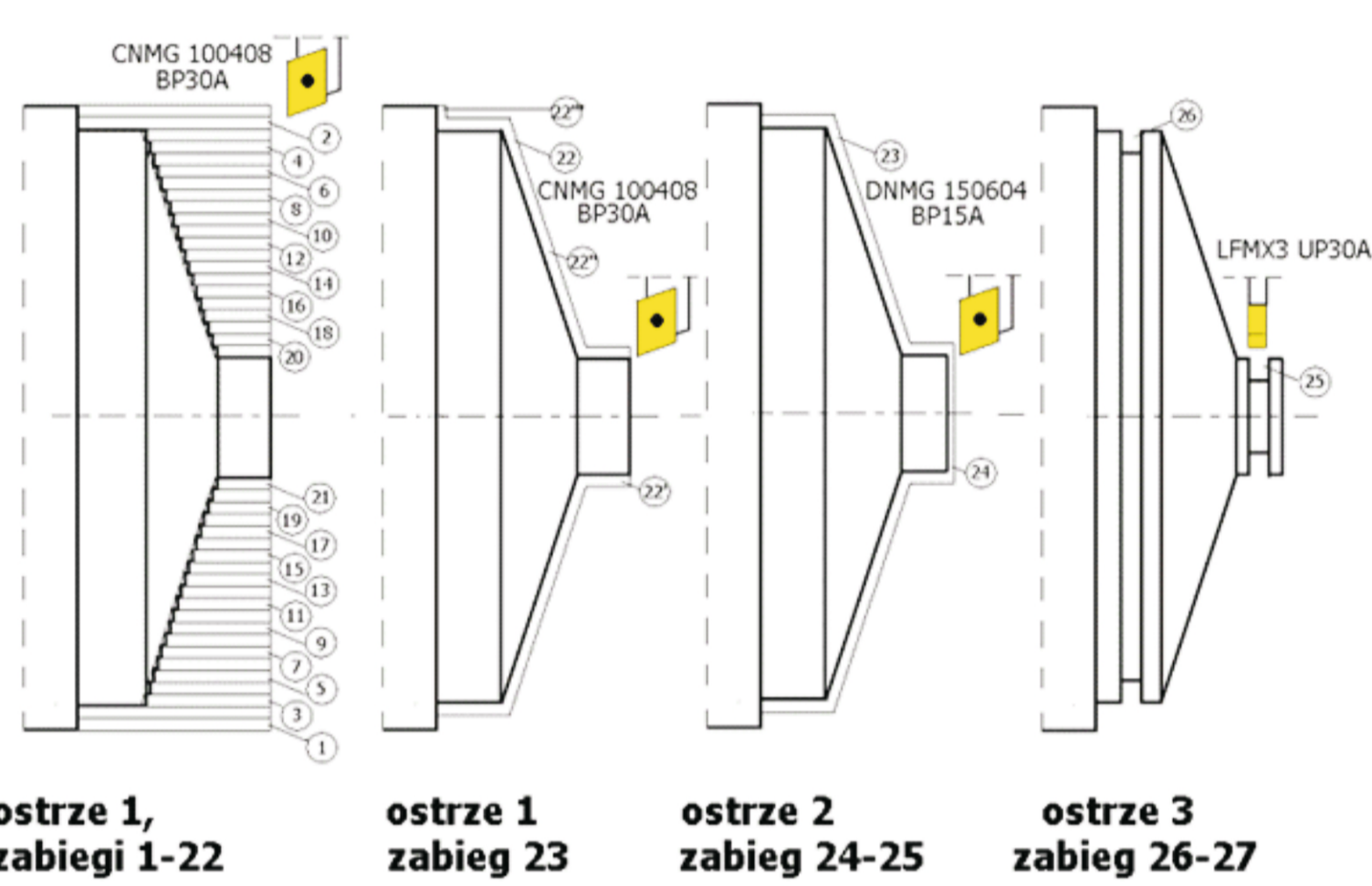
Politechnika Warszawska, Politechnika Rzeszowska

Wyniki badań Results

Badania doświadczalne

Badania przeprowadzono na centrum tokarskim VENUS 450. Pod jego głowicą narzędziową zainstalowano czujnik sił skrawania Kistler 9601A31, natomiast na głowicy czujnik emisji akustycznej Kistler 78152B121. Do wykonania prób toczenia na wałkach o początkowej średnicy 160mm, wykorzystano płytki: CNMG 10408 BP30A (na rysunku zabiegi 1-22), DNMG 150604 BP15A (na rysunku zabiegi 23, 24), LFMX3 UP30A (na rysunku zabiegi 25, 26). Parametry obróbki: głębokość skrawania $a_p=1,5\text{mm}$, posuw $f=0,1\text{mm/obr}$, prędkość skrawania $V_c=150\text{m/min}$.

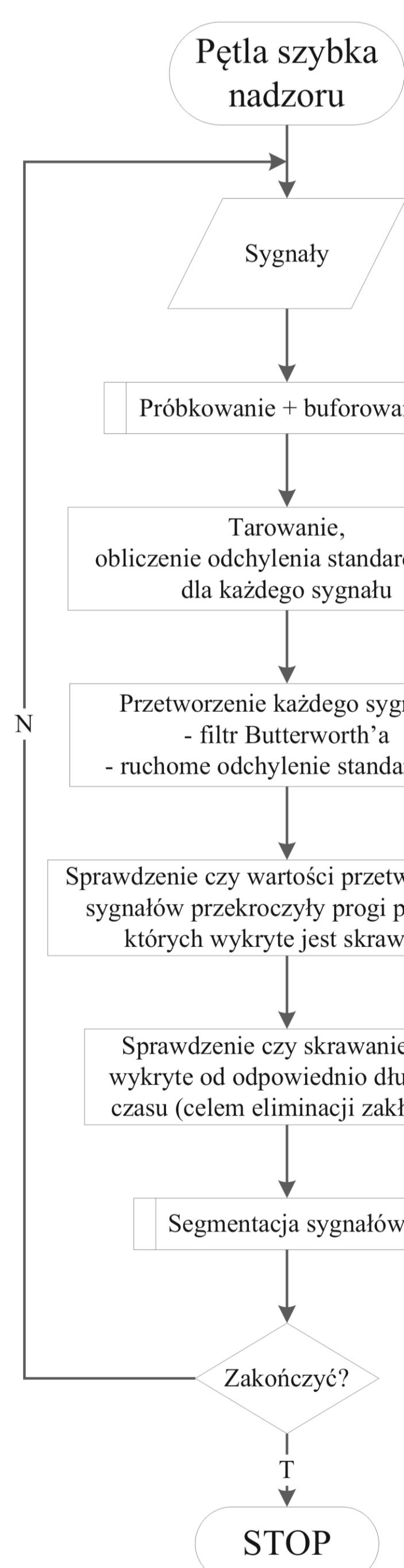
Research was carried out on turning center VENUS 450. The cutting forces sensor Kistler 9601A31 was mounted under and the acoustic emission sensor Kistler 78152B121 at the head of the tool head. The parameters to perform tests on the longitudinal turning: a roller has an initial diameter of 160 mm, inserts was used CNMG 10408 BP30 (Figure 1 treatments 1-22) 150604 DNMG BP15 (Figure 1 treatment 23, 24), LFMX3 UP30A (Figure 1 treatment 25, 26). Cutting parameters: depth of cut $a_p=1.5\text{ mm}$, feed $f=0.1\text{mm/rev}$, cutting speed $V_c=150\text{m/min}$.



Rys. 1. Plan operacji
Fig. 1. The tools paths

Wykrywanie skrawania

Signal jest najpierw tarowany, co oznacza, że zostaje obliczona średnia z części sygnału następującej zaraz po rozpoczęciu posuwu roboczego, a następnie poziom sygnału ulega przesunięciu tak, aby w czasie ruchu poza materiałem miał on poziom oscylujący wokół zera. Z części, w której sygnały są tarowane wyznacza się również wartość odchylenia standardowego dla każdego z sygnałów i mnoży się ją przez określony współczynnik. Wynik takiego działania stanowi próg, powyżej którego program wykrywa skrawanie. Po tarowaniu sygnał jest filtrowany za pomocą filtra Butterworth'a oraz ruchomego odchylenia standardowego (z oknem 0.1[s]). Skrawanie jest wykryte wtedy, gdy przez określony czas przekroczony zostanie wyznaczony wcześniej próg. W przypadku, gdy sygnał jest więcej niż jeden, wystarczy wykrycie skrawania na którymkolwiek z nich, aby system uznał, że wykryto skrawanie. Progi i sygnały, na których prowadzone jest wykrywanie skrawania, wybierane jest indywidualnie dla każdej obrabiarki.



Rys. 2. Algorytm wykrywania skrawania
Fig. 2. Cutting detection algorithm

Algorytm selekcji segmentacji

Jako dane wejściowe niezbędne będą: segmenty sygnałów (trwające 0.5 [s], otrzymywane kolejno).

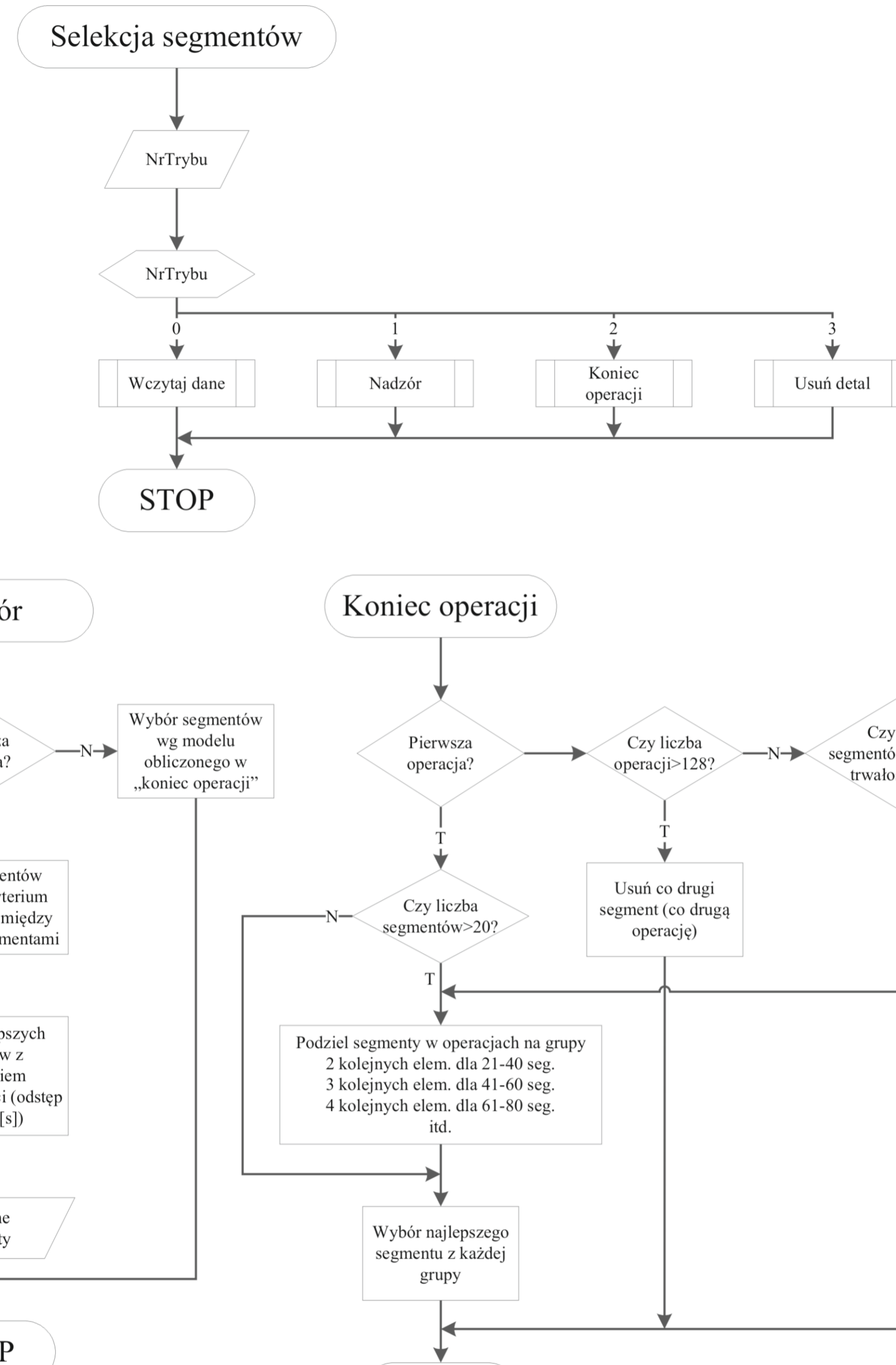
Pierwszy okres trwałości:

Pierwsza operacja: Odbierane segmenty będą łączone w grupy 6 elementowe, które nie mogą łączyć dwóch różnych zabiegów. Do wyznaczania miar brane będą jedynie najlepsze segmenty z każdej grupy.

W ramach każdej grupy oceniane będą 4 segmenty (dwa skrajne nie będą podlegały ocenie). Ocena będzie polegała na obliczeniu wartości RMS każdego segmentu, a następnie zsumowaniu wartości bezwzględnych obliczonych RMS (pomniejszonych o 1) ilorazów pomiędzy stosunkiem analizowanego segmentu i jego sąsiadów. Następnie sumowane będą oceny z poszczególnych sygnałów dla każdego z segmentów. Najlepsze segmenty będą posiadać najniższą ocenę.

Koniec pierwszej operacji:

Maksymalna liczba segmentów z każdej operacji wynosić będzie 20. Jeśli ich liczba będzie większa, należy zachować najlepsze segmenty tak, aby odstęp pomiędzy nimi, był możliwie równomierny (zapewnione to będzie poprzez podzielenie zbioru segmentów na grupy 2-elementowe, jeśli segmentów jest 21-40, 3-elementowe, jeśli 41-60, 4-elementowe itd.; z każdej grupy do dalszej obróbki wybierany będzie segment z najlepszą oceną).



Rys. 3. Algorytm selekcji segmentacji
Fig. 3. Selection of segmentation algorithm

Kolejne operacje:

Zapisywane będą jedynie te segmenty, które podczas poprzednich operacji zostały uznane za wartościowe.

Koniec kolejnych operacji:

Jeśli liczba wszystkich zapamiętanych segmentów jest większa niż 128, to należy odrzucać rodziny segmentów (jako rodzinę segmentów rozumiemy odpowiadające sobie segmenty w kolejnych operacjach) zgodnie z oceną z 1 operacji i zasadą zachowania równomiernego rozłożenia.

Jeśli istnieje tylko jedna rodzina segmentów, a jej liczebność będzie większa niż 128, należy odrzucić wszystkie nieparzyste operacje i zapisywać kolejne z pominięciem kolejnych nieparzystych. Jeśli zajdzie taka potrzeba, należy analogicznie odrzucać jeszcze większą liczbę operacji.

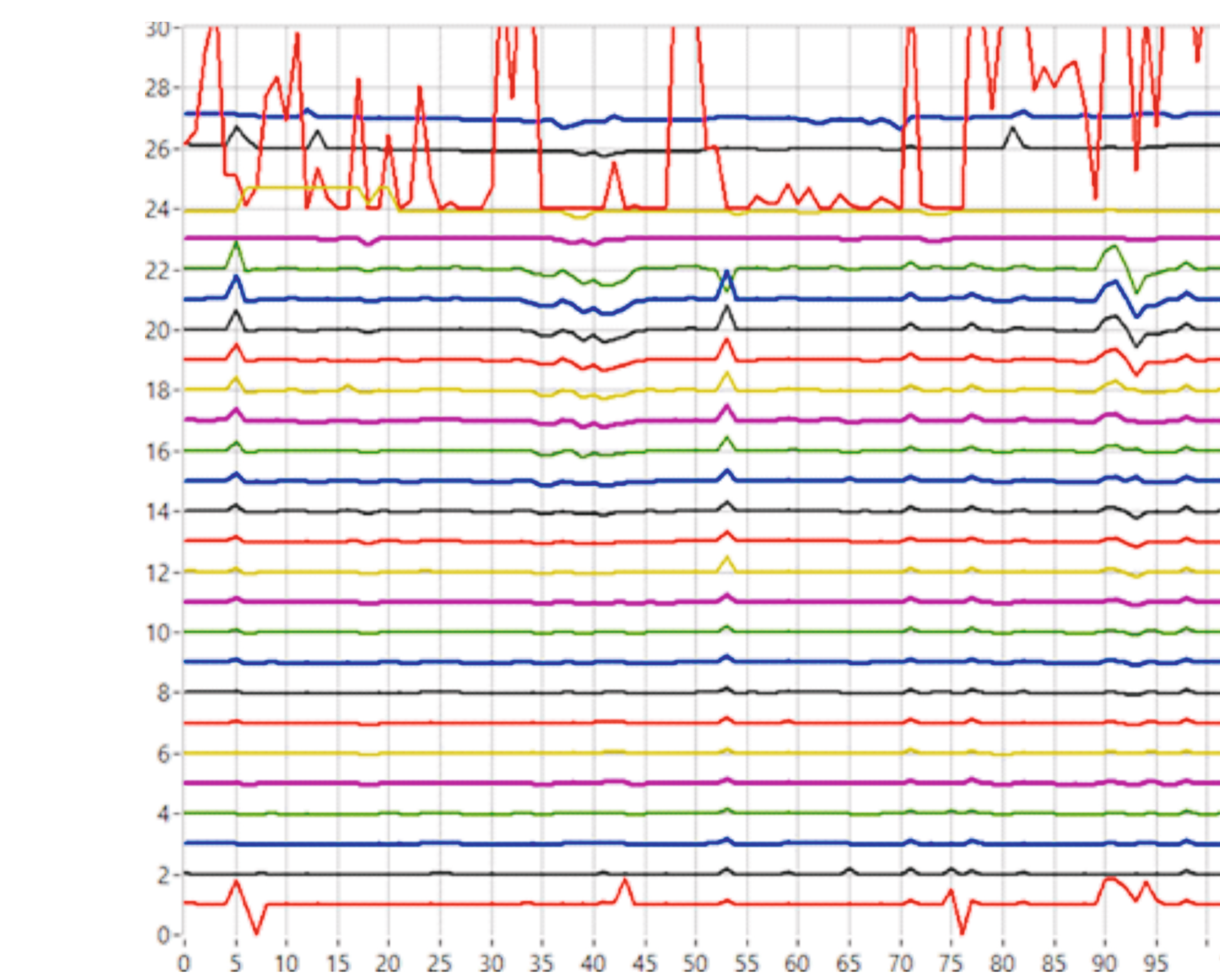
Kolejne okresy trwałości:

Należy zapamiętywać jedynie segmenty, uznane w pierwszym okresie trwałości za przydatne

Wyniki działania programów

Na rysunku nr 6 przedstawiono przebieg wykrywania skrawania, a ilustracja nr 4 powtarzalność wykrywania w kolejnych operacjach obróbki seryjnej. Szczegółowa analiza z operacji, które odbiegają od normy ujawniła, że opracowany algorytm funkcjonuje dobrze, a problemy są wynikiem niskiej jakości zarejestrowanego sygnału.

Na rysunku 9 przedstawiono flagi wyselekcjonowanych segmentów. Przeprowadzono symulację wymiany narzędzi, łącznie z odrzucaniem narzędzia drugiego jako nieuczającego. Program zachował się zgodnie z założeniami, wybierając reprezentatywne dla zużycia naturalnego segmenty.



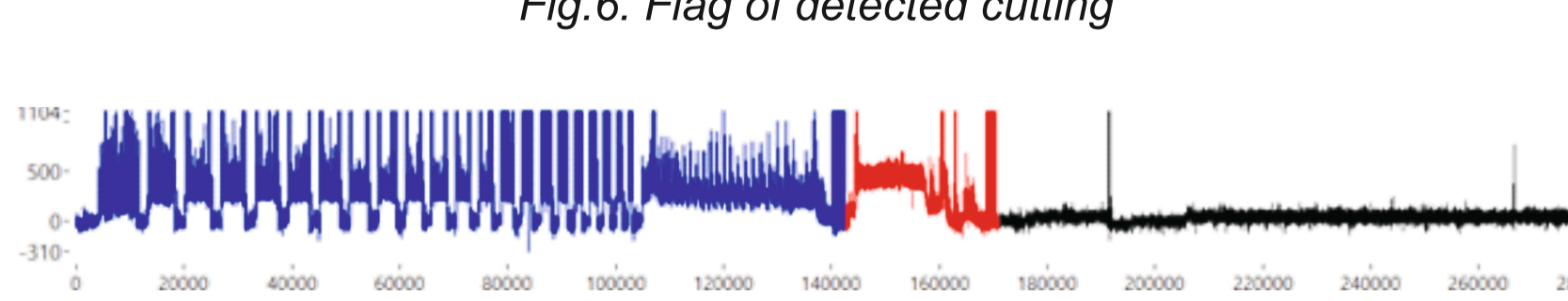
Rys. 4. Odchylenie czasu skrawania z kolejnych operacji od średniej (każda krzywa reprezentuje inny zabieg)
Fig. 4. Deviation of cutting time in the next operation from the average (each curve represents a different procedure)



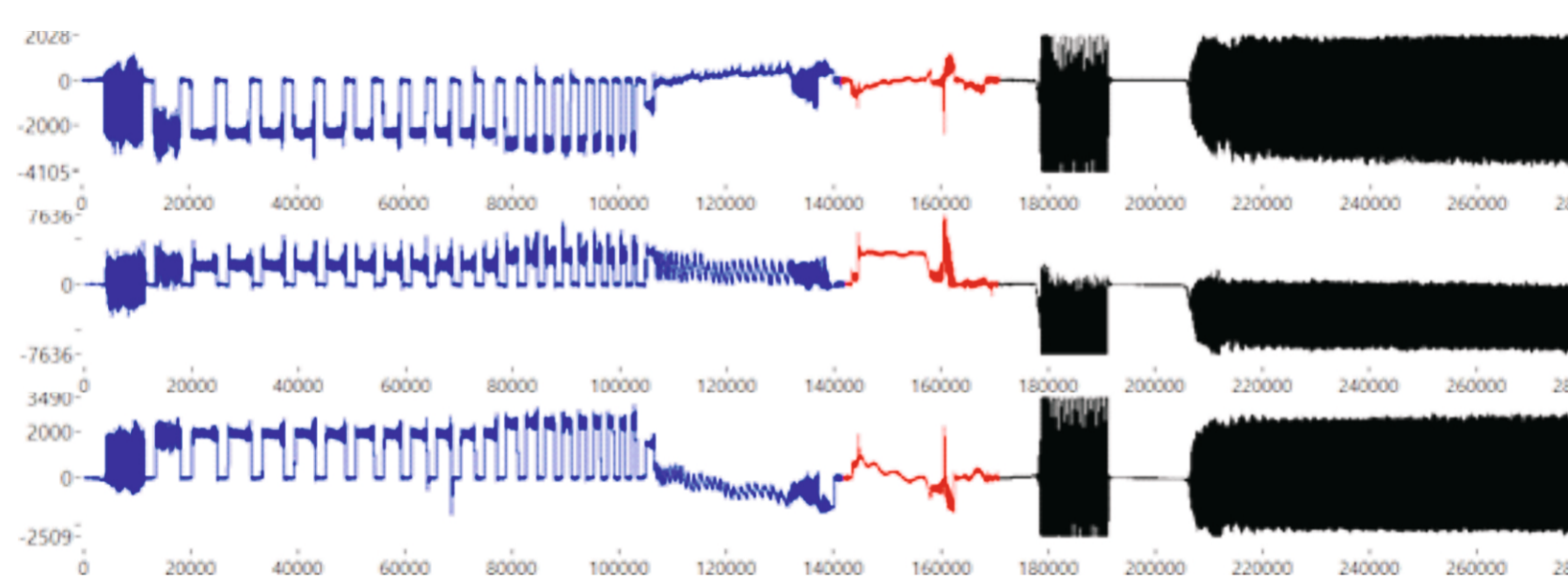
Rys. 5. Przebieg sygnału posuwu roboczego
Fig. 5. Waveform of a signal of working feed



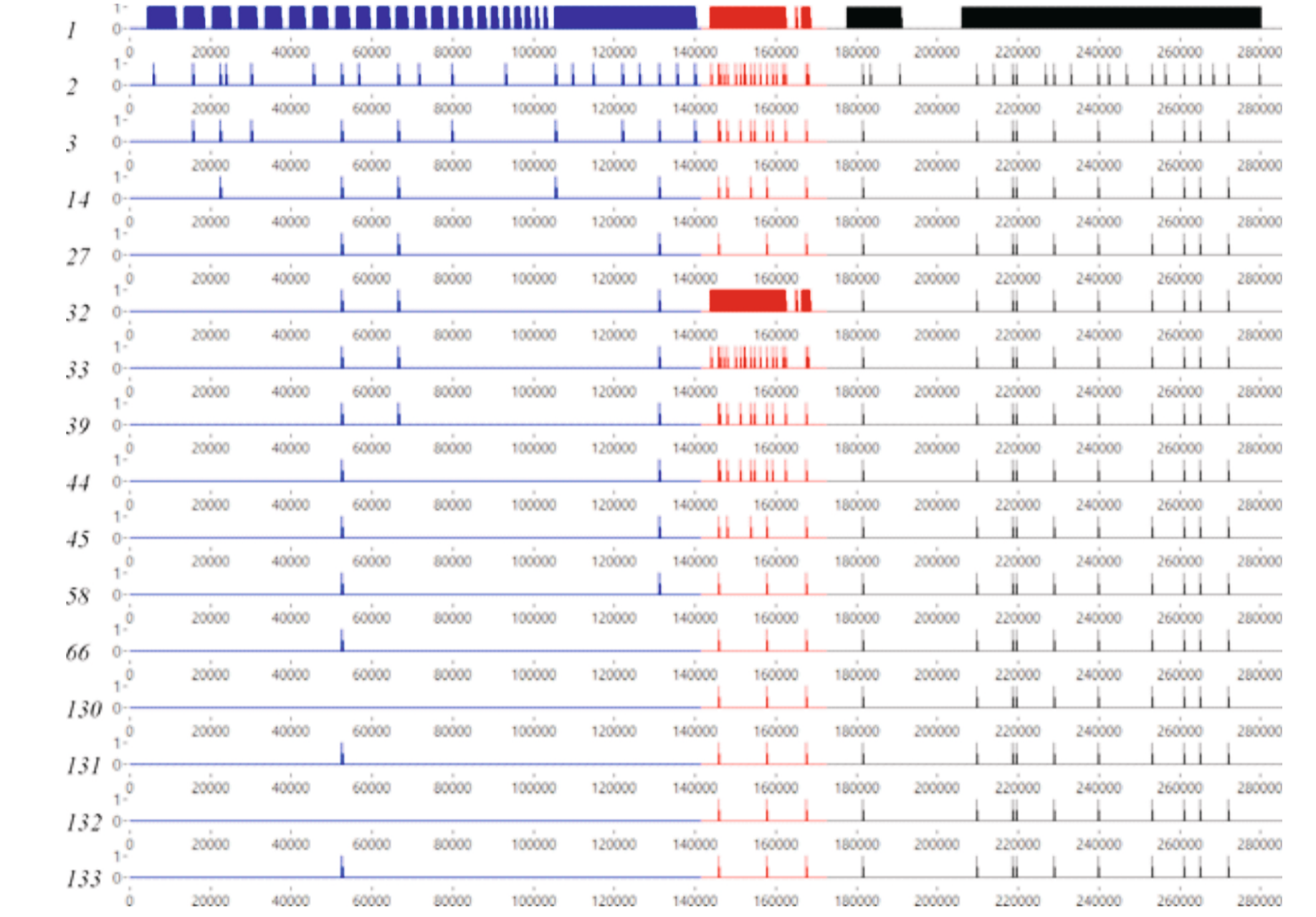
Rys. 6. Flaga wykrytego skrawania
Fig. 6. Flag of detected cutting



Rys. 7. Przebieg sygnału wartości skutecznej emisji akustycznej
Fig. 7. Waveform of RMS of acoustic emission



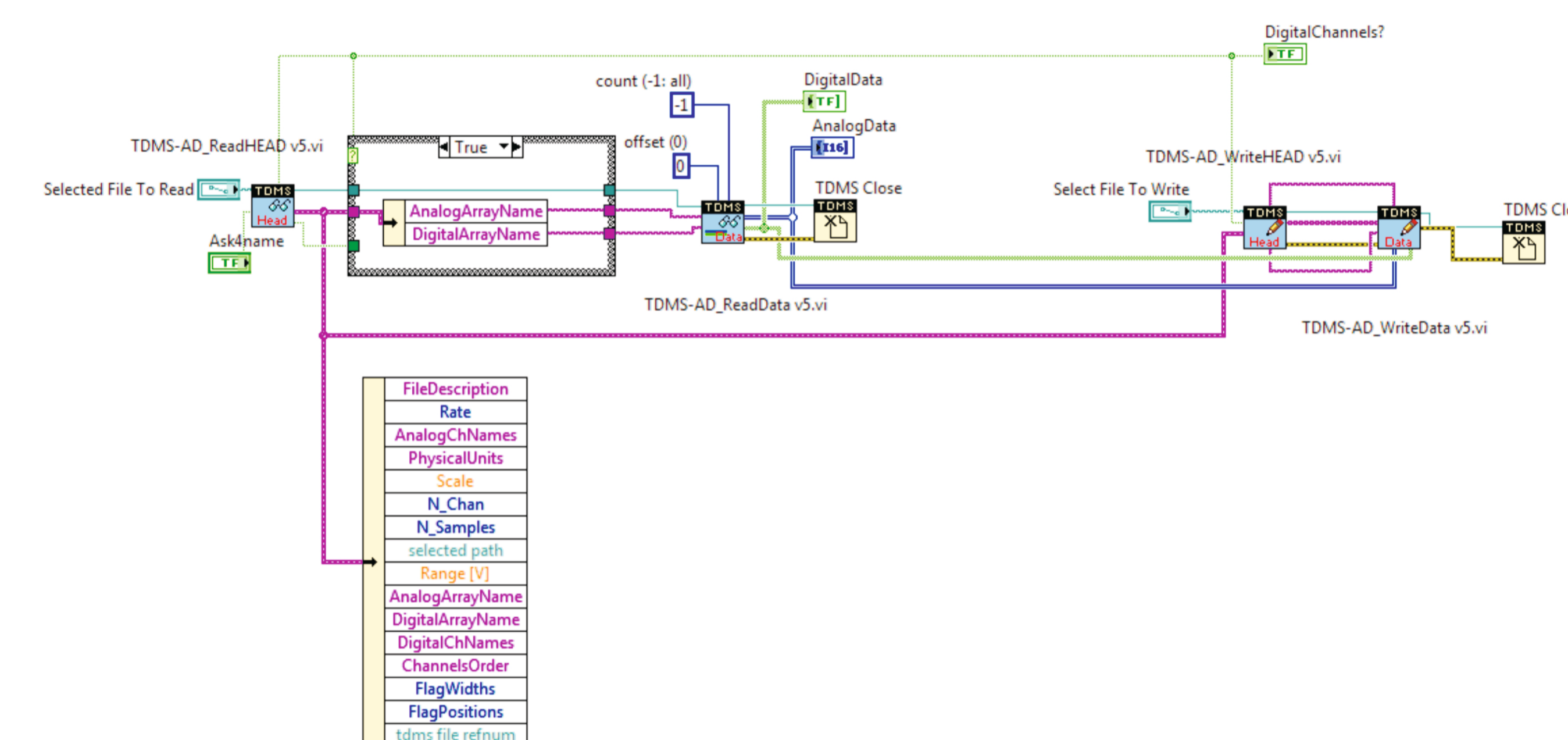
Rys. 8. Przebieg sygnałów sił
Fig. 8. Waveform of cutting forces



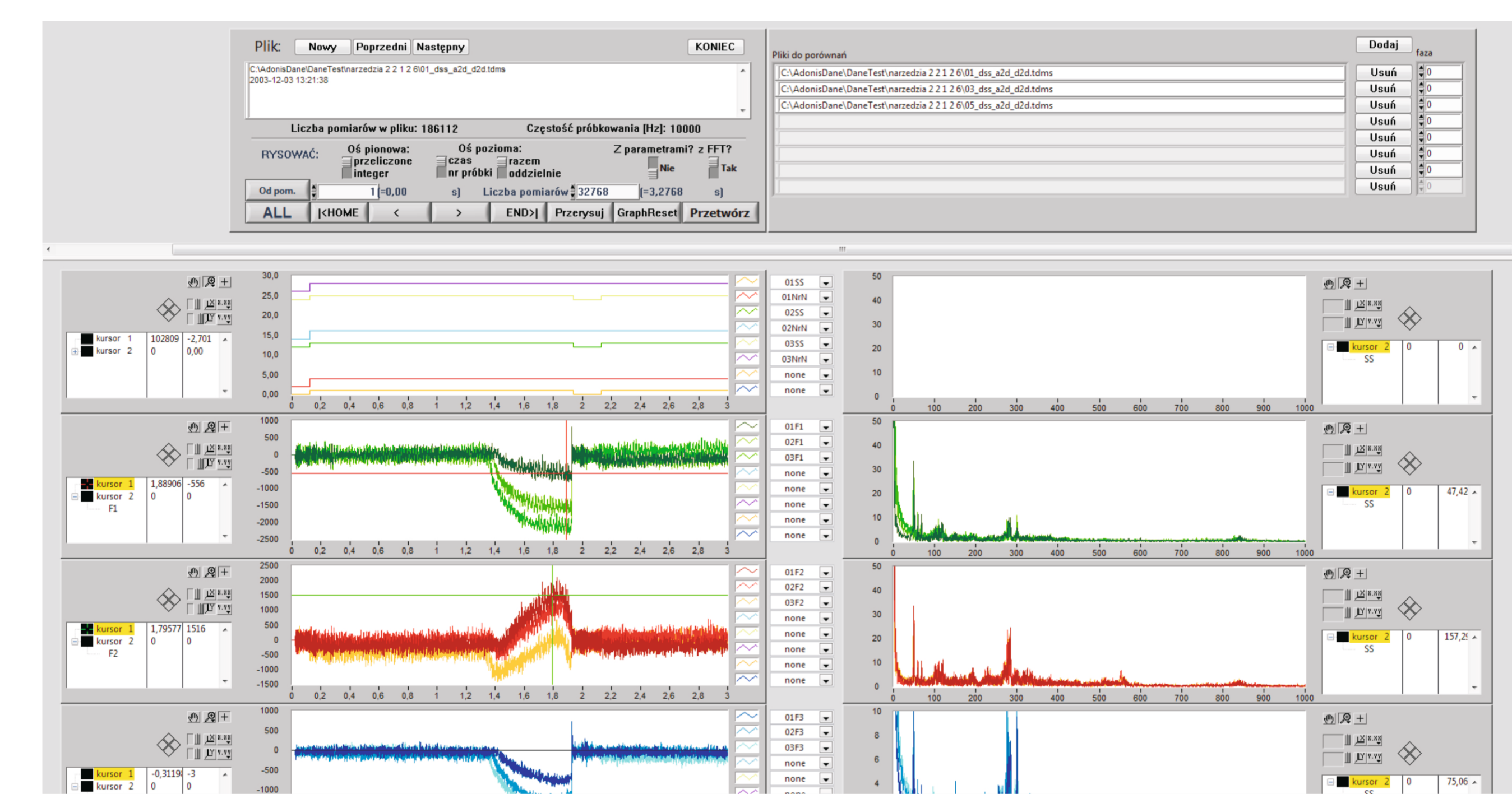
Rys. 9. Flagi wyselekcjonowanych segmentów
Fig. 9. Flags of selected segments

Archiwizacja i analiza danych pomiarowych

Na etapie gromadzenia sygnałów z prowadzonych badań - analogowych z czujników oraz danych cyfrowych ustandaryzowano format plików z danymi (rys. 10) oraz napisano oprogramowanie wyświetlania przebiegów sygnałów analogowych i cyfrowych (rys. 11).



Rys. 10. Funkcje zapisu/odczytu danych pomiarowych do/z pliku
Fig. 10. Functions of Write/Read data acquisition files



Rys. 11. Program do przeglądu sygnałów diagnostycznych
Fig. 11. Diagnostic signals file viewer

Wnioski Conclusions

W ramach zaprezentowanych wyżej badań opracowano nowy bardziej uniwersalny algorytm wykrywania skrawania. Umożliwia on poprawne wykrycie skrawania przy takich sposobach obróbki skrawaniem jak toczenie, wiercenie i frezowanie i wykorzystaniu czujnika sił, emisji akustycznej, drgań lub dowolnej ich kombinacji. Opracowano również algorytm selekcji segmentów sygnału wykorzystywanych przez algorytm szacowania zużycia ostrza. Algorytm ten pozwala na szacowanie zużycia ostrza dla obróbek w których występują bardzo krótkie lub bardzo długie operacje lub okresy trwałości ostrza. Opracowano również program do analizy przebiegów sygnałów oraz analizy pracy układu diagnostycznego. Pozwala on na wyświetlanie pojedynczych plików z zapisem sygnałów z badań doświadczalnych lub przebiegiem pracy układu diagnostycznego lub porównywaniem kilku plików. Możliwe jest również wykonywanie analizy tych sygnałów (miary statystyczne i FFT) a także dokonywanie różnych modyfikacji plików.

The research presented above, shows new and more universal cutting detection algorithm. This allows the correct detection start of machining such as turning, drilling and milling with the use of force sensor, acoustic emission, vibration or any combination thereof. Also was developed an algorithm for signal segments selection to implement it in to algorithm for estimating tool wear. This algorithm allows the estimation of tool wear which have very short or very long period of operations or of tool lives. Also developed a program to analyze waveforms and analysis of the diagnostic software. It allows to display single file stored from experiment or the diagnostic system quality log or to compare several files. It can also perform analysis of these signals (statistical measures and FFT) and making various modifications to files.

Wskaźniki realizacji celów projektu Indicators of the project

Prace mgr, dr, hab.

Prace magisterskie obronione:

- Sebastian Lautsch: **Wykorzystanie modułu FPGA i oprogramowania LabVIEW do detekcji KSO.** Promotor: dr inż. Nejman Mirosław

Prace inżynierskie planowane

- Tomasz Kapeluszy: Budowa wirtualnego generatora sygnałów analogowych i cyfrowych. Promotor: dr inż. Mirosław Nejman, wrzesień 2013
- Dariusz Wojciechowski: Bezprzewodowy system akwizycji sygnałów analogowych Promotor: dr inż. Mirosław Nejman, wrzesień 2013

Prace magisterskie planowane

- Paweł Czachor: **Analiza strategii wykrywania KSO** Promotor: dr inż. Sebastian Bombiński, 20 czerwca 2013