

Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

Modern material technologies in aerospace industry



KONFERENCJA
RADY PARTNERÓW CZT AERONET
i PANELE EKSPERTÓW
25-26 Czerwca 2012

ZB 2

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 Rzeszowska, Politechnika Warszawska

Wyniki badań
Results

Wnioski
Conclusions

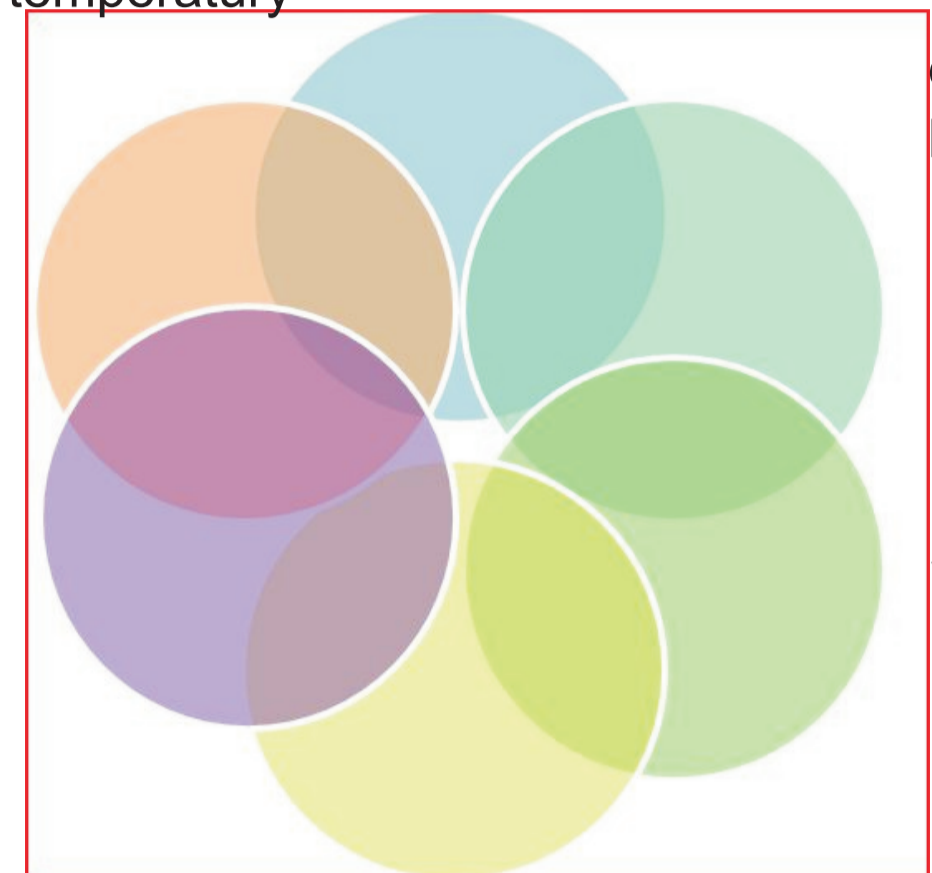
Stopy tytanu - ograniczenia w obróbce skrawaniem

Titanium alloys - limitations in machining.

mały współczynnik przewodności cieplnej – powodujący występowanie bardzo dużych gradientów temperatury i nagrzewanie się warstwy wierzchniej obrabianego materiału do wysokiej temperatury

duża wytrzymałość na ścinanie stopów tytanu

duża reaktywność chemiczna stopów tytanu w temperaturze powyżej 500°C



duże umocnienie stopów tytanu podczas obróbki skrawaniem

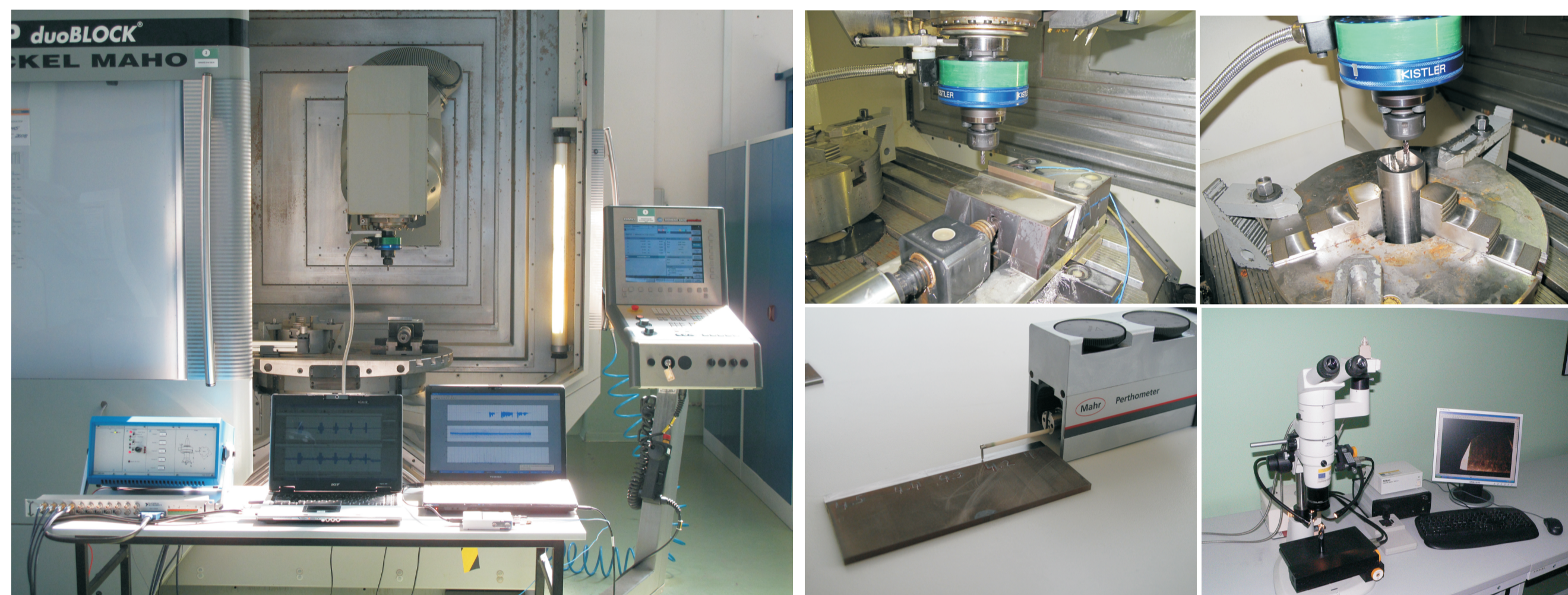
mała sztywność obrabianego przedmiotu, wynikająca z małej wartości modułu Younga (ok. 112 GPa)

intensyfikacja procesów dyfuzyjnych w podwyższonej temperaturze, powodująca m.in. zgrzewanie (nalepanie) skrawanego materiału z narzędziem

Stanoisko badawcze
Badania prowadzono w Laboratorium Badań Materiałów dla Przemysłu Lotniczego Politechniki Rzeszowskiej za pomocą frezarki 5-osiowej DMU 80P. W procesie frezowania zastosowano następujące układy pomiarowe: wartości składowych siły skrawania, amplitudy i częstotliwości drgań, zużycia ostrza skrawającego, chropowatości powierzchni obrabianej

Location of conducted research
The investigations were carried out in the Research and Development Laboratory for Aerospace Materials at Rzeszów University of Technology with a use of the 5-axis DMU 80P milling machine.

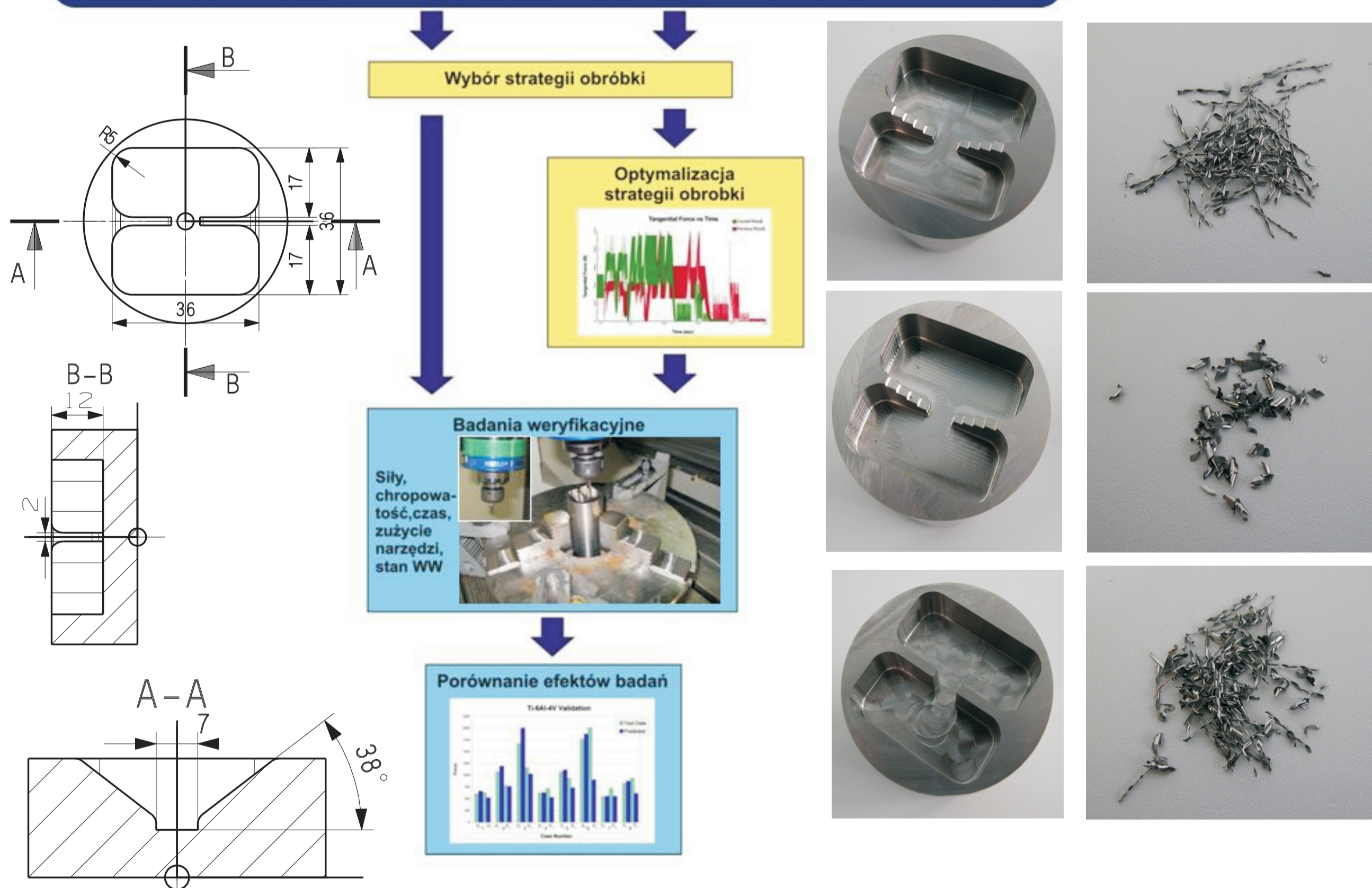
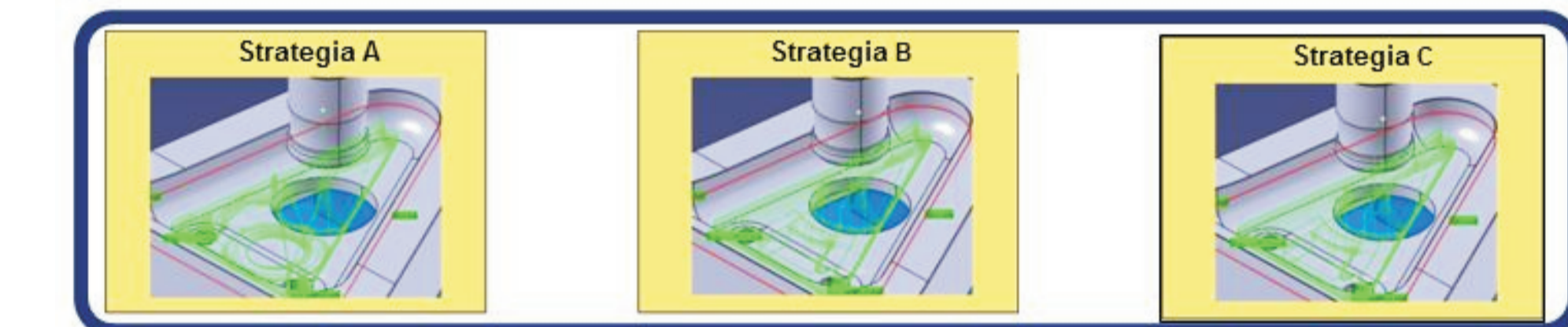
During the milling process the following parameters were measured: components of the cutting force, amplitudes and frequencies of the vibrations, wear of the cutting edge, roughness of the machined surface



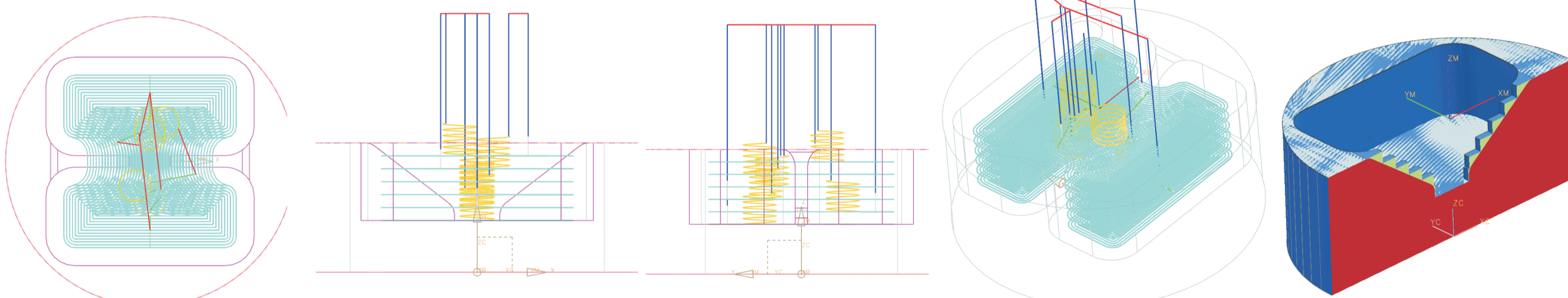
Rys.1. Stanoisko badawcze

Optymalizacja procesu obróbki skrawaniem elementów cienkościennych, wykonanych ze stopu tytanu Ti6Al4V.

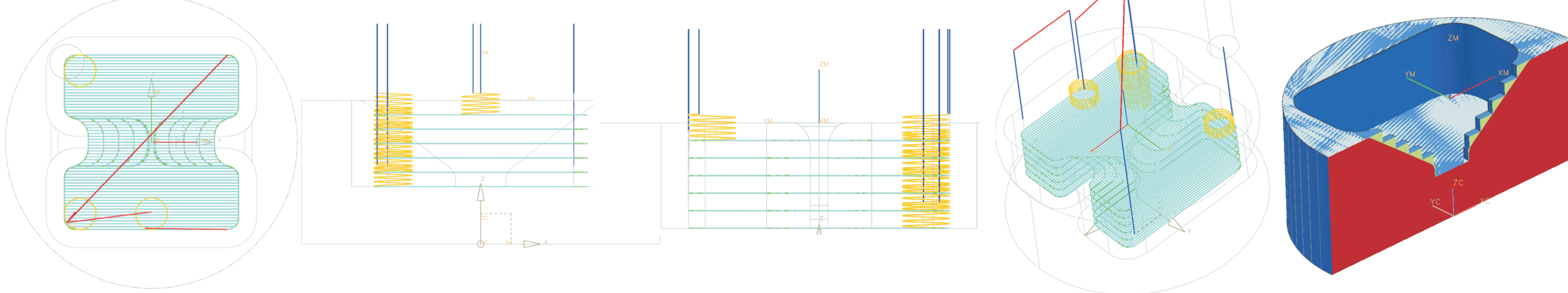
Optimization of the machining process of the thin-walled elements, made of the Ti6Al4V titanium alloy



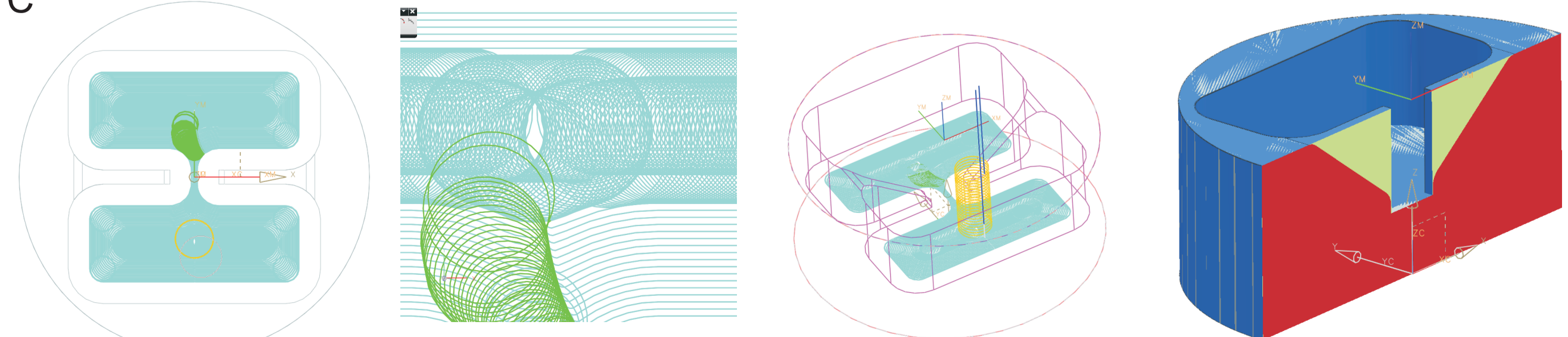
A $v_c = 80$ $f_z = 0.05$ $ap = 2$ mm $ae = 0.5$ mm $t = 12$ min $dl = 9779$



B $v_c = 80$ $f_z = 0.05$ $ap = 2$ mm $ae = 0.5$ mm $t = 12$ min

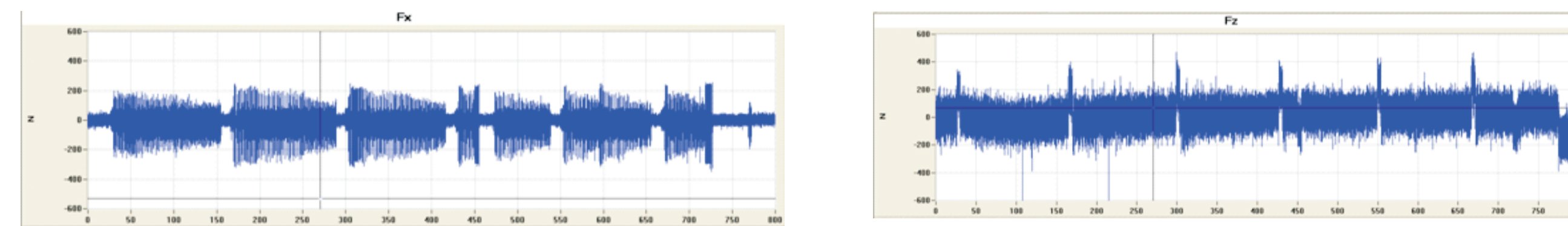


C $v_c = 80$ $f = 0.1$ $ap = 12$ mm $ae = 0.5$ mm $t = 7.05$ min $dl = 11129$



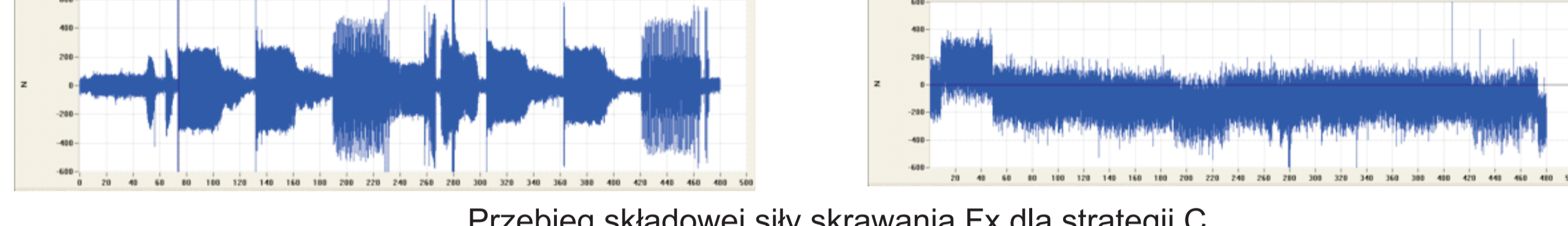
Przebieg składowej siły skrawania Fx dla strategii A

The course of the cutting force Fx for strategy A



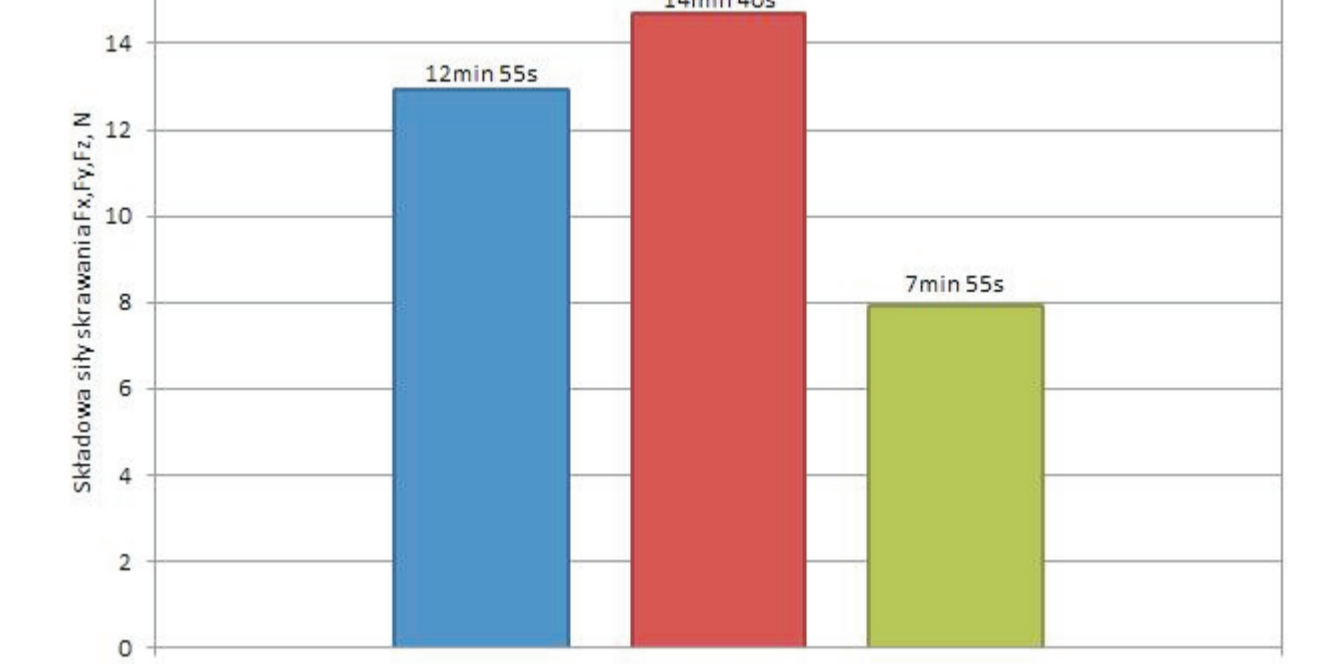
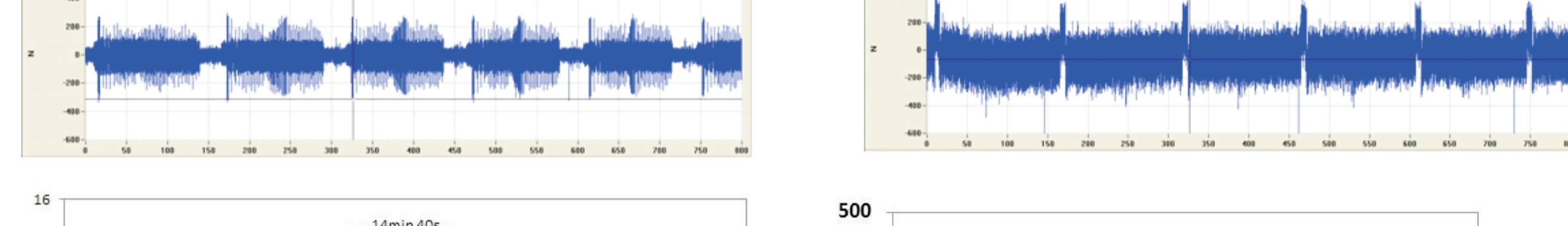
Przebieg składowej siły skrawania Fx dla strategii B

The course of the cutting force Fx for strategy B



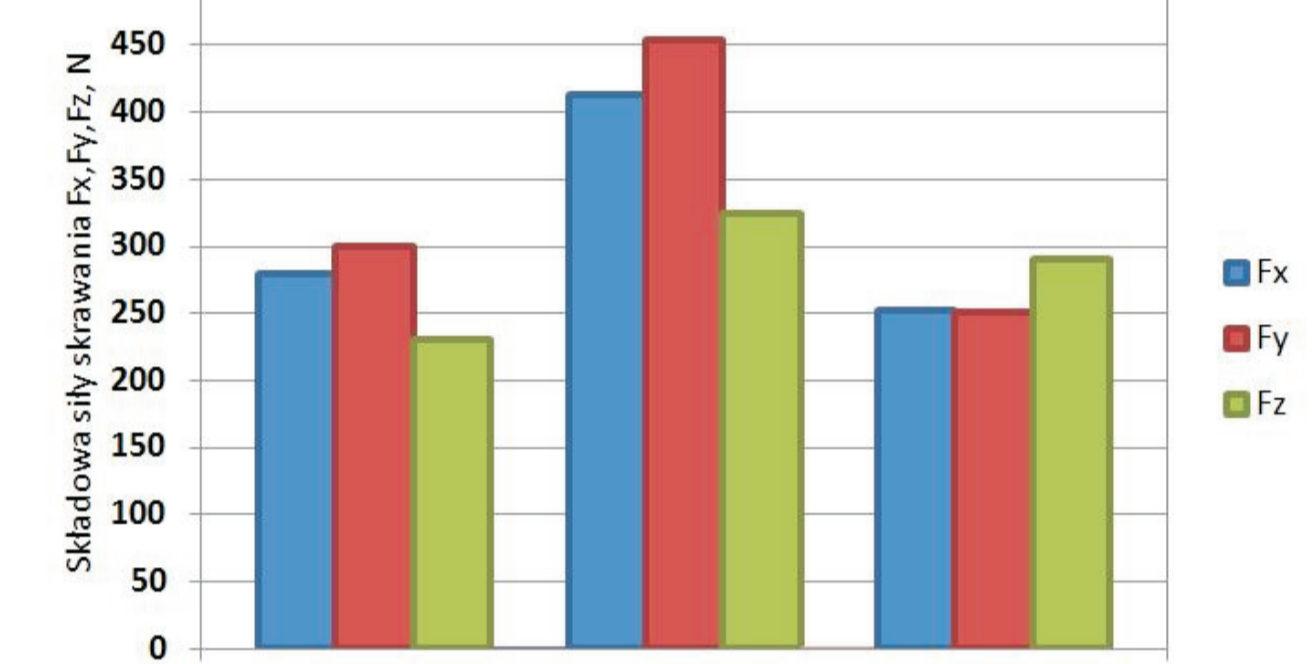
Przebieg składowej siły skrawania Fx dla strategii C

The course of the cutting force Fx for strategy C



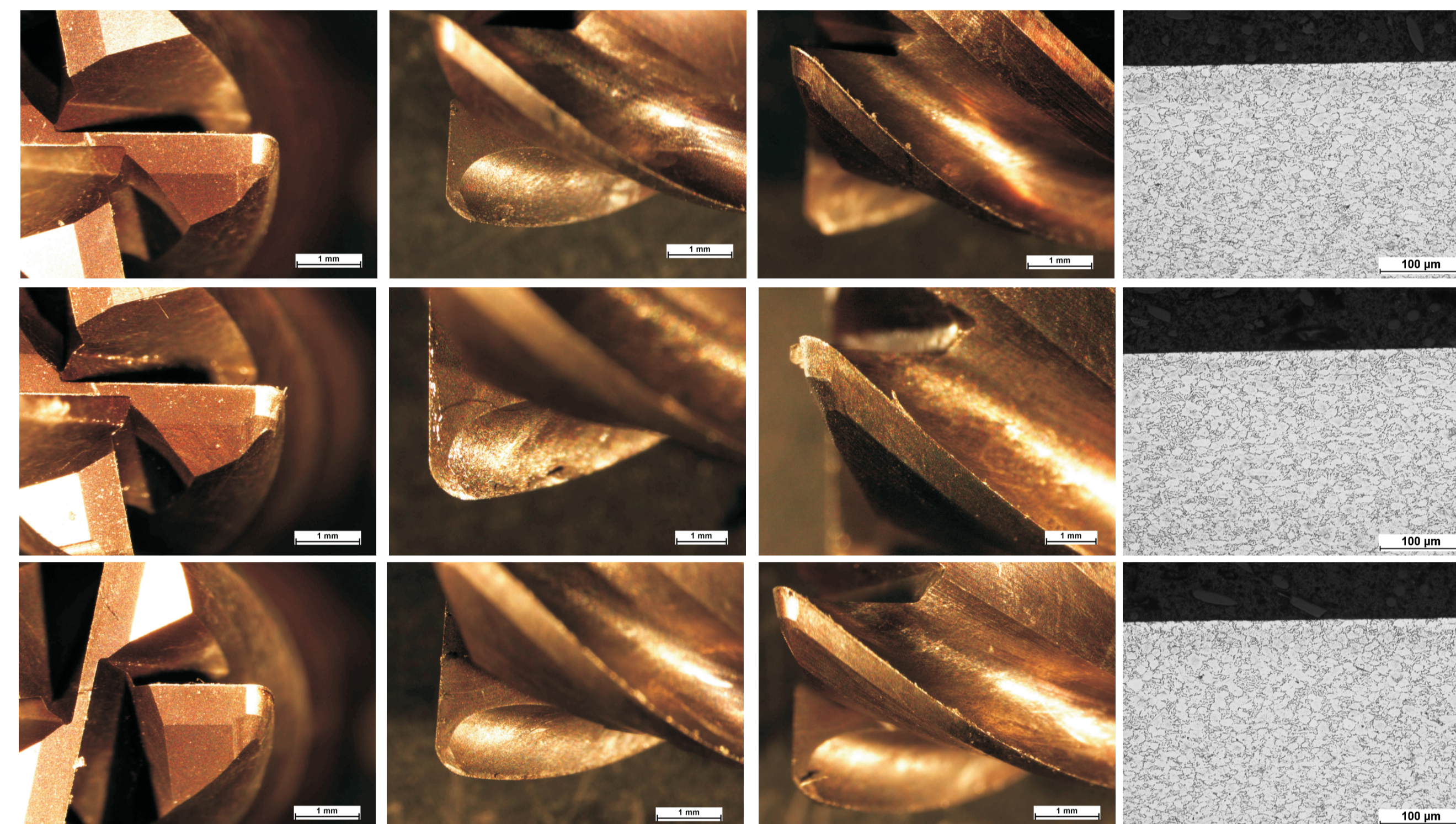
Rys. 2. Porównanie czasów obróbki dla trzech strategii

Fig. 2. Comparison of working time for three strategies



Rys. 3. Wartości składowych siły skrawania dla trzech strategii

Fig. 3. Components of cutting force for three strategies



Rys. 4. Zużycie ostrzy skrawających oraz mikrostruktura warstwy wierzchniej dla klejonej strategii A, B, C.

Fig. 4. Wear of the cutting tool edges and microstructure of the top coat for, respectively, A, B and C strategies.

Stabilność procesu frezowania cienkościennych elementów ze stopu Ti6Al4V, stosowanych w konstrukcjach lotniczych.

Optimization of the machining process of the thin-walled elements, made of the Ti6Al4V titanium alloy.

W ramach badań prowadzono obróbkę wykończeniową elementu cienkościennego o grubości 3 mm, z zastosowaniem następujących wartości parametrów nastawnych procesu:

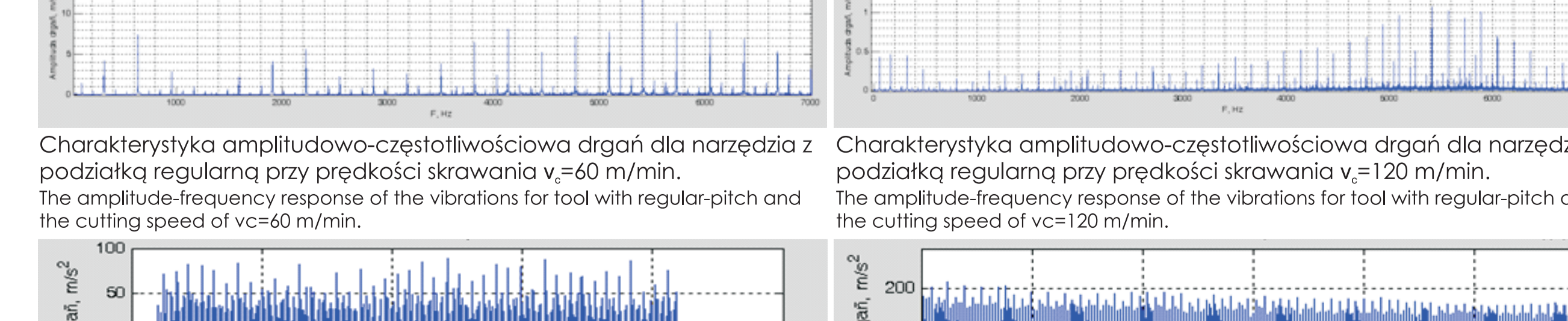
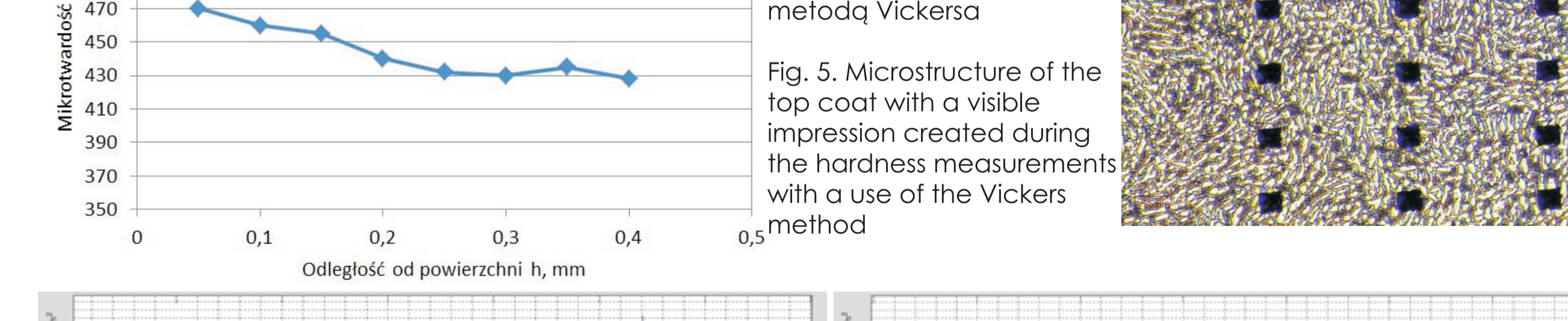
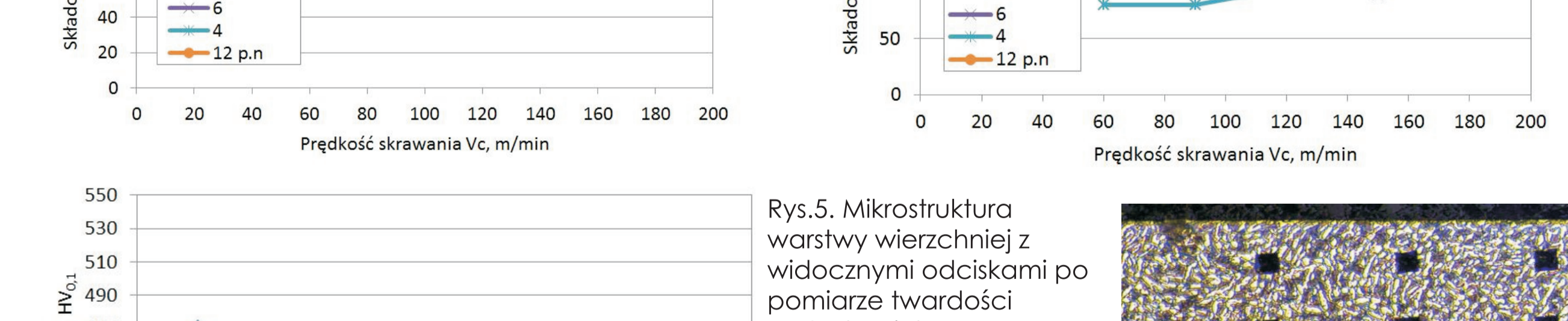
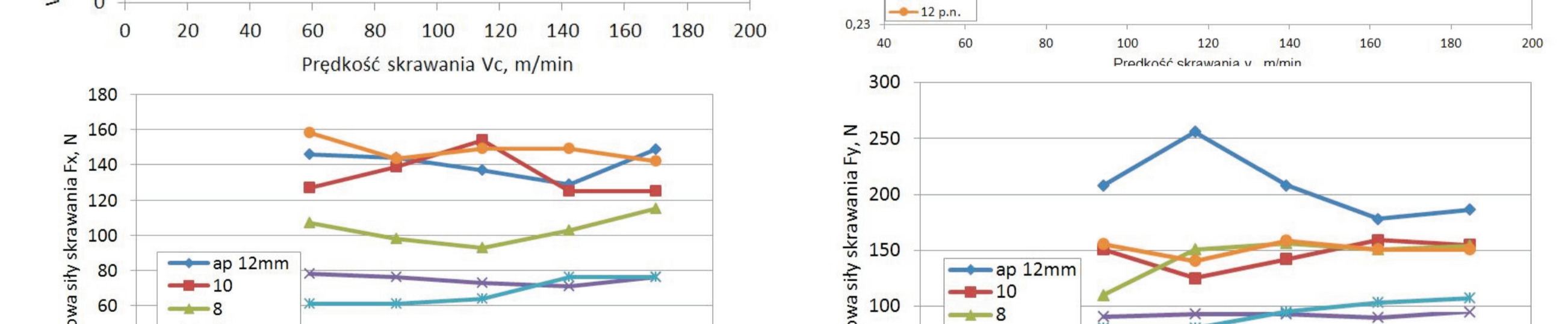
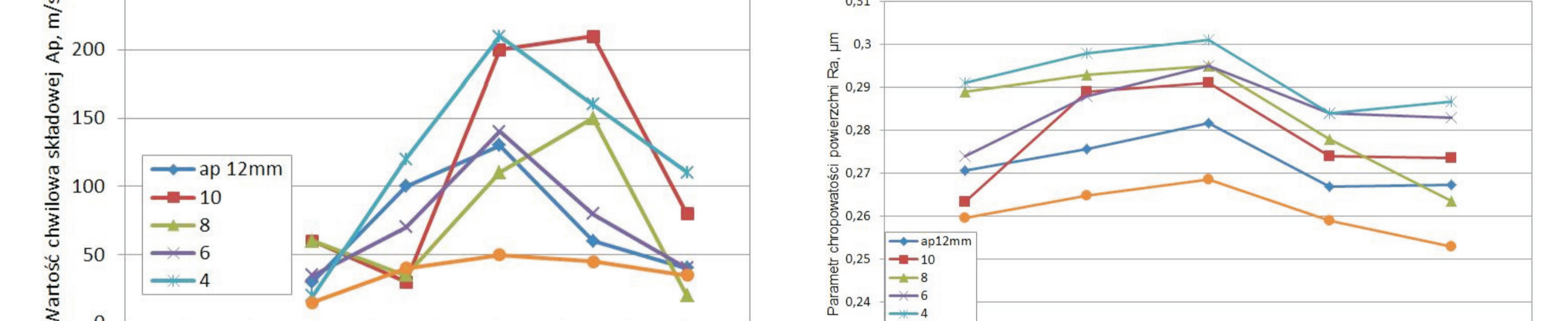
- prędkość skrawania $v_c = 60; 90; 120; 150; 180$ m/min,

- posuw $f_z = 0,05$ mm/ostre,

- głębokość skrawania $ap = 4; 6; 8; 10; 12$ mm,

- dosuw $ae = 0,4$ mm,

Badania prowadzono dla monolitycznych frezów palcowych o średnicy 6 mm, z podziałką regularną i nieregularną.



1. Optymalizacja procesu obróbki skrawaniem elementów cienkościennych, wykonanych ze stopu tytanu Ti6Al4V
- największą wydajnością charakteryzowała się obróbka z zastosowaniem strategii C, czas obróbki w porównaniu do strategii A i B był dwukrotnie krótszy. Wydajności obróbki ze strategiami A i B były porównywalne,
- najmniejsze wartości składowych siły skrawania zarejestrowano podczas obróbki z zastosowaniem strategii C,
- najlepszą jakością powierzchni uzyskano po obróbce z wykorzystaniem strategii A. (jednakże to kryterium nie determinuje wybór optymalnej strategii, ponieważ jest to obróbka zgróbną),
- zużycie ostrza skrawającego dla każdej strategii było porównywalne.
- Nie zaobserwowano istotnego wpływu obróbki skrawaniem na mikrostrukturę warstwy wierzchniej powierzchni obrabianej,
- biorąc pod uwagę powyższe kryteria do dalszych badań mających na celu optymalizację procesu obróbki kieszeni ze stopu Ti6Al4V, wybrano strategię C,

2. Stabilność procesu frezowania cienkościennych elementów ze stopu Ti6Al4V, stosowanych w konstrukcjach lotniczych.
- w zakresie prowadzonych badań stwierdzono, że głównym czynnikiem wpływającym na charakter sygnału jest prędkość obrotowa,
- najwyższy poziom drgań zarejestrowano dla narzędzia z podziałką regularną, przy prędkości $v_c = 120$ m/min, i głębokości $ap = 12$ mm,
- skuteczną metodą redukcji drgań samowzbudnych jest zastosowanie narzędzie z podziałką nieregularną. Poziom drgań podczas obróbki narzędziem z podziałką nieregularną jest kilkukrotnie mniejszy niż dla narzędzia z podziałką regularną, dla prędkości obrotowej $v_c = 120$ m/min,
- planowane są dalsze badania obróbki skrawaniem elementów cienkościennych z zastosowaniem narzędzie z podziałką nieregularną dla szerszego zakresu nastawnych parametrów, oraz weryfikacja uzyskanych rezultatów z wynikami symulacji z systemu CutPro,

1. Optimization of the machining process for thin-walled elements, made of Ti6Al4V titanium alloy.
- Working of the sample performed according to strategy C was characterized by the highest efficiency. Duration of working was two times shorter than in case of strategy A and B. The working efficiency for both the A and B strategy was comparable.
- the smallest components of cutting force were measured during the working according to the strategy C,
- the best quality of surface was obtained for the working according to the strategy A (it is a roughing process, therefore this criterion doesn't determine the optimal strategy),
- wear of the cutting edge for each strategy was comparable,
- no significant influence of machining on the microstructure of the top coat of worked surface was observed,
- the strategy C was selected, after consideration of presented criteria which were formulated in order to optimize the working process for pocket made of the Ti6Al4V alloy.

2. Stability of the milling process performed on thin-walled elements made of the Ti6Al4V alloy, used for aircraft designs.
- It has been established during the conducted research that the main factor influencing the signal nature is the rotational speed,
- highest level of vibrations were observed for the tool with regular-pitch and the velocity of 120 m/min, and depth of $ap = 12$ mm,
- application of the tool with irregular-pitch is an effective method of reduction of the self-induced vibrations level of vibrations during the working with a use of the tool with irregular pitch is couple times lower
- than in case of tool with regular pitch, for the rotational speed of 120 m/min,
- the further investigations are planned; machining of the thin-walled elements with a use of tools with irregular-pitch, for broader range of controlled variables as well as the verification of obtained results including the results simulation with a use of CutPro software.

Przykłady zastosowania w lotnictwie

Examples of application in aviation



Rys.6. Przykładowy element cienkościenny ze stopu tytanu wytwarzany w WSK „PZL-Rzeszów” S.A., dla którego będzie prowadzona implementacja wyników badań.

Fig.6. The exemplary thin-walled element made of titanium alloy manufactured by WSK-„PZL Rzeszów”, for which the implementation of the research result will be performed.

Przykłady współpracy z przemysłem lotniczym

Collaboration with aviation industry

Podjęto tematykę prowadzonych badań wynikającą z problemów z obróbką cienkościennych elementów wykonanych ze stopów tytanu, wytwarzanych w WSK „PZL-Rzeszów” S.A. Wyniki badań umożliwią poprawę stabilności i wzrost wydajności procesu obróbki skrawaniem. Examples of cooperation with aircraft industry The presented subject area of investigations results from problems concerning the working of the thin-walled elements made of titanium alloys and manufactured by WSK-„PZL Rzeszów”. The analysis of research results makes possible to improve the efficiency of machining process.

Wskaźniki realizacji celów projektu

Indicators of the project

Publikacje w realizacji:
Mucha M, Ostrowski R. - Optymalizacja kodów CNC z uwzględnieniem układu maszyna-przyrząd-detale podczas wytwarzania części lotniczych..

Prace hab., dr, mgr w realizacji:
Praca doktorska w realizacji:
R. Ostrowski: „Narzędzia z ostrzami PKD do obróbki materiałów lotniczych”.