

Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym Modern material technologies in aerospace industry

Opracowanie zaawansowanych procesów obróbki HSM trudnoobrabialnych stopów lotniczych Development of advanced processes of HSM of almost unworkable aeronautical alloys

Politechnika Rzeszowska, Politechnika Lubelska, Politechnika Łódzka, Politechnika Warszawska

Badanie wskaźników jakościowych procesu skrawania stopu tytanu na osnowie fazy międzymetalicznej TiAl(γ)

Quality indicators in finish turning intermetallic titanium alloy TiAl(γ).

Wytwarzanie części ze stopów tytanu na osnowie fazy międzymetalicznej TiAl jest szczególnie trudne ze względu na niską skrawalność, która wynika ze specyficznych właściwości stopu: dużej twardości i kruchosci, aktywności chemicznej oraz małej przewodności cieplnej. Dodatkowo w trakcie procesu skrawania powstają uszkodzenia powierzchni obrabianej. Stąd występuje konieczność opracowania efektywnych sposobów obróbki pozwalających na zwiększenie wydajności wytwarzania, obniżenie kosztów oraz uzyskanie wyrobu o dużej jakości. Z tego względu materiałom narzędziowym stawia się coraz większe wymagania, a jednocześnie poszukuje się również optymalnych warunków obróbki tych nowoczesnych materiałów. Poza uzyskaniem dużej wydajności procesu w obróbie wykończeniowej kluczowe znaczenie ma jakość powierzchni, której kształtowanie jest wynikiem odwzorowania kinematyczno-geometrycznego krawędzi ostrza skrawającego w materiale oraz oddziaływanie fizyczno-chemiczne. Na kształtowanie powierzchni obrabianej ma więc wpływ geometria ostrza skrawającego, wartości parametrów procesu skrawania, charakter oddziaływanego ostrza skrawającego z materiałem obrabianym, zużycie wkładki ostrzowej oraz warunki występujące podczas procesu - obciążenia mechaniczne, termiczne i chemiczne.

Jakość powierzchni obrabianej oraz stan technologicznej warstwy wierzchniej wpływa w znacznym stopniu na właściwości eksploatacyjne wytwarzanych elementów od których wymaga się dużej niezawodności.

Celem prowadzonych badań jest badanie wskaźników jakościowych procesu skrawania stopu tytanu na osnowie fazy międzymetalicznej TiAl(γ). W ramach pracy prowadzono badania wpływ parametrów skrawania (prędkość vc, posuwu f oraz głębokości ap) na składowe całkowitej siły skrawania z zastosowaniem siłomierza piezoelektrycznego. Prowadzone badania również badania stanu warstwy wierzchniej. Ze względu na warunki procesu warstwa wierzchnia może być silnie odkształcana oraz mogą pojawiać się uszkodzenia cieplne powierzchni obrabianej włącznie z powstawaniem "białej warstwy". Pomiar siły skrawania jest istotny, ponieważ zwiększa się jej wartość wraz ze zużyciem ostrza narzędziowego oddziałując na mikrostrukturę warstwy wierzchniej powodując umacnianie materiału, odkształcenie powierzchni obrabianej oraz powstawanie błędów kształtu. Dodatkowo wysoka temperatura procesu skrawania i zmiana morfologii składników fazowych powierzchni obrabianego detalu może być przyczyną zmniejszenia wytrzymałości zmęczeniowej - zwiększa się tendencja do inicjacji i rozwoju mikropęknięć.

Introduction

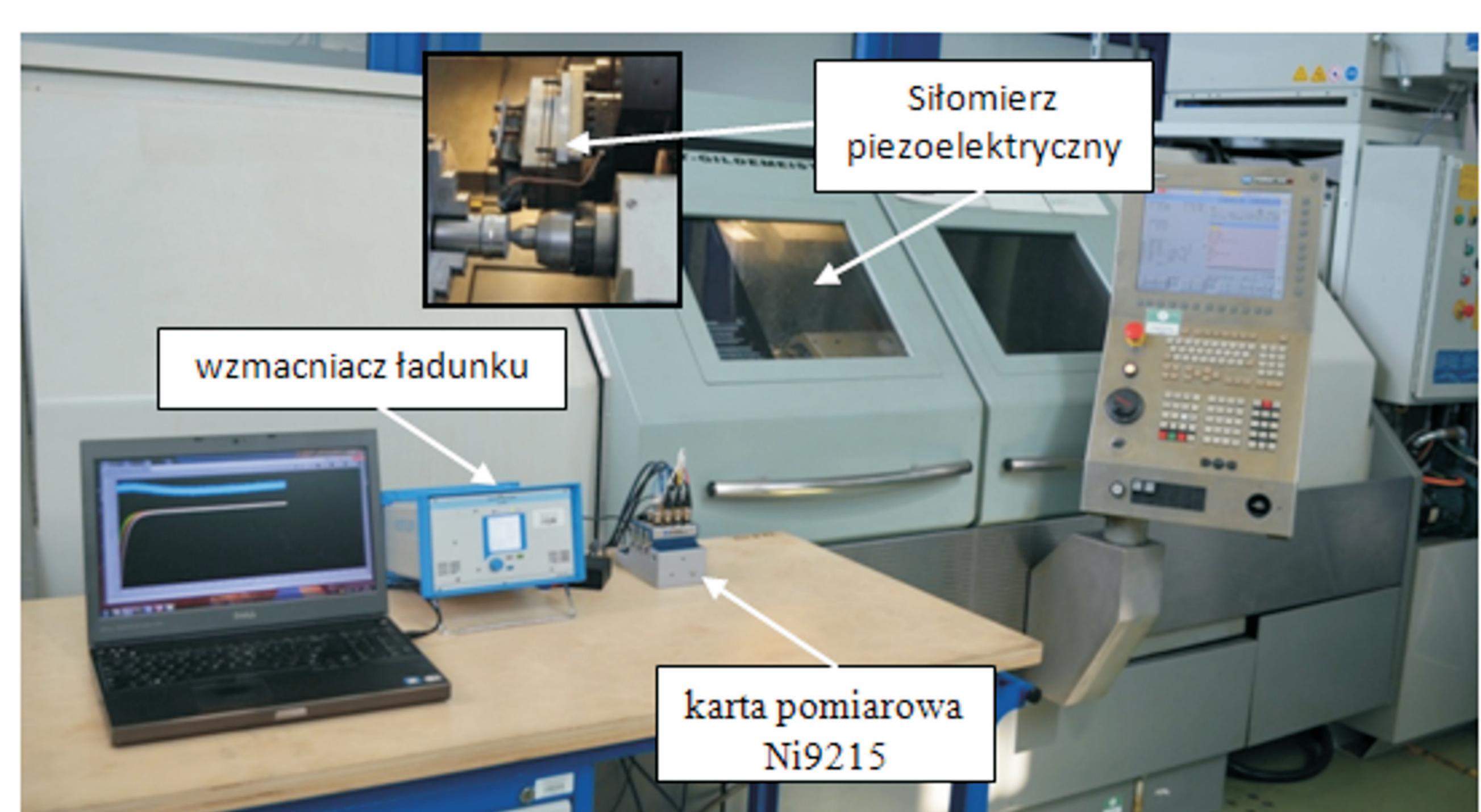
Machining of intermetallic titanium alloy TiAl is difficult due to low machinability, which results from specific properties: high hardness and brittleness, chemical activity and low thermal conductivity. Additionally, during the cutting process damaged machined surface. Hence there is a need to develop effective treatments for increasing manufacturing efficiency, reduce costs and to obtain a product of high quality materials. Therefore, the tool makes the ever-increasing demands, while also looking for optimum processing conditions this modern materials. In addition to obtaining a high process finishing operations is important to the quality of the surface, wherein the forming is the result of geometric cutting edge in material and the impact of physical and chemical [9-10]. The contoured surface of the workpiece is therefore influence the geometry of the cutting edge, the cutting process parameters, the nature of the impact of a cutting edge of the work material, the cutting tool wear and conditions during the process - to mechanical stress, thermal and chemical properties. Surface quality and technological surface layer influence characteristics of manufactured components which require high reliability.

The aim of the research is to study the qualitative indicators during machining titanium alloy TiAl(γ). As part of the work was study the effect of cutting parameters (vc speed, feed and depth ap f) for components of cutting force using piezoelectric dynamometer. Also studies were conducted examination of the surface layer. Because of the process conditions the machining surface can be strongly deformed and may appear heat damage work surface including the formation of "white layer". The measurement of the cutting force is significant because increasing its value as a cutting tool wear affects the microstructure of the surface layer will strengthen the material, deformation of the workpiece and the formation of shape errors. Additionally, high temperature process of cutting and changing the morphology of the phase components of the workpiece surface can be reduced and the fatigue resistance - increases, the tendency for the initiation and development of microcracks

Stanowisko badawcze

Badanie wpływu parametrów skrawania: prędkości skrawania vc, posuwu f i głębokości skrawania ap oraz materiał ostrzy narzędzi skrawających na wartość całkowitej siły skrawania i parametry chropowatości powierzchni obrabianej prowadzono z użyciem tokarki NEF 600 z układem sterowania Fanuc 200i (rys.1). Pomiar całkowitej siły skrawania prowadzono z zastosowaniem siłomierza piezoelektrycznego Kistler 9257B o zakresie pomiarowym ±5kN (rys.2) - przytoczony za pomocą oprawki VDI do głowicy. Sygnał z siłomierza przekazywany jest do wzmacniacza ładunku typu 5070 i transmitowany do komputera przez złącze USB dla pomocy 16-bitowego przetwornika analogowo cyfrowego NI9215 firmy National Instruments o zakresie pomiarowym ±10V. Wizualizację, przetwarzanie i zapisywanie sygnału prowadzono za pomocą programu opracowanego w środowisku LabVIEW. Częstotliwość próbkowania sygnału ustalono na 1kHz.

Research on the influence of cutting parameters: cutting speed vc feed f and the depth of cut ap and cutting tool material on the value of cutting force and machined surface roughness parameters was carried out using a lathe NEF 600 with Fanuc 200i control system (fig.1). Measurement of cutting force carried out using a piezoelectric Kistler dynamometer 9257B measuring range ±5kN (Fig.2) - fixed by VDI holders to the head. Signal from the gauge is transmitted to the charge amplifier Type 5070 and transmitted to the PC via USB using the 16-bit analog-digital converter NI9215 National Instruments measuring range ± 10V. Visualization, signal processing and recording was carried out using a program developed in the LabVIEW environment. The sampling rate of the signal was set at 1 kHz.



Rys. 1 Stanowisko badawcze

Fig. 1 The test stand

Wyniki badań Results



Rys. 2 Schemat układu pomiarowego składowych całkowitej siły skrawania
Fig. 2. Schematic of the measuring system components of cutting force

Metodyka badań

Jako podstawową operację przyjęto toczenie wzdużne. Zastosowano wkładki ostrzowe wykonane z węglkiem spiekanej - CNMG 120412-SM 1115 oraz regularnego azotku boru - CNGA 120412S01530B 7525. Zastosowano wodny roztwór cieczy chłodząco - smarzącej Statoil ToolWay S465 o stężeniu 6,5%. Ustalono następujące parametry skrawania (tab.1).
As the basic operation assumed longitudinal turning. Used cutting inserts made of cemented carbide - CNMG 120412-SM 1115 and cubic boron nitride - CNGA 120412S01530B 7525 for cooling used lubricant Statoil ToolWay S465 at a concentration of 6,5%. The following machining parameters (Tab.1)

Tabela 1. Parametry skrawania
Table 1. Cutting parameters

Wkładka ostrzowa	CNMG 120412-SM 1115	CNGA 120412S01530B 7525
Oprawka	DCLNL 2525M 12	
Prędkość skrawania v_c , mm/min	30-70	90-210
Głębokość skrawania a_p , mm	0,15-0,35	
Posuw f, mm/obr.	0,05-0,15	

Material obrabiany

Badania prowadzone na elemencie w kształcie walca o średnicy 70 mm wykonanego ze stopu tytanu na osnowie fazy międzymetalicznej TiAl(γ) - Ti-45Al-5Nb-0,2B-0,2C. Właściwości fizyczne materiału przedstawiono w tab.2.

Studies carried out on an item in the shape of a cylinder with a diameter of 70 mm made of intermetallic titanium alloy TiAl (γ) - Ti-45Al-5Nb-0,2B-0,2C. The physical properties are shown in table 2.

Tabela 2. Właściwości stopu tytanu na osnowie fazy międzymetalicznej TiAl(γ)
Ti-45Al-5Nb-0,2B-0,2C

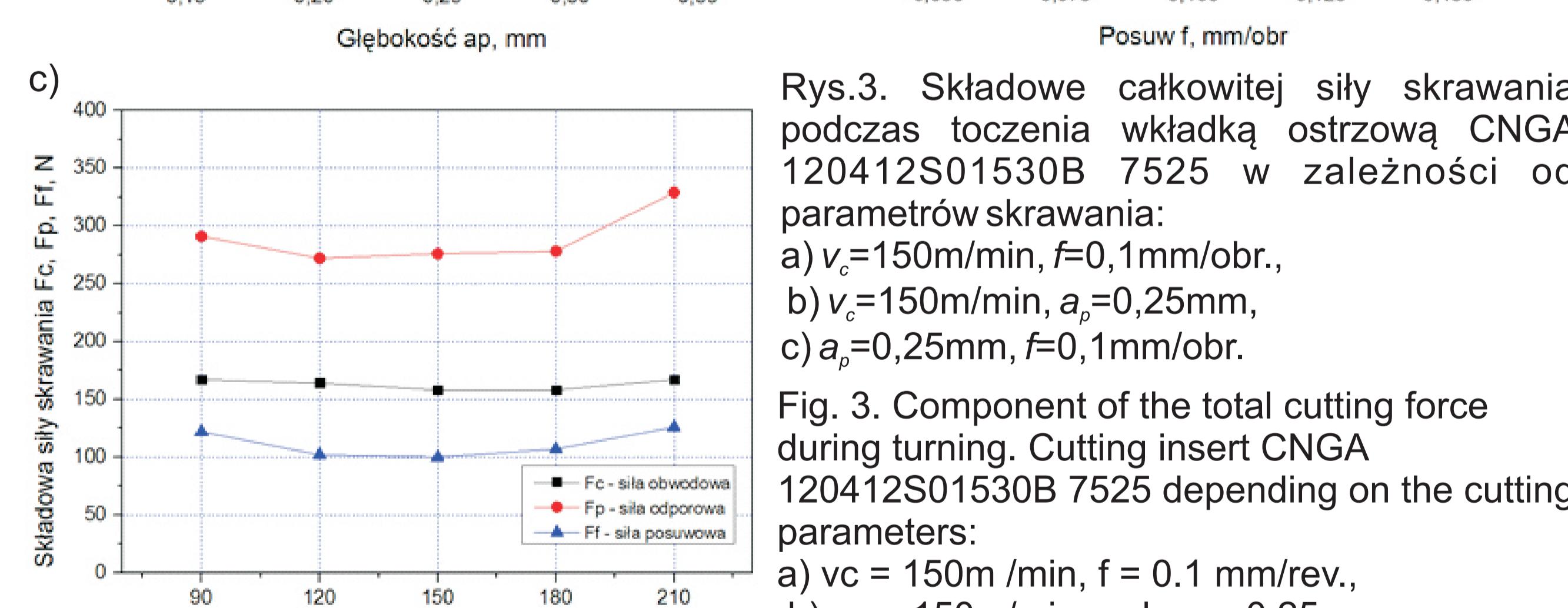
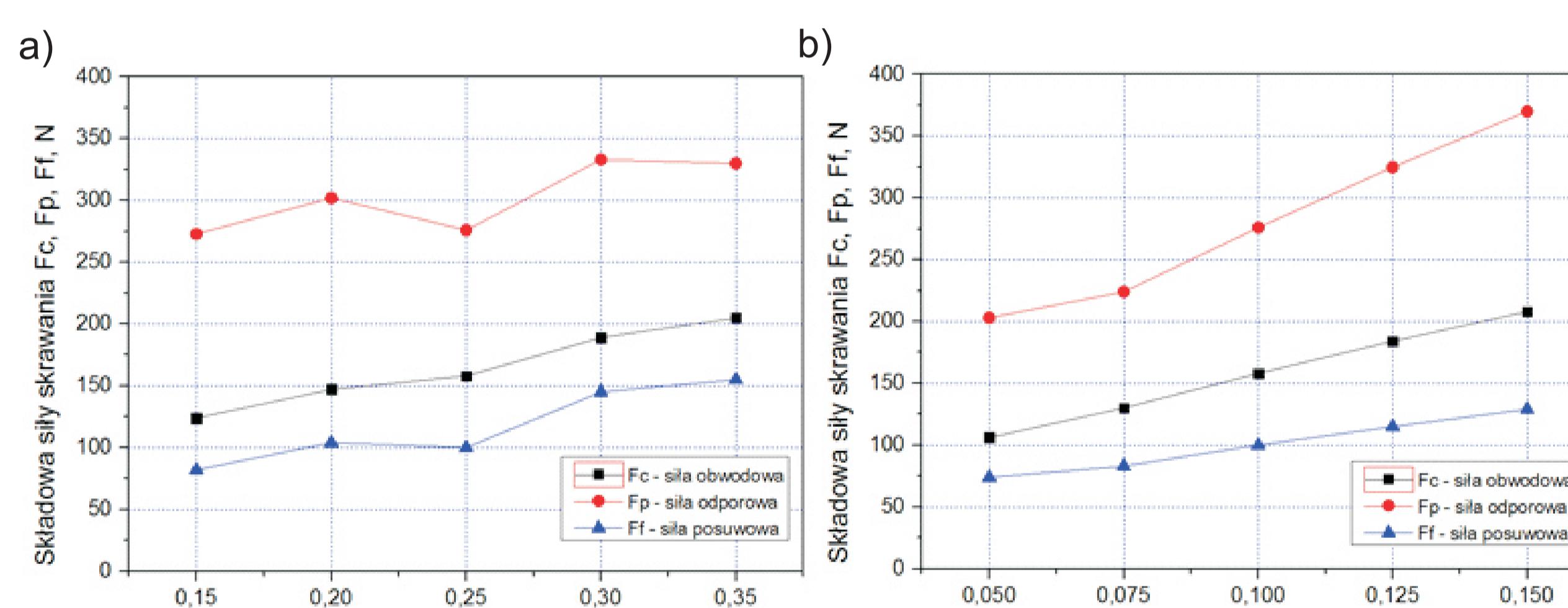
Tabela 2. Properties of intermetallic titanium alloy
TiAl(γ) Ti-45Al-5Nb-0,2B-0,2C

Właściwości

Sila skrawania

W procesie skrawania stopu TiAl(γ) zaobserwowano intensywne zużycie ostrza narzędziowego czego przejawem jest szybkie zwiększenie wartości składowych całkowitej siły skrawania. W prowadzonych badaniach stwierdzono, że największą wartość przyjmuje siła oporowa. Dla przyjętego zakresu parametrów skrawania wkładkę z węglikiem spiekanej siła oporowa przyjmuje wartość $F_p < 200N$ natomiast podczas obróbki wkładkę z regularnego azotku boru $F_p < 400N$ (rys.3-4).

In the process of cutting alloy TiAl(γ) observed intensive cutting tool wear which is reflected in a rapid increase the value of the cutting force components. In this study, it was found that the greatest value assumed radial cutting force. For the adopted range of parameters and the carbide insert $F_p < 200N$, for inserts of cubic boron nitride $F_p < 400N$ (rys.3-4)



Rys. 3. Składowe całkowitej siły skrawania podczas toczenia wkładką ostrzową CNGA 120412S01530B 7525 w zależności od parametrów skrawania

a) $v_c = 150\text{m/min}$, $f = 0,1\text{mm/obr.}$,

b) $v_c = 150\text{m/min}$ and $a_p = 0,25$,

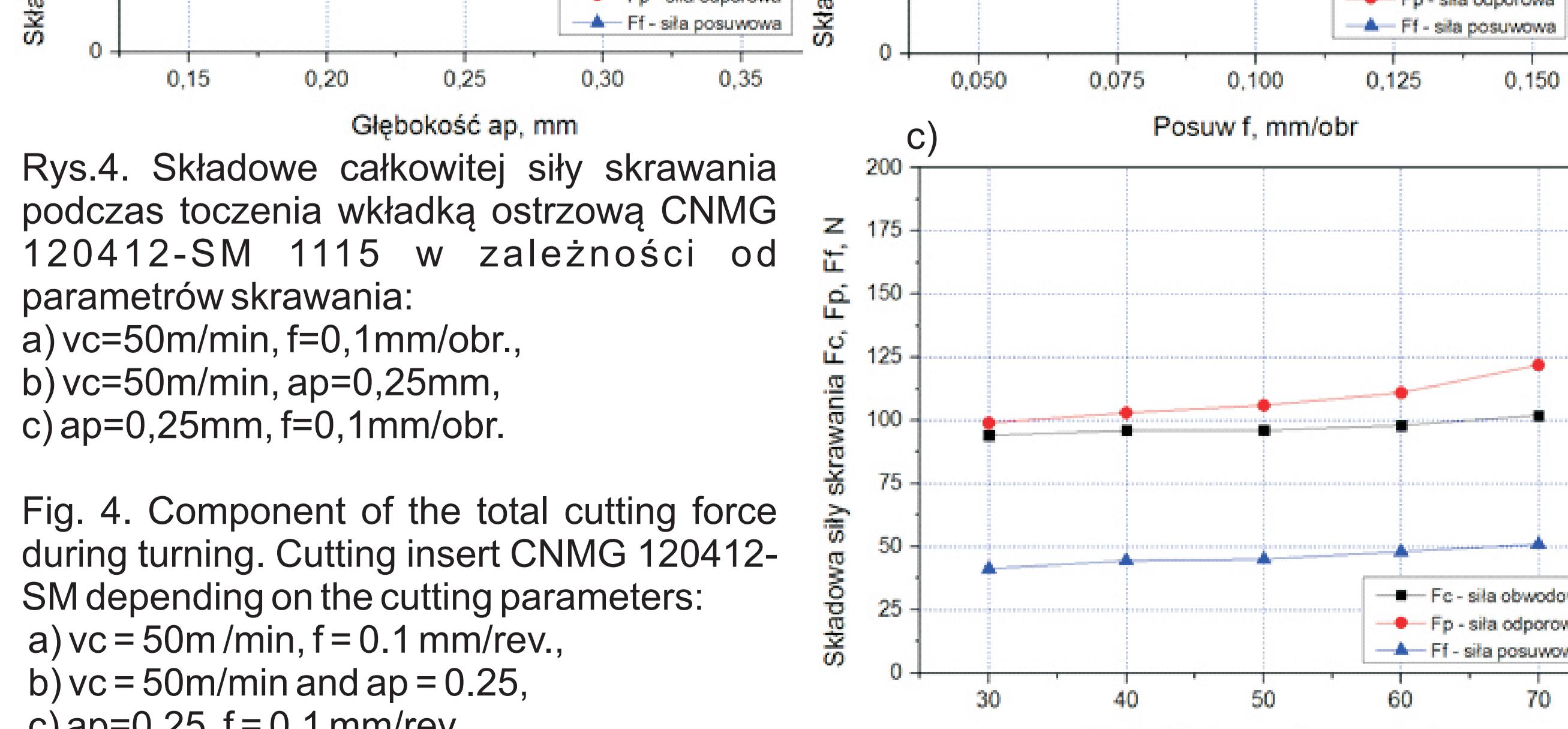
c) $a_p = 0,25\text{mm}$, $f = 0,1\text{mm/obr.}$

Rys. 4. Składowe całkowitej siły skrawania podczas toczenia wkładką ostrzową CNMG 120412-SM 1115 w zależności od parametrów skrawania

a) $v_c = 50\text{m/min}$, $f = 0,1\text{mm/obr.}$,

b) $v_c = 50\text{m/min}$ and $a_p = 0,25$,

c) $a_p = 0,25\text{mm}$, $f = 0,1\text{mm/obr.}$



Badania mikroskopowe powierzchni obrabianej ujawniły występowanie nalepień, które w zależności od warunków procesu różnią się intensywnością występowania. (rys.5-6).

Microscopic examination revealed the presence of the machined surface which, depending on the process conditions were different in intensity distribution (fig.5-6).

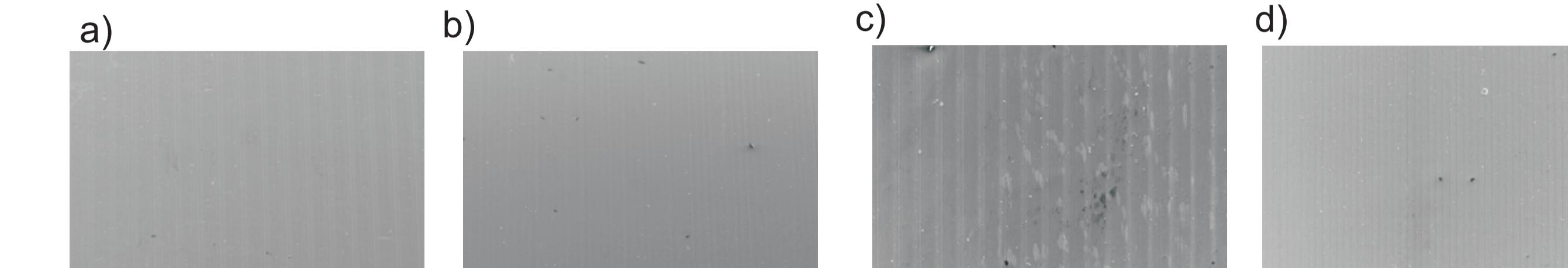


Fig. 5. Machining surface. Cutting insert CNMG 120412-SM 1115 cutting parameters: a) $v_c = 70\text{m/min}$, $a_p = 0,35\text{mm}$, $f = 0,15\text{mm/obr.}$, b) $v_c = 30\text{m/min}$, $a_p = 0,15\text{mm}$, $f = 0,05\text{mm/obr.}$

Dla przyjętego zakresu parametrów skrawania wkładkami ostrzowymi z węglów spiekanych oraz regularnego azotku boru nie zaobserwano pęknięć powierzchni obrabianej (rys.7-8). For a range of cutting parameters and cutting inserts carbide and cubic boron nitride the surface is free of cracks (fig.7-8).

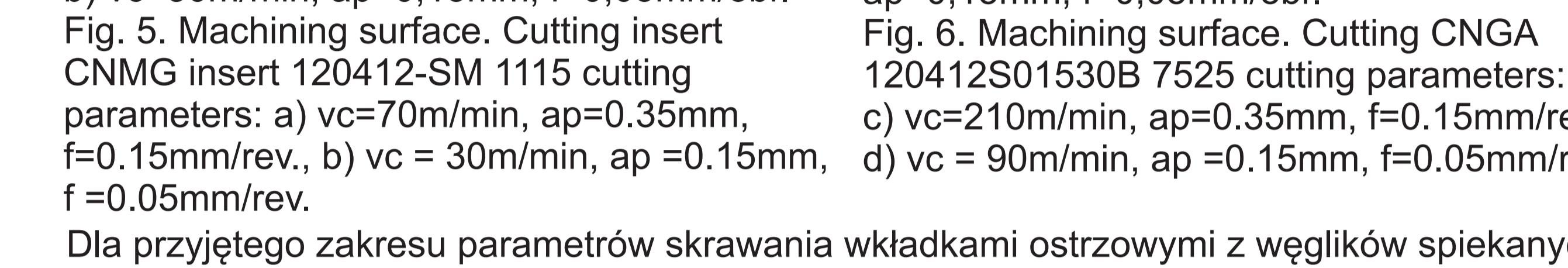


Fig. 7. Microstructure of workpiece. Cutting insert CNMG 120412-SM 1115 cutting parameters: a) $v_c = 70\text{m/min}$, $a_p = 0,35\text{mm}$, $f = 0,15\text{mm/obr.}$, b) $v_c = 30\text{m/min}$, $a_p = 0,15\text{mm}$, $f = 0,05\text{mm/obr.}$

Rys. 8. Powierzchnia obrabiana wkładką ostrzową CNMG 120412S01530B 7525 z parametrami skrawania: c) $v_c = 210\text{m/min}$, $a_p = 0,35\text{mm}$, $f = 0,15\text{mm/obr.}$, d) $v_c = 90\text{m/min}$, $a_p = 0,15\text{mm}$, $f = 0,05\text{mm/obr.}$

<