

Modelowanie, konstruowanie i kontrolowanie procesu HSM z uwzględnieniem skonfigurowanego układu maszyna-przyrząd-detail

Politechnika Warszawska, Politechnika Rzeszowska

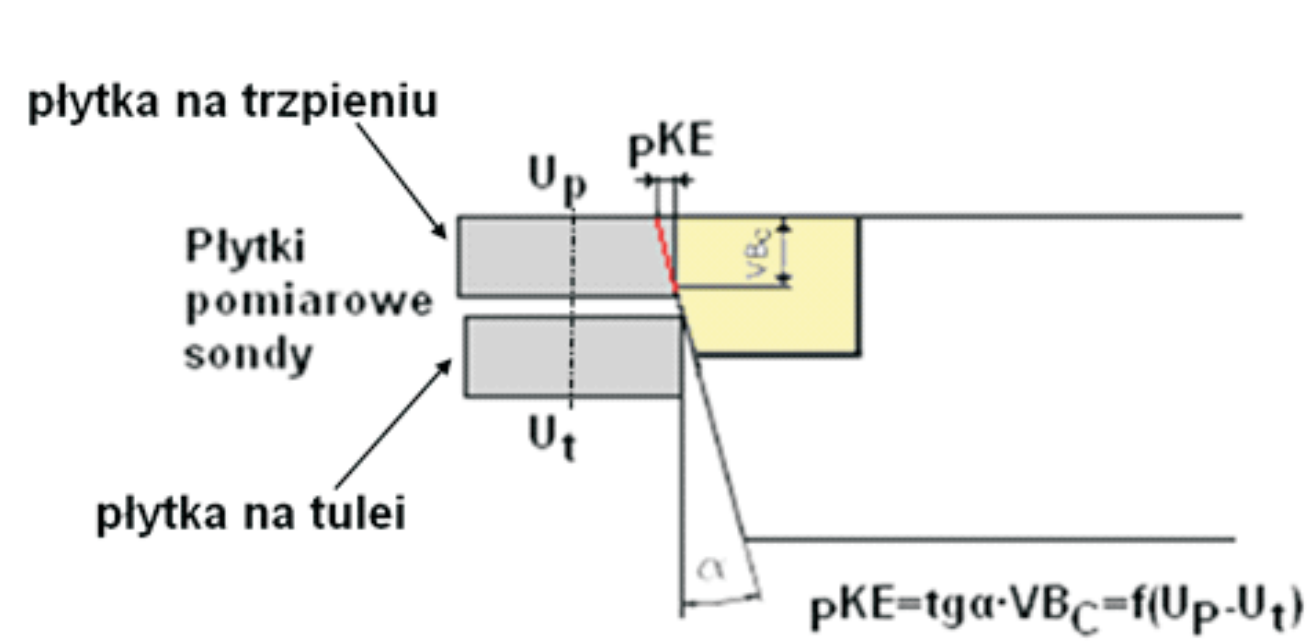
Wyniki badań

Układy diagnostyki stanu narzędzia i procesu skrawania dla przemysłu lotniczego

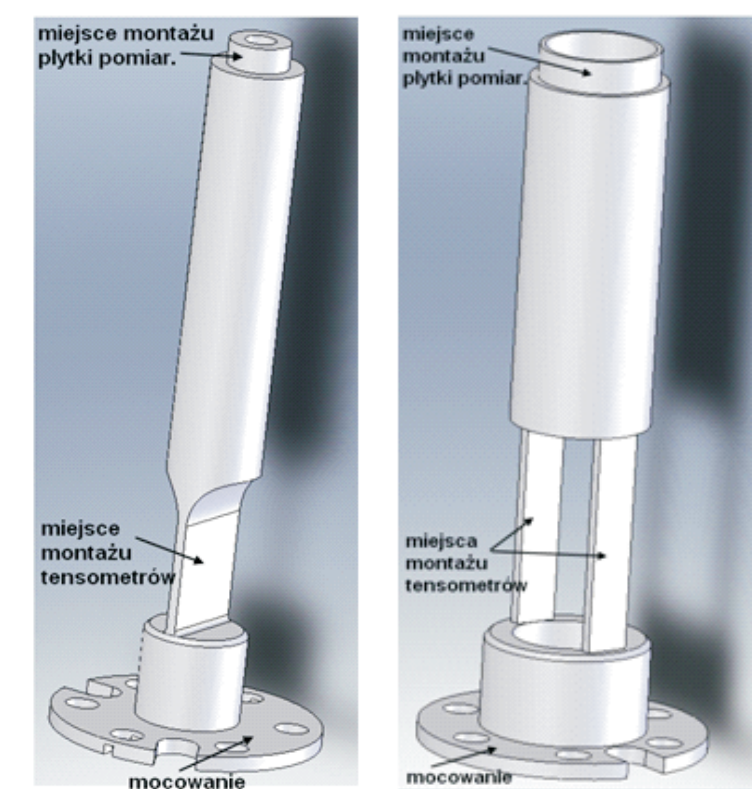
Obecny etap jest kontynuacją prac badawczych dotyczących automatycznego pomiaru zużycia ostrza. W ramach niniejszego zadania udało się opracować rozwiązanie pozwalające na bezpośredni pomiar zużycia ostrza w warunkach przemysłowych. Opisano również badania zastosowania systemu wizyjnego do automatycznego pomiaru zużycia ostrza.

Sond narzędziowa z funkcją pomiaru zużycia ostrza. Projekt, budowa i badania sondy wielozadaniowej z czujnikiem tensometrycznym

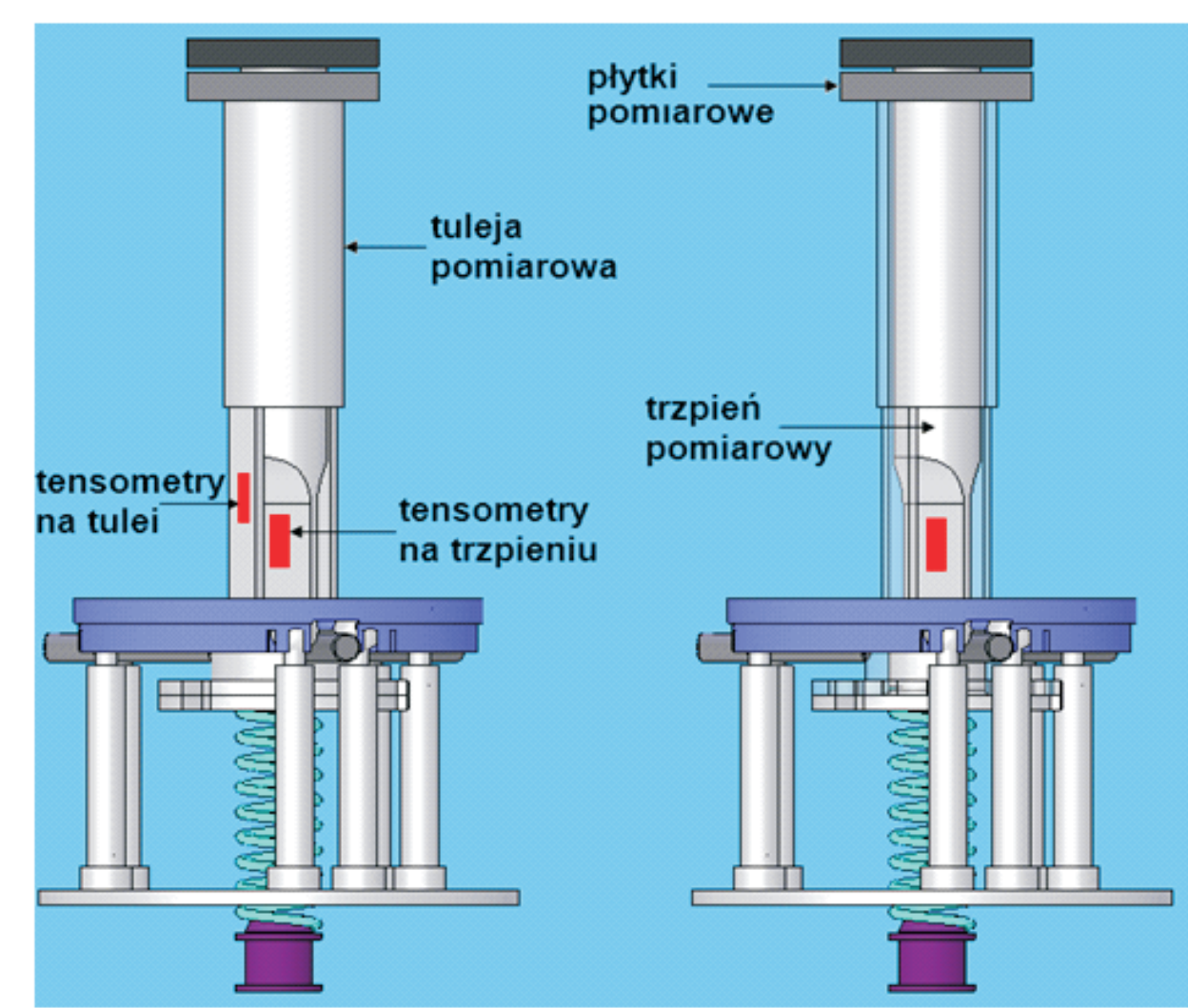
Niniejszy etap stanowi zakończenie badań nad sondą narzędziową z funkcją pomiaru zużycia ostrza. Opracowano, wykonano i zbadano sondę wg koncepcji pomiaru zakładającej wykorzystanie dwóch sprężystych uginających się elementów, do których zamocowane są płytki pomiarowe. Płytkę połączoną ze sprężystym trzpieniem styka się z częścią ostrza podlegającą zużyciu, a druga połączona z tuleją styka się z częścią bazową ostrza, która zużyciu nie podlega. Oś elementów sprężystych: trzpienia i tulei jest prostopadła do kierunku dokonywania pomiaru. Ze względu na to, że ugięcia elementów sprężystych są niewielkie, płaska część płytek pomiarowych stykająca się z ostrzem w zasadzie pozostaje prostopadła do kierunku dokonywania pomiaru. Różnica ugięć obu elementów sprężystych stanowi wartość pomiaru zużycia. Do pomiaru wykorzystano tensometry. Ze względu na specyfikę pomiaru wartość pomiaru oznaczono symbolem pKE.



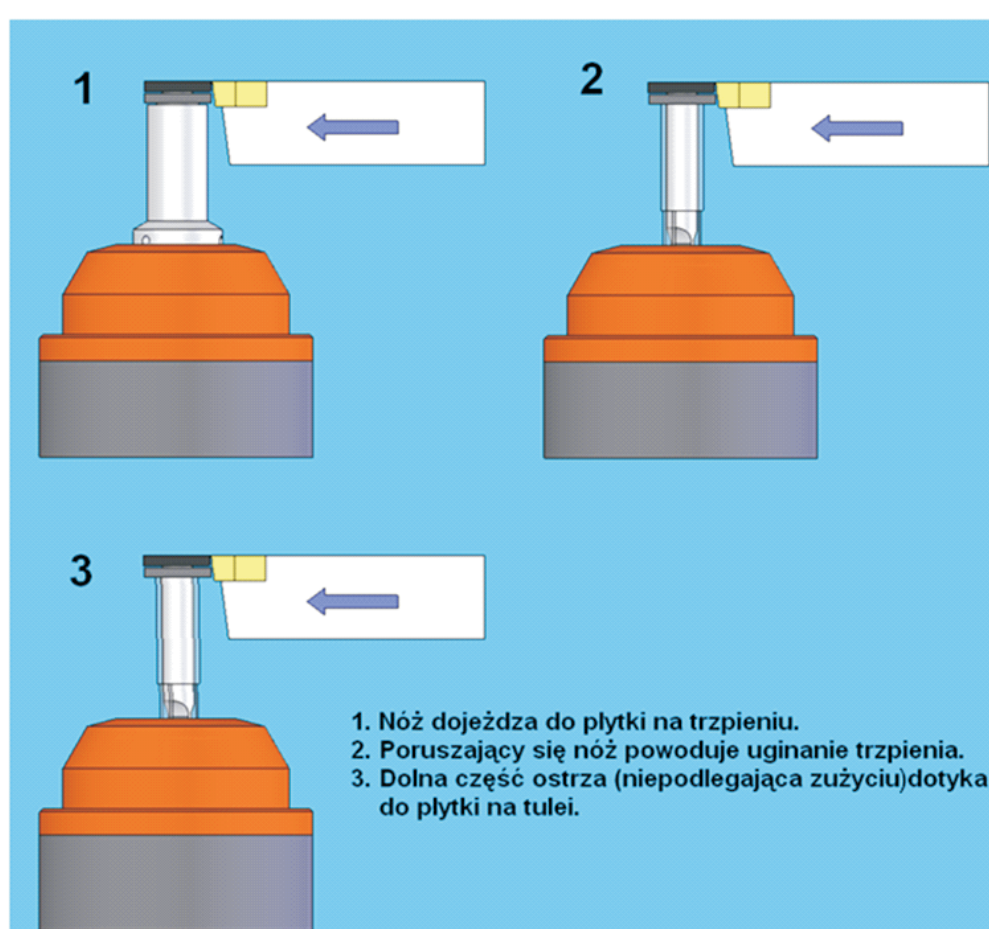
Rys. 1 Koncepcja pomiaru sondą tensometryczną.



Rys. 2 Sprężyste elementy pomiarowe: trzpień i tuleja.



Rys. 3 Budowa wielozadaniowej sondy tensometrycznej.

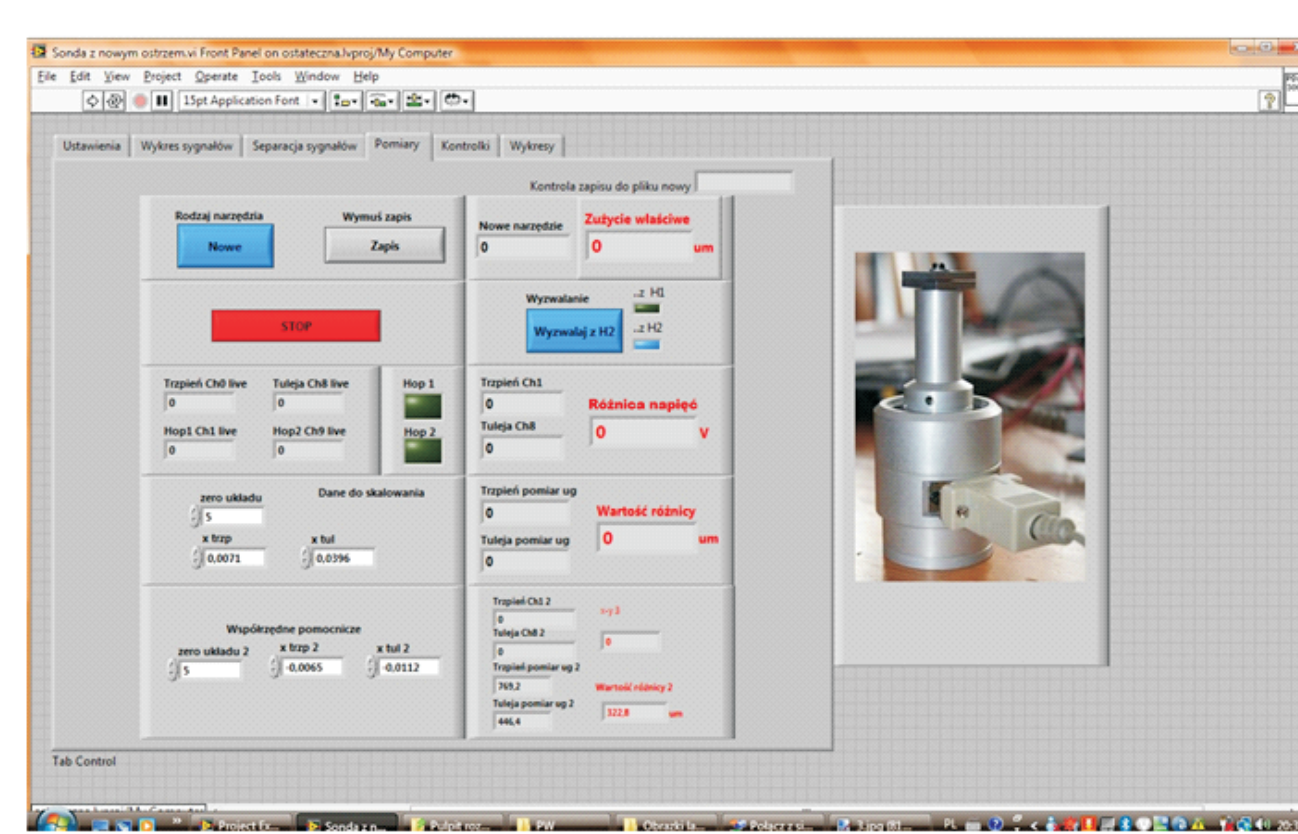


Rys. 4 Cykl pomiaru zużycia.

Wykonano zostały dwa warianty torów pomiarowych sondy tensometrycznej. Jeden w oparciu o standardowy sterownik PLC (Simatic S7) a drugi wykorzystywał dedykowane urządzenie PW02. Tory pomiarowe zaprojektowano tak aby wykonywać pomiary dla każdego z urządzeń osobno jak również otrzymać niezależne dane przy jednoczesnym połączeniu obu urządzeń.

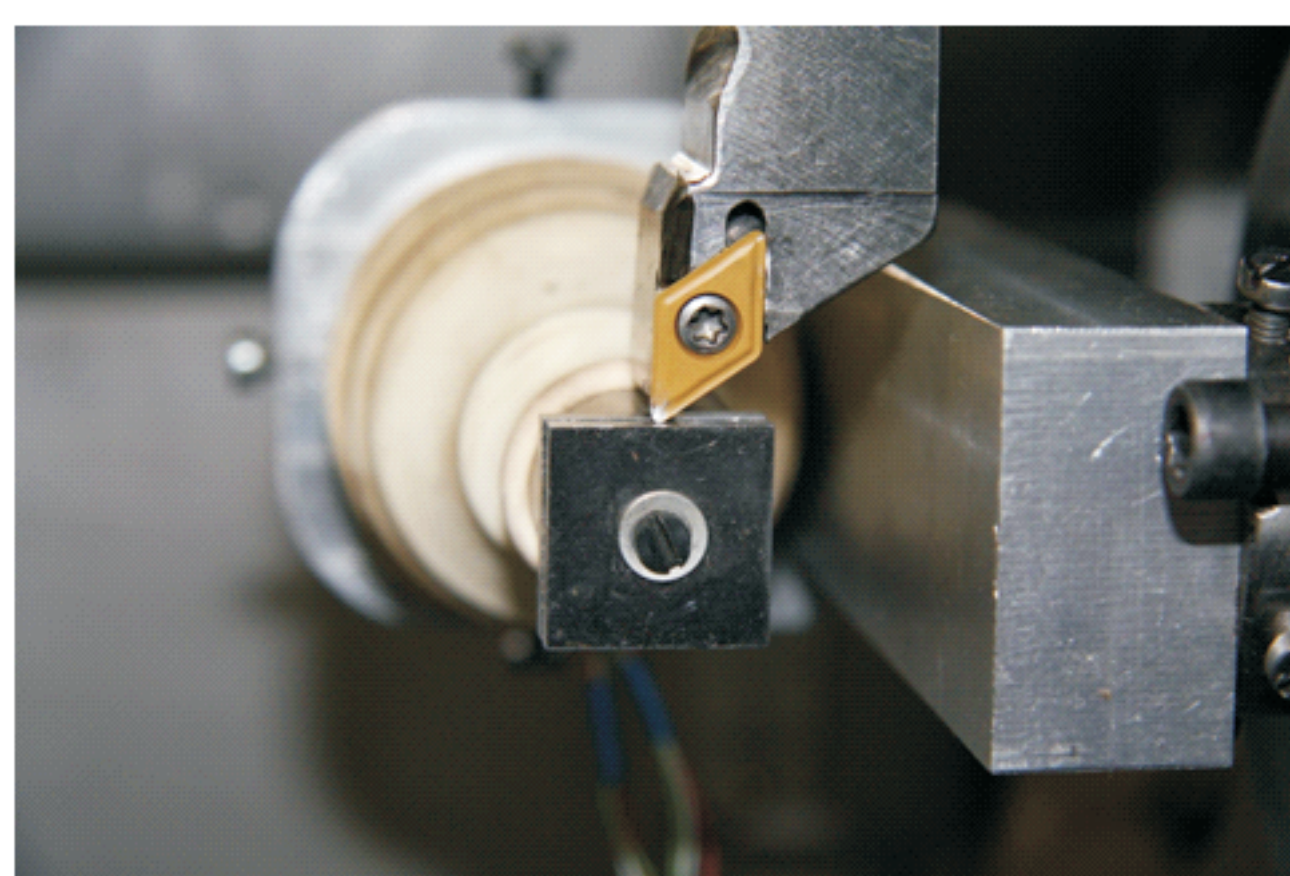


Rys. 5 Simatic S7 i PW02 - pomiary równoległe na tokarce Famat 400 CNC.



Rys. 6 Program w LabView - zbieranie danych.

Wykonano kompleksowe badania sondy poczynając od określenia powtarzalności pomiarów, poprzez pomiary zużycia ostrza dla różnych prędkości dosuwu narzędzia. Wyniki pomiarów sondą porównywano z pomiarami wykonywanymi na mikroskopie firmy Mitutoyo.

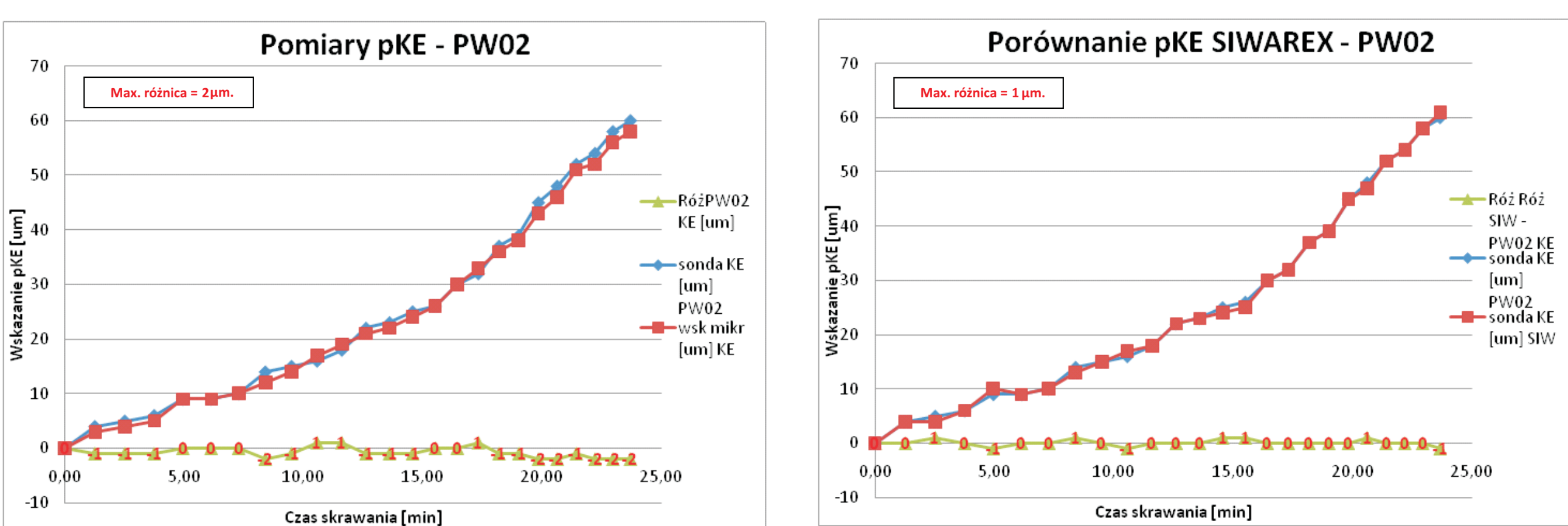


Rys. 7 Widok sondy w trakcie pomiaru (Famat 400CNC).



Rys. 8 Pomiar porównawczy na mikroskopie.

Na poniższych wykresach dla porównania przedstawiono wyniki pomiarów zużycia ostrza przy różnych prędkościach skrawania, wykonane dwoma modułami pomiarowymi i porównawcze na mikroskopie.



Rys. 9 Przykładowe przebiegi pomiarów zużycia - pomiary modułem PW02 oraz różnica wskaźni PW02 oraz modułu firmy Siemens.

Podsumowanie wyników prac nad sondą narzędziową do pomiaru zużycia ostrza.

Wyniki badań potwierdzają, że wbrew zapewnieniom producentów sond pomiarowych, standardowa dotykowa sonda narzędziowa nie może być stosowana do pomiarów naturalnego zużycia ostrza skrawającego. Wpływ odkształceń geometrycznych elementów obrabiarki pod wpływem zmian temperatury na wartość pomiaru sonda standardowa jest w granicach wartości krytycznej mierzonego wskaźnika zużycia KE. Standardowa sonda narzędziowa powinna być stosowana do określania współczynników korekcyjnych narzędzi w celu ich szybkiego ustawienia.

Wielozadaniowa sonda narzędziowa z czujnikiem przemieszczenia liniowego o małym zakresie pomiarowym wraz z odpowiednim oprogramowaniem współpracującym z układem sterowania obrabiarki, może być stosowana do automatycznego pomiaru zużycia naturalnego narzędzia. Dokładność pomiaru zużycia zawiera się w dokładności zastosowanego czujnika. Umieszczenie styku elementów sondy (końcówki pomiarowej i płytki oporowej) bezpośrednio na płycie skrawającej pozwala wyeliminować błędy wynikające z odkształceń oprawki i płytki skrawającej.

Bezpośredni pomiar skrócenia wierzchołka ostrza może być stosowany w warunkach przemysłowych. Nikt inny nie oferuje przemysłowej metody bezpośredniego pomiaru KE, mimo że nowoczesne układy sterowania przewidują wprowadzenie mierzonej wartości KE. Pomiar szerokości pasma starcia na powierzchni przyłożenia nie można określić, z dokładnością na jaką pozwala pomiar opracowaną sondą narzędziową, wartości wskaźnika KE. Stosowane często pomiary wskaźników VB są wymuszone problemami związanymi z dokładnym określeniem KE po zdjęciu narzędzia lub płytki skrawającej z obrabiarki.

Opracowano, wykonano i zbadano różne rozwiązania konstrukcyjne sondy. Sonda z dwoma indukcyjnymi czujnikami przemieszczenia (LVDT), pomimo zastosowania niewielkich czujników, jest za duża i zbyt skomplikowana aby gwarantować niezawodność działania oczekiwaną w warunkach produkcji przemysłowej. W sondzie z zastosowaniem jednego, niewielkich rozmiarów, bezdotykowego czujnika pojemnościowego, mechanizm równoległego prowadzenia talerzyka pomiarowego w dwóch prostopadłych kierunkach, był trudny w realizacji i znacznie zwiększał wymiary sondy. Zespół realizujący zadanie nie rekomenduje tych konstrukcji w obecnej postaci do zastosowań przemysłowych.

Dane techniczne sondy tensometrycznej do pomiaru zużycia		
Zakres pomiarowy pKE	600 μm	
Rozdzielczość	0,1 μm	
Dokładność	prawdop. 95% (2 sigma)	±0,88 μm
	prawdop. 99,7% (3 sigma)	±1,32 μm
Powtarzalność	3 μm	

Konstrukcją spełniającą wymogi projektu, o maksymalnie uproszczonej budowie i wystarczającej dokładności pomiaru jest sonda z czujnikiem tensometrycznym. Niewielka liczba elementów mechanicznych zapewnia długą bezawaryjną pracę sondy. Sonda może być stosowana w miejsce standardowej sondy narzędziowej. W tym przypadku wymagane jest dostosowanie korpusu sondy do gniazda uchwyty oraz niewielkie modyfikacje w oprogramowaniu standardowej sondy narzędziowej. Sonda posiada dwa tryby pomiaru – pomiar jak standardowa sonda (ustawianie narzędzi) oraz pomiar KE. Dane z trybu ustawiania narzędzi są automatycznie wprowadzane do układu sterowania obrabiarki NC. Dane z pomiaru KE odczytywane SA przez operatora obrabiarki na zewnętrznym wyświetlaczu i mogą być wprowadzone ręcznie do układu sterowania obrabiarki. Zespół badawczy rekomenduje tę konstrukcję do wdrożenia w warunkach przemysłowych.

Wizyjny układ diagnostyki zużycia ostrza.

Wizyjny układ diagnostyki zużycia ostrza może być alternatywą dla układów bezpośrednich wykorzystujących sądy narzędziowe, czy pośrednich systemów opartych sygnałach z czujników sił skrawania, emisji akustycznej, czy drgań. Może też działać jako element rozwiązania hybrydowego, w połączeniu z jedną z wymienionych metod, co mogłoby zwiększyć skuteczność takiego systemu. Opracowano w ramach projektu układ zawiera trzy moduły:

- wyznaczenia położenia pierwotnej krawędzi skrawającej
- wyznaczenia obszaru zużycia ostrza
- pomiaru geometrycznych wskaźników ostrza

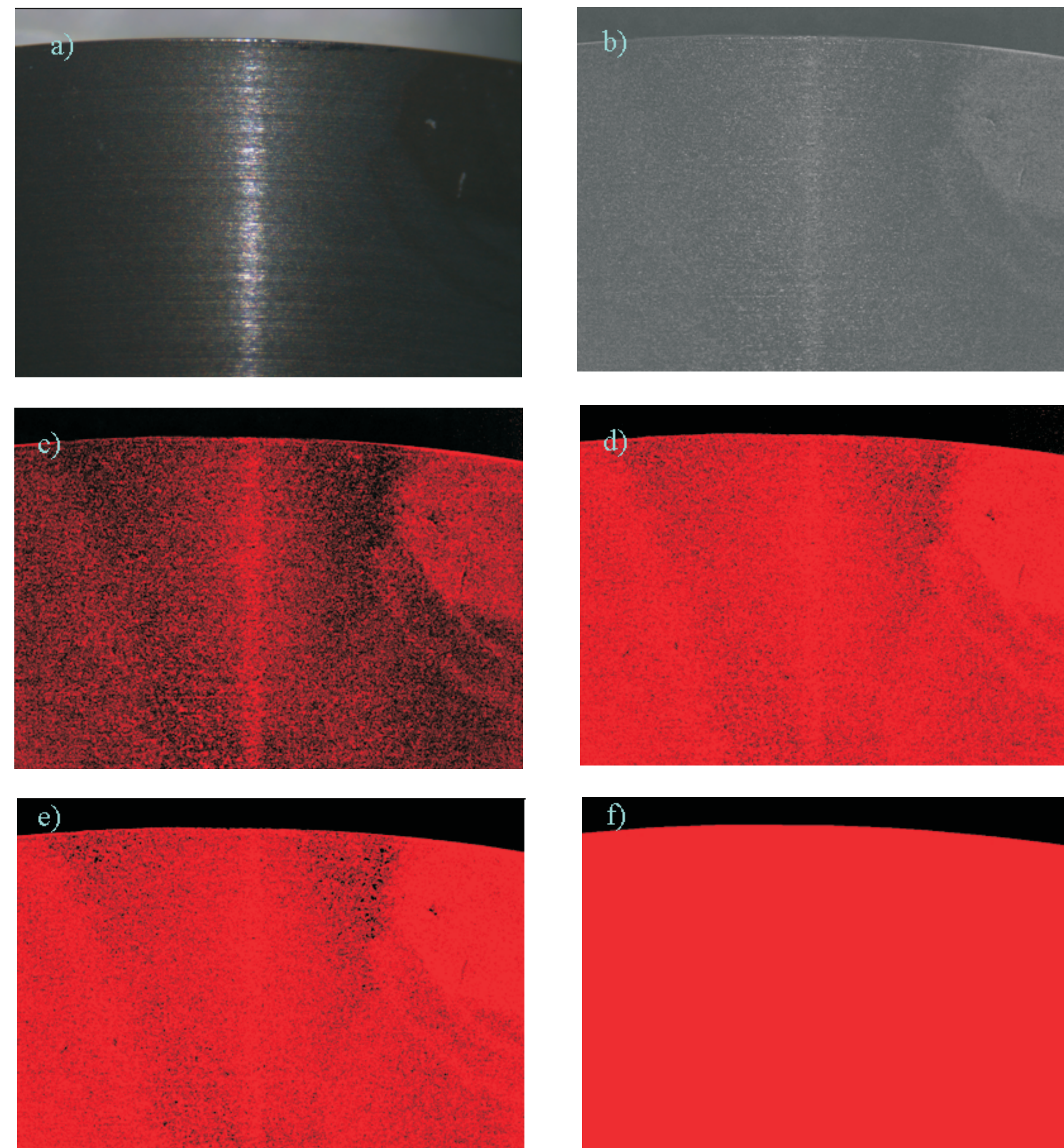
Opracowana strategia testowana była na trzech rodzajach płytek: ISCAR LNMX 150612R-HT IC807, ISCAR RGNL 120700E IS9, SANDVIK R390 - 11T3 08M-PM 4220

Wyznaczanie pierwotnego położenia krawędzi skrawającej.

Pomiar wskaźników zużycia ostrza na powierzchni przyłożenia wykonuje się od pierwotnego położenia krawędzi skrawającej. Na zdjęciach zużytej płytki krawędź ta czasami zasłonięta jest przez narost, lub jest przesunięta ze względu na ubytki materiału ostrza. Konieczne jest ustalenie pierwotnego położenia krawędzi skrawającej na podstawie zdjęcia ostrej płytki. Wyznaczenie krawędzi dla każdej płytki wymaga zastosowania różnych metod przetwarzania obrazu. Stworzono w tym celu algorytm optymalizacji wykorzystujący następujące elementy funkcyjne:

- Płaszczyzna koloru: Red, Hue, lub Saturation
- Progowanie: Culstering, parametr Bright lub Dark objects
- Funkcja morfologiczna 1: erode lub dilate
- Funkcja pozostawiająca największy obiekt: włączona/wyłączona
- Funkcja morfologiczna 3: Fill holes, Convex hull

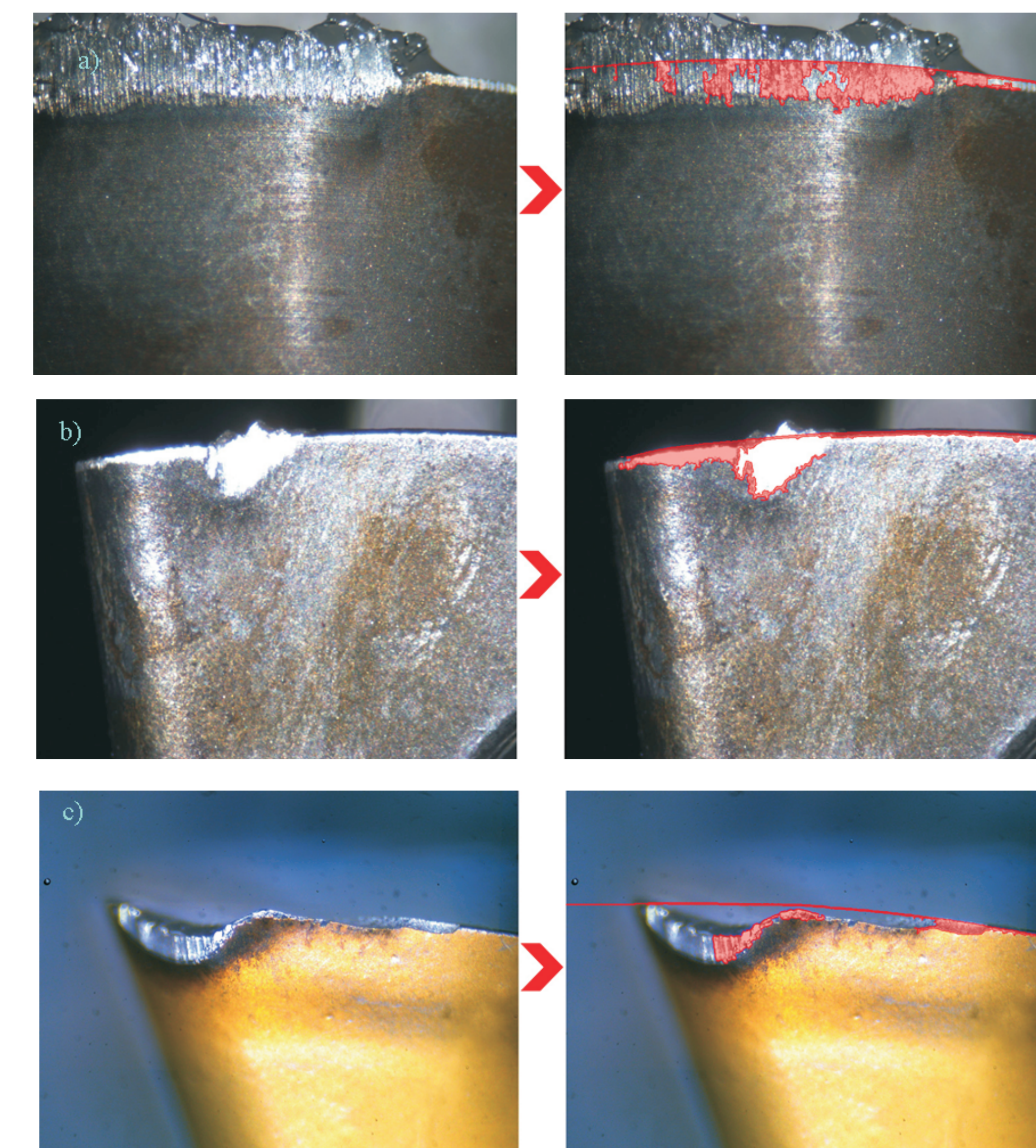
Kryterium optymalizacji jest uzyskanie najdłuższej w miarę poziomej (+-30°) linii. Na rysunku 1 przedstawiono przebieg przetwarzania obrazu wybrany przez algorytm dla płytki ISCAR RGNL 120700E IS9. Równie dobre rezultaty otrzymano dla pozostałych płytek



Rys. 10 Przebieg analizy obrazu prowadzący do wyznaczenia obszaru płytki dla płytki ISCAR RGNL 120700E IS9: a) obraz oryginalny, b) składowa saturacji, c) progowanie clustering z bright object, d) dilate, e) usunięcie małych obiektów, f) convex hull

Wyznaczenie obszaru zużycia ostrza

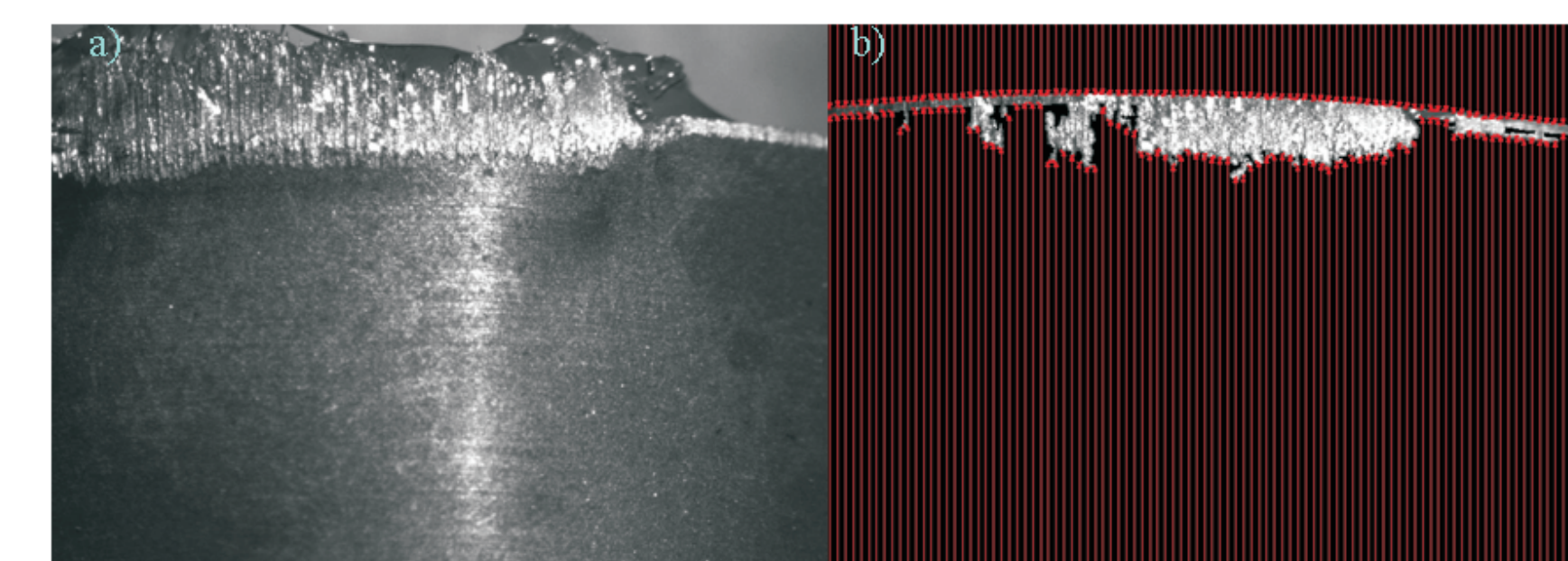
Wyznaczenie obszaru zużycia oparte jest na wykrywaniu na powierzchni płytki obiektów otoczonych wyraźną krawędzią. Obszar wyszukiwania krawędzi ograniczony jest do obszary płytki. W celu uniknięcia wykrycia w ten sposób refleksów zastosowano wstępną obróbkę zdjęcia filtrem medianowym. Wykryte mimo to obiekty związane z refleksami usuwane są za pomocą odrzucenia małych obiektów



Rys. 11 Przykład wyznaczenia obszaru zużycia dla płytek: a) ISCAR RGNL 120700E IS9, b) ISCAR LNMX 150612R-HT IC807, c) SANDVIK R390 - 11T3 08M-PM 4220.

Pomiar zużycia ostrza

Za wskaźnik zużycia przyjęto V_{max}. Wykonywane są pomiary zużycia dla każdej pionowej linii zdjęcia i wybierany maksymalny. Schemat pomiaru przedstawiono na rysunku 3. W tabelicy 1 przedstawiono przebiegi zużycia dla wszystkich testowanych płytek. Średni błąd wynosi 7,5% a maksymalny 18%.



Rys. 12 Metoda pomiaru zużycia ostrza a) obraz oryginalny, b) pomiar zużycia.

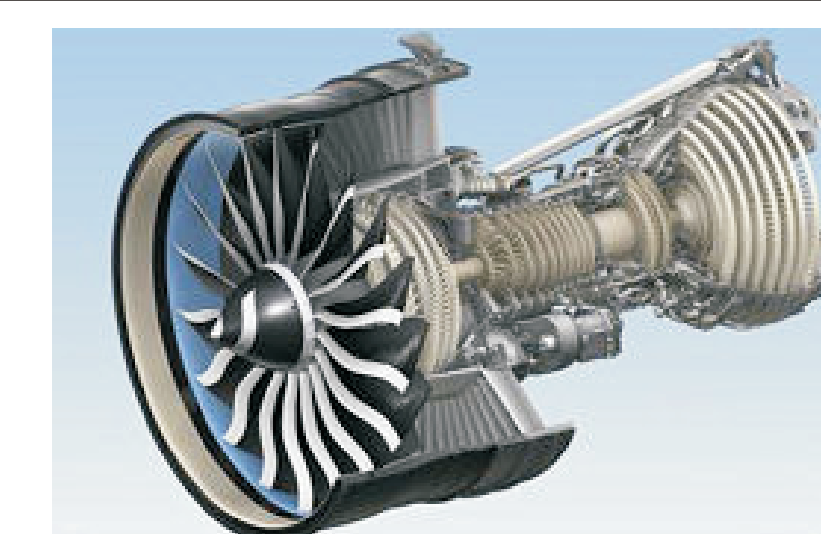
Tabela 1 Wyniki pomiarów układu diagnostyki zużycia wszystkich testowanych płytek w zestawieniu z pomiarami ręcznymi

	Nazwa płytki	P ₁ [mm]	P ₂ [mm]	ΔV _{max} [mm]	ΔV _{max} [%]
Sandvik R390 11T3 08M PM	T10_086_f	0,089	0,095	0,006	7%
	T10_087_f	0,087	0,099	0,013	15%
	T10_088_f	0,095	0,106	0,014	14%
	T10_089_f	0,128	0,138	0,010	8%
	T10_090_f	0,130	0,151	0,021	16%
	T10_091_f	0,224	0,237	0,013	6%
ISCAR RGNL 120700E	T10_092_f	0,296	0,321	0,025	8%
	T10_093_f	0,492	0,520	0,038	8%
	T03_010	0,371	0,347	-0,025	7%
	T03_011	0,513	0,525	0,012	2%
ISCAR LAMX 150612R-HT	T03_012	0,701	0,660	-0,041	6%
	T03_013	1,100	0,905	-0,195	18%
	T03_014	0,968	1,008	0,040	4%
	T04_11_k	0,880	0,836	-0,045	7%
ISCAR LAMX 150612R-HT	T04_12_k	0,821	0,803	-0,018	2%
	T04_13_k	0,854	0,819	-0,035	4%
	T04_14_k	0,881	0,840	-0,041	5%
T04_15_k	2,670	2,825	0,155	6%	

PA - pomiar automatyczny PR - pomiar ręczny ΔPA - błąd pomiaru automatycznego

Przykłady zastosowania w lotnictwie

Obróbka elementów trudnoskrawalnych typu inconel, tytan, stale wysokochromowe, stosowanych w przemyśle lotniczym. Obróbka elementów o wymaganej wysokiej dokładności wymiarowej i jakości powierzchni.



Przykłady współpracy z przemysłem lotniczym

Rozwiązania opracowane w ramach projektu będą mogły być wdrożone w zakładach takich jak: WSK Rzeszów, PZL Mielec, Ultratec, które wykonują obróbkę elementów silników lotniczych wykonanych z materiałów trudnoskrawalnych.

Wnioski

- Sonda.** Przygotowana do zastosowań przemysłowych sonda z czujnikiem tensometrycznym.
- Wirtualny system wizyjny.** Opracowano wizyjny układ diagnostyki zużycia ostrza wykonujący pomiar geometrycznych wskaźników zużycia ostrza na powierzchni przyłożenia. Algorytm układu automatycznie dostosowuje się do mierzonej płytki dzięki czemu może być wykorzystany na stanowisku produkcyjnym bez udziału operatora posiadającego wiedzę o systemach wizyjnych.

Wskaźniki realizacji celów projektu

Referaty

- Chrzanowski J., Wypysiński R.: *Independent Tool Probe with LVDT for Measuring Dimensional Wear of Turning Edge*, Konferencja Advances in Production Engineering 2010, PW WIP, materiały konferencyjne str. 87-96, Warszawa 2010.

Publikacje

- Chrzanowski J., Wypysiński R.: *Independent Tool Probe with LVDT for Measuring Dimensional Wear of Turning Edge*, Advances in Manufacturing Science and Technology, 34, 3, 49-60, 2010

Prace mgr, dr, hab.

Prace inżynierskie:

- Głodek J. *Tokarkowa sonda narzędziowa z dwoma czujnikami przemieszczenia*. Promotor: dr inż. Chrzanowski Jarosław, praca inżynierska na ukończeniu

Prace doktorskie

Tytuł: *Metoda określenia współrzędnych i zużycia ostrza noża na tokarkach NC sondą narzędziową*
Autor: Gościński R.
Status: *W trakcie realizacji przygotowania do obrony*