

# 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



### Budowa prototypu wizyjnego układu diagnostyki stanu ostrza Developing a prototype of vision tool condition diagnosis system

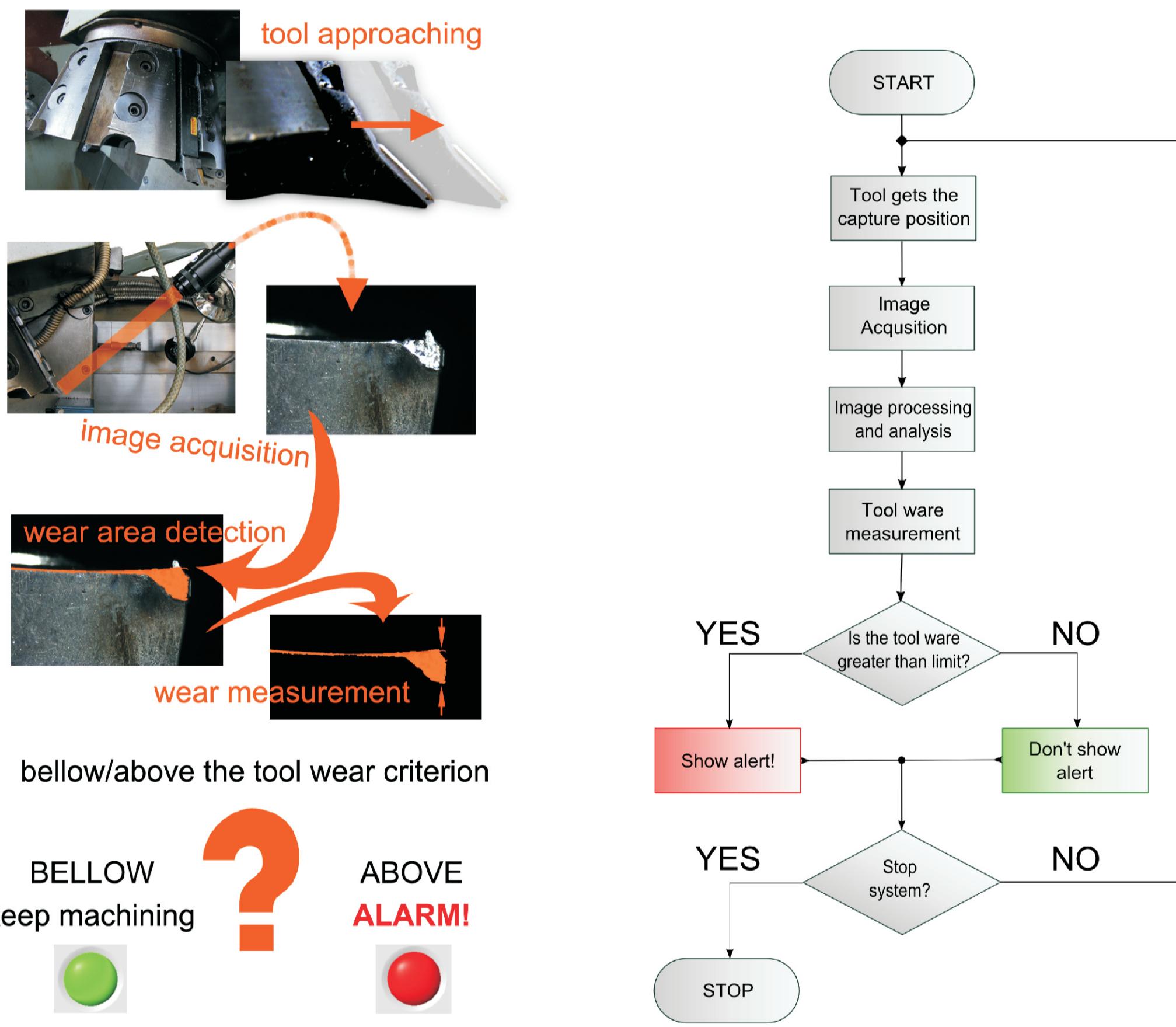
**Wstęp**  
Stopy lotnicze są z reguły trudne do obrabiania. Powoduje szybkie i trudne do przewidzenia zużywanie się ostrzy skrawających. To w połączeniu z wysokimi wymogami jakościowymi (dokładność wymiarowa, jakość powierzchni), wymusza stały nadzór obróbki. Realizacja tego zadania przez operatora jest trudna do przeprowadzenia, niepowtarzalna i za mało efektywna. Automatyzacja monitorowania tego typu procesów może być zrealizowana różnymi sposobami. Jedną z ostatnio rozwijanych metod są systemy wizyjne. Zdjęcie ostrza skrawającego wykonywane jest w określonych przerwach w obróbce, a następnie określone jest zużycie ostrza wykorzystując do tego metodę cyfrowego przetwarzania obrazu.

Celem pracy było wykonanie prototypu systemu wizyjnego do automatycznego monitorowania stanu narzędzi skrawających, zainstalowanego na tokarce CNC. Podstawowym problemem, który musiał zostać rozwiązany, było opracowanie skutecznej metody wykonywania dobrych, ostrzych zdjęć narzędzi o różnej geometrii i przygotowaniu uniwersalnego algorytmu do wyznaczania obszaru zużycia ostrza.

**Introduction**  
Aerospace alloys are generally extremely difficult to machine. Their machining causes fast and hard to predict tool wear. That, with high quality requirements of the aerospace parts (dimensional accuracy, surface integrity), forces continuous process monitoring. Such monitoring performed by machine tool operator is difficult, not repeatable, and not effective enough. Automation of such monitoring can be achieved by different means. One of the recently developed methods is machine vision. The tool image is taken between subsequent operations, and then the tool wear is evaluated using digital image processing.

The aim of this project was to build a working prototype of machine vision system for tool condition monitoring, installed on CNC lathe. The main difficulty, which had to be solved, was development of efficient procedure of taking good, well focused pictures of tools with different geometry, and creation of flexible algorithm of detecting the flank tool wear area.

### Schemat główny działania systemu Main diagram of the system operation



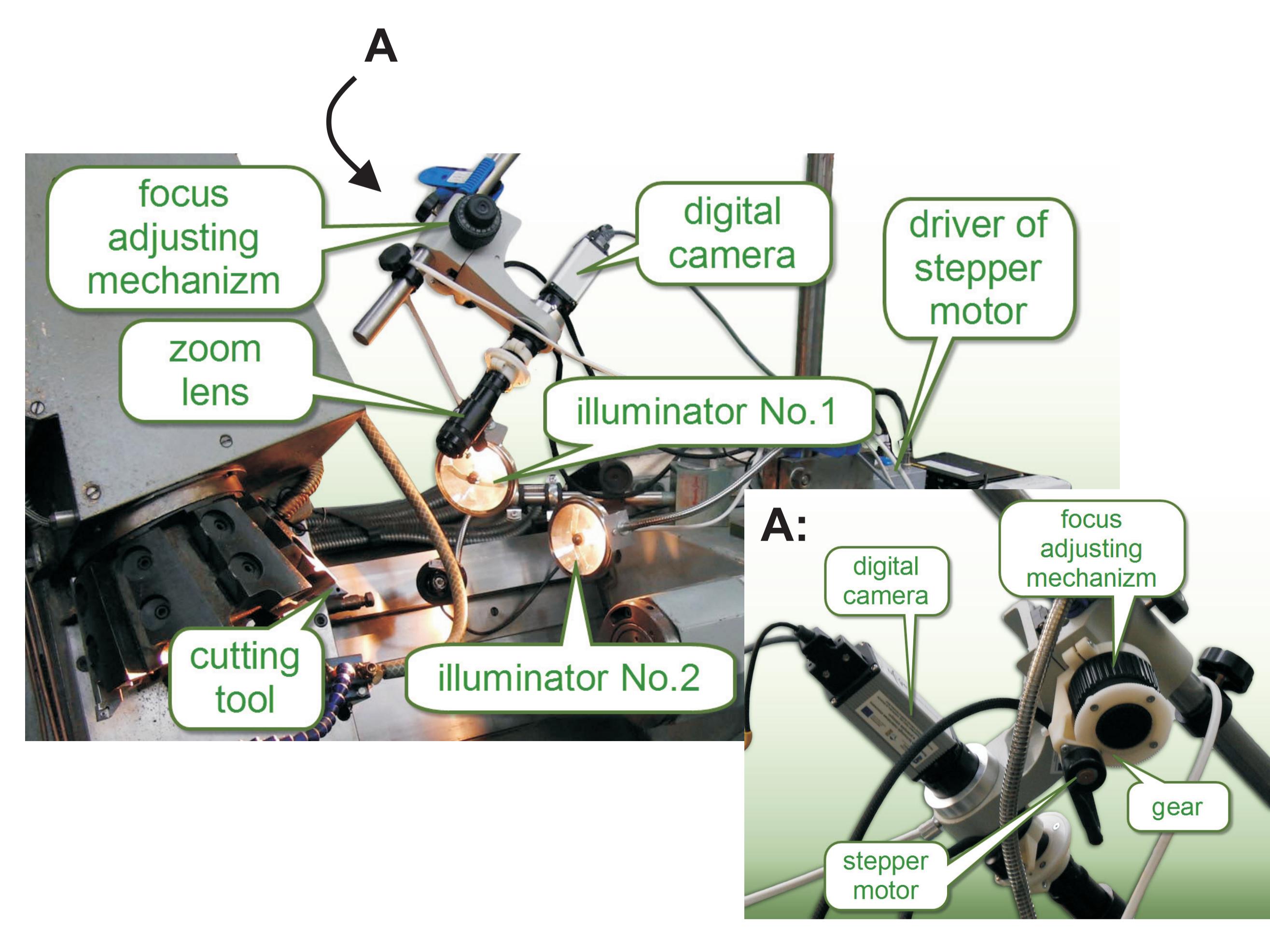
Rys. 1. Schemat główny działania systemu  
Fig. 1. Main diagram of the system operation

### Podzespoły systemu

- Obiektyw zmiennoogniskowy Opta-Tech Monozoom
- Zmotoryzowany układ regulacji ostrości wyposażony w silnik krokowy Nanotec SP2575M0206-A ze sterownikiem Nanotec SMCI12
- Kamera cyfrowa IDS UI-5490HE-C-HQ
- Oświetlacz halogenowy Osram HALOSPOT 111 100W 8st. - 2 szt.
- Komputer przemysłowy
- Oprogramowanie "Pomiar zużycia ostrza"

### System components

- Zoom lens Opta-Tech Monozoom
- Motorized focus adjusting system consisted of stepper motor Nanotec SP2575M0206-A and its driver Nanotec SMCI12
- Digital camera IDS UI-5490HE-C-HQ
- 2 Halogen illuminators Osram HALOSPOT 111 100W 8 degrees
- Industrial computer
- Application "Pomiar zużycia ostrza"



Rys. 2. Podzespoły systemu wizyjnego  
Fig. 2. Vision system components

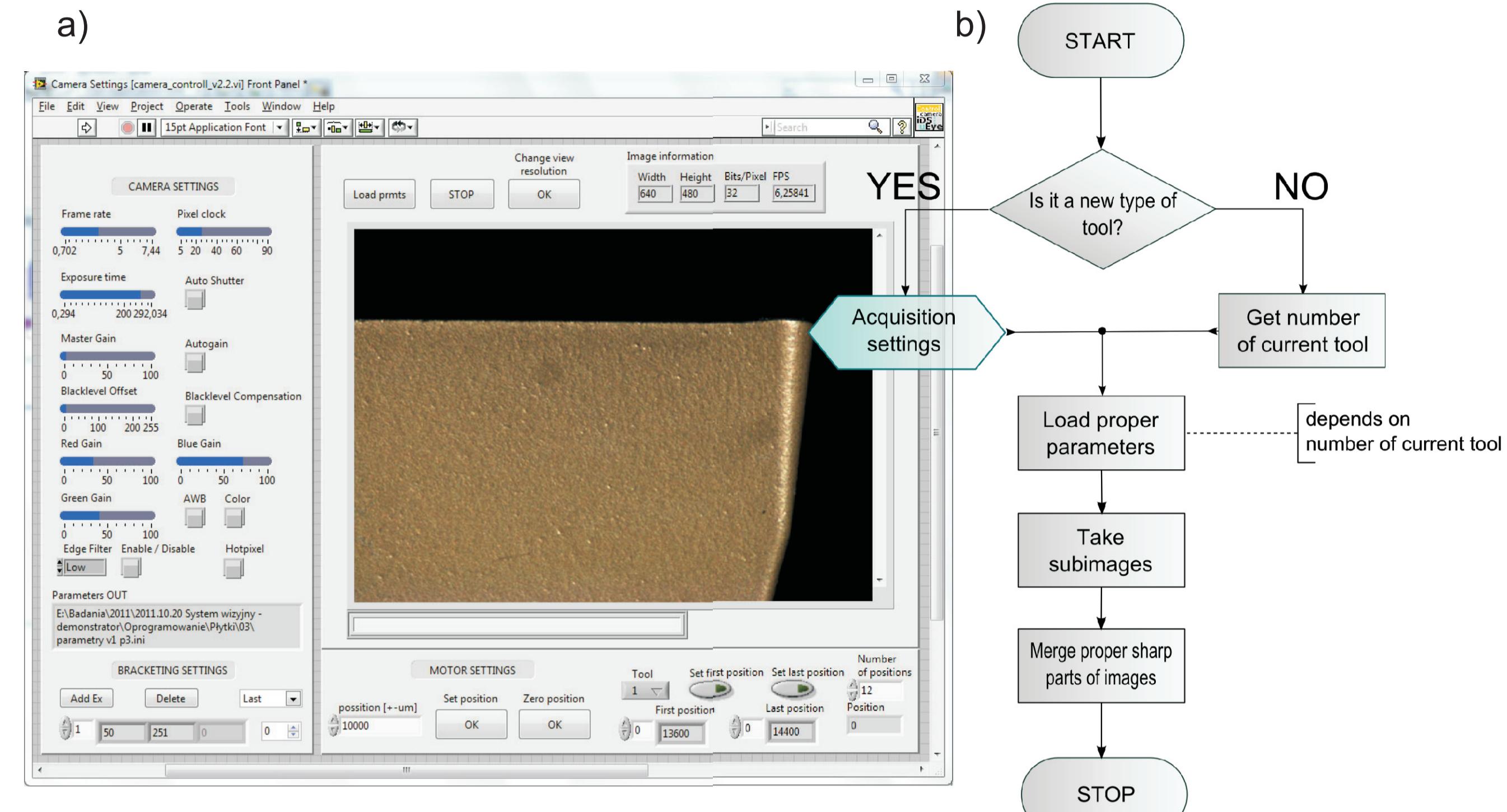
### Politechnika Warszawska, Politechnika Rzeszowska

#### Akwizycja obrazu

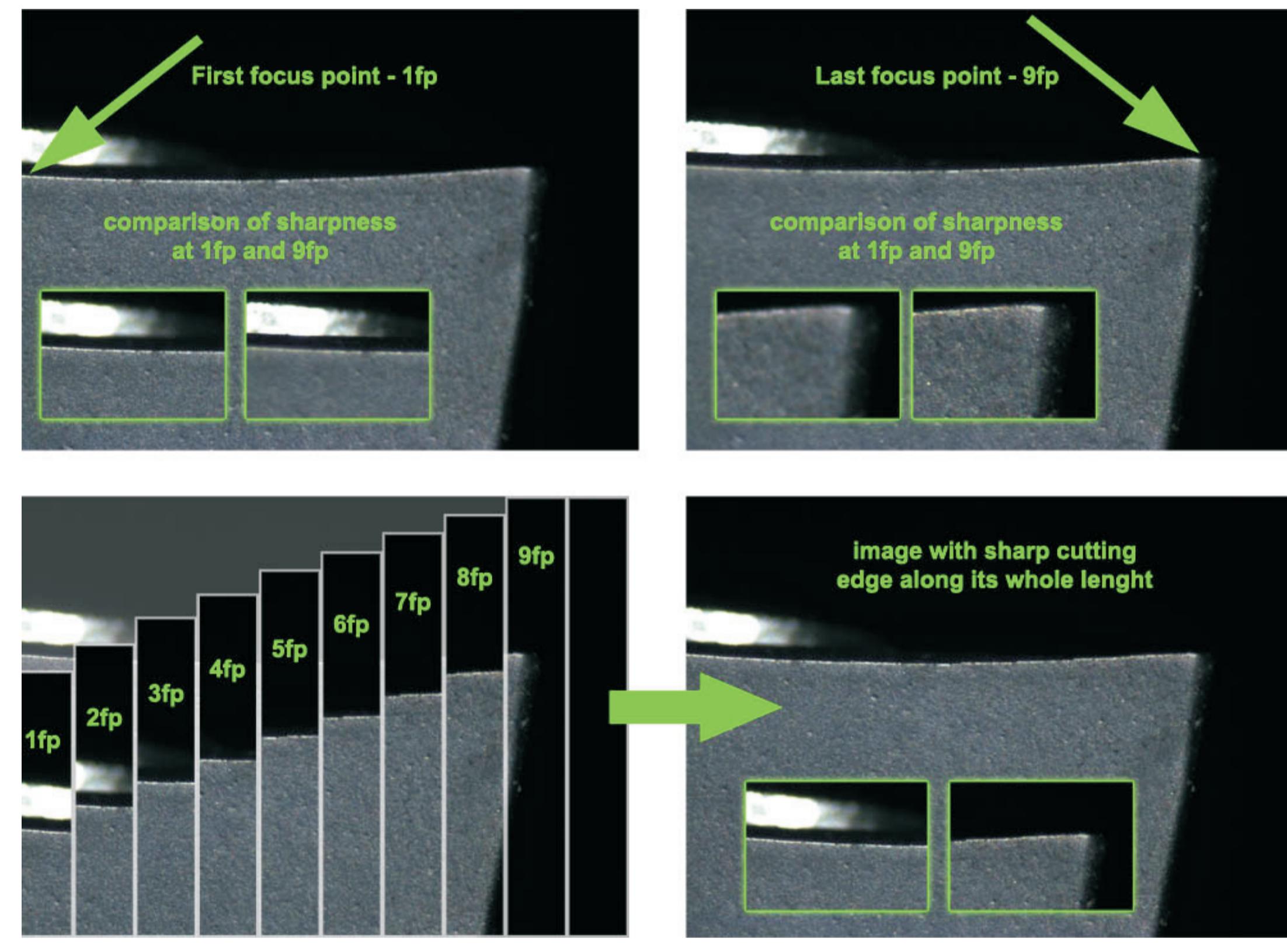
Zadaniem części systemu do akwizycji danych jest uzyskanie ostrego obrazu na całej długości krawędzi skrawającej fotografowanego narzędzia. Jest to warunek konieczny do poprawnej detekcji obszaru zużycia ostrza.

#### Image acquisition

The task of data acquisition system is to collect sharp image along whole cutting edge of the tool. This is necessary condition of correct detection of the tool wear area.



Rys. 3. a) Podprogram do konfiguracji ustawień akwizycji obrazu;  
b) schemat blokowy części systemu odpowiedzialnej za akwizycję danych  
Fig. 3. a) subprogram for adjusting image acquisition settings; b) block diagram of image acquisition part of the system



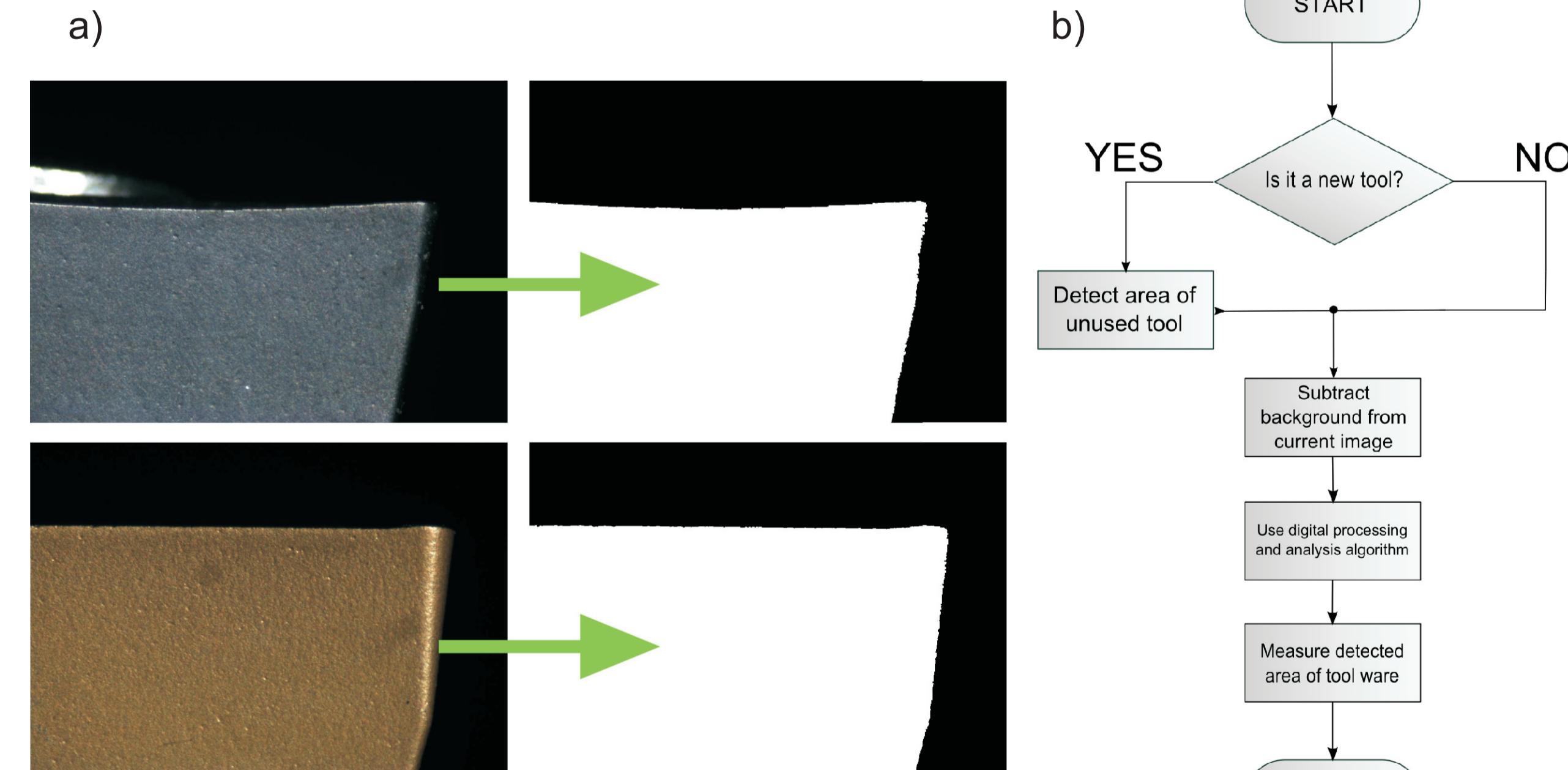
Rys. 4. Sposób automatycznego uzyskiwania ostrego zdjęcia z wielu zdjęć składowych, wykonanych przy kolejnych wyczekiwaniach ostrości  
Fig. 4. The procedure of getting sharp image from many subimages, taken with one of the defined focus set

#### Dekrekcja obszaru zużycia ostrza

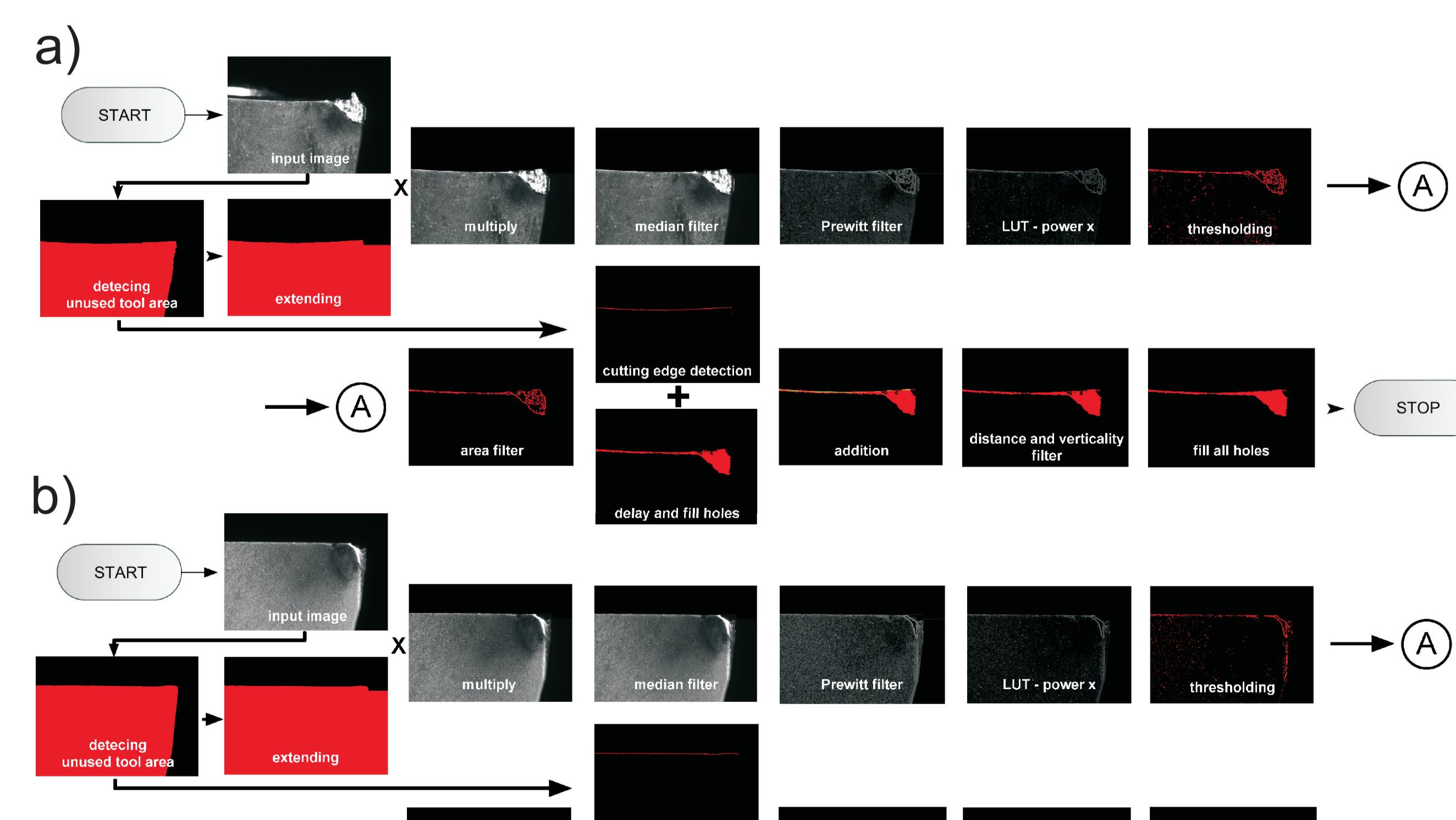
Wstępnie od obrazu ze zużytą płytą odejmowany jest obszar tła. Jest to możliwe dzięki wykonywaniu zdjęcia nowego ostrza i wyznaczaniu jego obszaru (patrz Rys.5a).

#### Tool Wear area detection

First, the background area is subtracted from the tool image, using area of the sharp tool detected from taken previously sharp tool picture (see Fig. 5a).



Rys. 5. a) Detekcja powierzchni nowego narzędzia; b) schemat blokowy algorytmu detekcji obszaru zużycia ostrza  
Fig. 5. a) Detection of new tool area; b) block diagram of the tool wear area detection algorithm



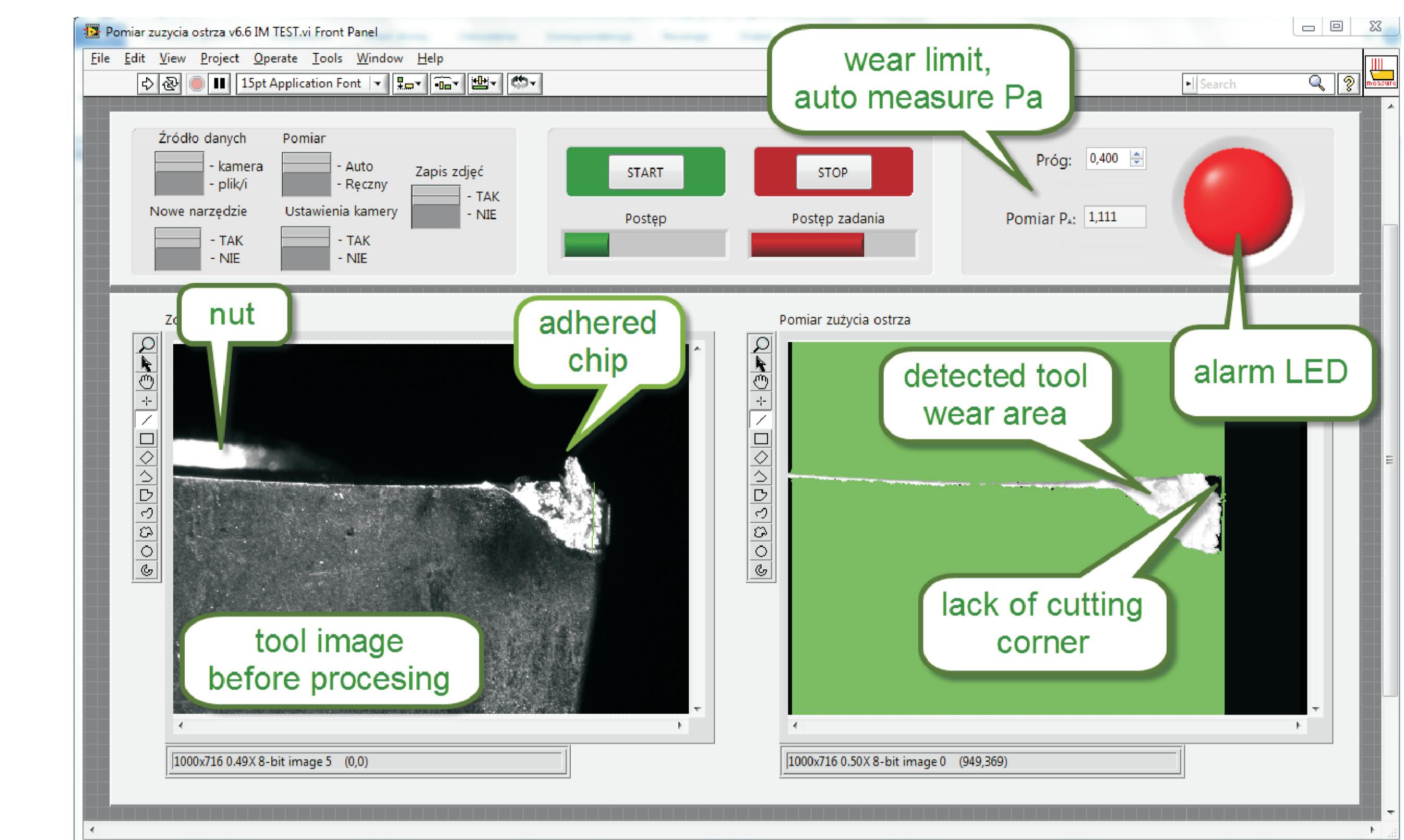
Rys. 6. Przykład działania algorytmu przetwarzania obrazu dla dwóch narzędzi o różnych kątach przystawienia: a)  $\kappa=95^\circ$ ; b)  $\kappa=107,5^\circ$ .  
Fig. 6. Example of image processing and analysis algorithm working with two tools with different cutting edge angle: a)  $\kappa=95^\circ$ ; b)  $\kappa=107,5^\circ$ .

#### Test działania systemu online

Do testu działania systemu online wybrane dwa noże tokarskie o kątach przystawienia  $\kappa_r=95^\circ$  i  $\kappa_r=107,5^\circ$ . Testy wykonywane były automatycznie podczas pełnego okresu trwałości ostrza obydwoju narzędzi, pomiędzy sekwencjami zabiegów wzdużnych.

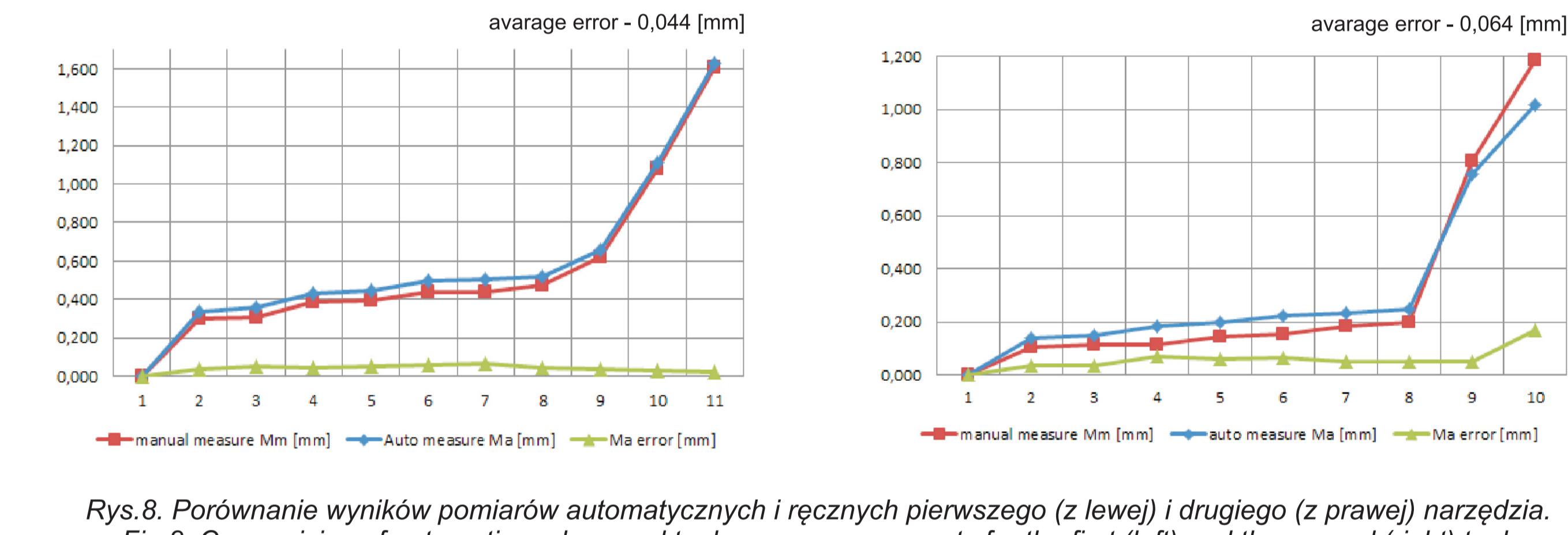
#### Online test of system performance

Two turning tools with cutting edge angles  $\kappa_r=95^\circ$  and  $\kappa_r=107,5^\circ$  were selected for on line test of the system performance. Tests were performed automatically during whole tool lives of both



Rys. 7. Interfejs programu głównego; w oknach interfejsu widoczne są zdjęcia zużycia ostrza przed obróbką oraz po obróbce  
Fig. 7. Main program interface; in the windows are images of tool wear before and after digital processing, which were taken during research

#### Wyniki badań Research results



Rys. 8. Porównanie wyników pomiarów automatycznych i ręcznych pierwotnego (z lewej) i drugiego (z prawej) narzędzia.  
Fig. 8. Comparison of automatic and manual tool wear measurements for the first (left) and the second (right) tool.

Błędy systematyczne, tu na poziomie 0,04 mm, mogą zostać zminimalizowane poprzez odpowiednie korektury programu. Względnie duże błędy dwóch ostatnich pomiarów narzędzia drugiego były spowodowane niewystarczającą skutecznym oświetleniem naroża płytki. Rozwiążaniem problemu może być dodatkowe źródło światła i ewentualny montaż dodatkowej kamery do monitorowania innej powierzchni narzędzi.

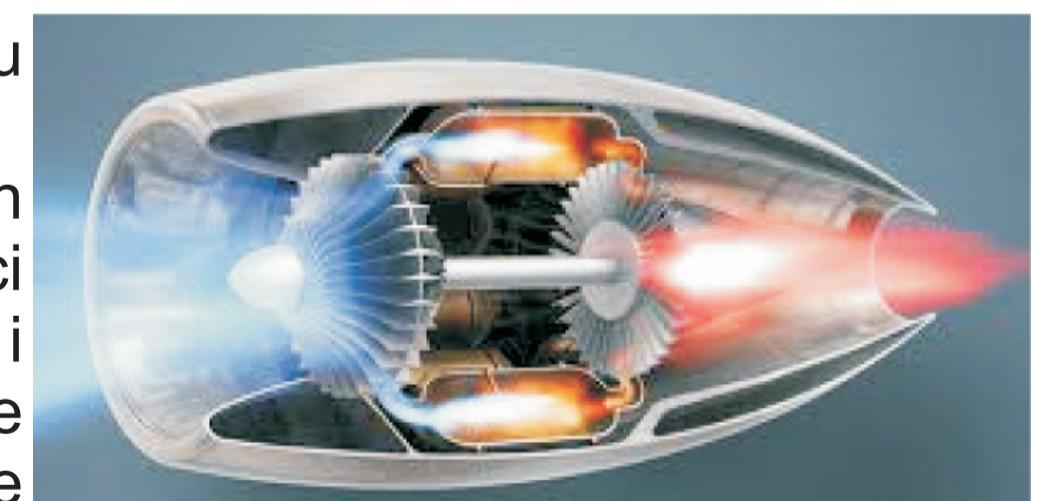
Systematic errors, here about 0.04 mm, can be reduced by further improvement of the image processing procedure. Relatively high errors of two last measurements of the second tool wear were caused by not efficient enough illumination on the tool corner. This error can be reduced by adding additional light source or even second camera for monitoring other surface of the tool.

#### Wnioski Conclusions

W ramach pracy wykonano działający prototyp wizyjnego systemu diagnostyki stanu narzędzi przy toczeniu. Zastosowanie zmotoryzowanego układu regulacji ostrości umożliwiło wykonywanie ostrzych zdjęć narzędzi o różnych geometriach. Algorytm detekcji obszaru zużycia ostrza poprawnie wskazuje poziom zużycia, a na efekt jego działania nie wpływają narosty, inne obiekty występujące w tle oraz ubytki materiału ostrza.

Within this project the working prototype of machine vision tool wear measurement system was developed. Application of motorized focus adjustment system enabled taking sharp pictures of different tools. The tool wear area detection algorithm correctly indicates level of wear, and it is not disrupted by adhered chips, appearance of some other objects in the background and lack of a part of cutting edge material.

#### Przykłady zastosowania w lotnictwie Examples of application in aviation



Wykonany system wizyjny do monitorowania stanu narzędzi może być zastosowany w przemyśle lotniczym, w szczególności podczas obróbki trudnoobrabialnych superstopów szeroko stosowanych do wytwarzania części silników odrzucających takich, jak komory spalania, łopatki i wały turbin, dysze wylotowe, części sprzątki itd., gdzie zużycie ostrza jest niepotrzebne i istnieje wysokie prawdopodobieństwo katastrofycznego stępienia ostrza, co jest trudne do nadzorowania przez operatora obrabiarki.

Developed machine vision tool condition monitoring system can be applied in aerospace industry, especially during machining of difficult-to-machine superalloys widely used in jet engine parts like part of combustion chamber, blades and turbine shafts, extruding die, parts of compressor etc. when tool wear is not repeatable and has tendency to end catastrophically by chipping or breakage thus is difficult to monitor by machine tool operator.

#### Przykłady współpracy z przemysłem lotniczym Collaboration with aviation industry

Wykonany w ramach projektu system będzie mógł być wdrożony w zakładach takich jak: WSK Rzeszów, PZL Mielec, Ultratech, które wykonują obróbkę elementów silników lotniczych wykonanych z materiałów trudnoskrawalnych. System entwickelt within the scope would be implemented in factories like: WSK Rzeszów, PZL Mielec, Ultratech, where they machine elements of engines made from hardmachinable materials.

#### Wskaźniki realizacji celów projektu Indicators of the project

##### Prace mgr, dr, hab.

##### Praca inżynierska planowana

- Karol Calka : Opracowanie metodyki akwizycji zdjęć ostrza dla wizyjnego systemu diagnostyki stanu narzędzi. Promotor: dr inż. Sebastian Bombiński, planowany termin obrony pracy - czerwiec 2012 r.