

Mgr inż. Krzysztof BŁAŻEJAK,
dr inż. Sebastian BOMBIŃSKI (Politechnika Warszawska):

SYSTEM AUTOMATYCZNEJ AKWIZYCJI OBRAZU DLA UKŁADU DIAGNOSTYKI STANU OSTRZA

Streszczenie

Panuje powszechnie przekonanie, że nowoczesne systemy diagnostyki stanu ostrza powinny być oparte na sygnałach z kilku czujników, takich jak czujniki: sił skrawania, emisji akustycznej czy drgań. Niektóre laboratoria podjęły jednak próby stworzenia systemu diagnostyki opartego na systemie wizyjnym. Takie systemy osiągają dość wysoką skuteczność, gdy pracują samodzielnie, jednak mogą również wspierać rozwiązania wieloczujnikowe. Zastosowanie układu wizyjnego w warunkach przemysłowych wymaga zbudowania systemu akwizycji obrazu zapewniającego wykonanie zdjęć ostrzy o różnej geometrii i odpornego na warunki panujące w strefie skrawania. W artykule przedstawiono prototyp takiego systemu akwizycji.

Słowa kluczowe: *akwizycja obrazu, diagnostyka stanu ostrza*

AN AUTOMATIC IMAGE ACQUISITION SYSTEM FOR A BLADE CONDITION DIAGNOSTIC SYSTEM

Abstract

It is universally believed that modern blade condition diagnostic systems should be based on signals from several sensors, including sensors of cutting forces, acoustic emissions, or oscillation. However, some laboratories made attempts to create a diagnostic system based on a visual system. Such systems achieve relatively high efficiency when working individually, however, they can also support multi-sensor solutions. The use of a visual system in industrial conditions requires construction of an image acquisition system which would ensure making of photographs of blades with various geometry and be resistant to the conditions in the cutting zone. The article presents a prototype of such an acquisition system.

Keywords: *image acquisition, blade condition diagnostics*

SYSTEM AUTOMATYCZNEJ AKWIZYCJI OBRAZU DLA UKŁADU DIAGNOSTYKI STANU OSTRZA

Krzysztof BŁAŻEJAK¹, Sebastian BOMBIŃSKI²

1. WSTĘP

Panuje powszechnie przekonanie, że nowoczesne systemy diagnostyki stanu ostrza skrawającego powinny być oparte na sygnałach z kilku czujników takich jak czujniki sił skrawania, emisji akustycznej czy drgań. Przegląd tego typu rozwiązań można znaleźć np. w [1]. Innym rozwiązaniem problemu diagnostyki stanu ostrza jest bezpośredni pomiar zużycia ostrza. Można w tym celu stosować standardowe sondy narzędziowe. Ich dokładność zależy jednak od dokładności pozycjonowania obrabiarzki i zazwyczaj jest zbyt niska do pomiaru zużycia ostrza. Wadę tę można wyeliminować stosując specjalną sondę narzędziową [2,3]. Rozwiązanie to jednak charakteryzuje się bardzo niską odpornością na narost. Dużą odpornością na narost (jeżeli występuje on klasycznie na powierzchni natarcia) wykazują metody wizyjne pomiaru zużycia ostrza [4,5] w tym również metoda opracowana w ZAOiOS PW [6]. Zbudowanie przemysłowego układu wizyjnej diagnostyki zużycia ostrza wymaga stworzenia części sprzętowej układu, która zapewni wykonywanie poprawnych zdjęć bezpośrednio na obrabiarce.

Innym pokrewnym zagadnieniem, w którym można wykorzystać wyniki przedstawione w artykule jest prowadzenie badań, których celem jest powiązanie rzeczywistego zużycia ostrza skrawającego z miarami sygnałów diagnostycznych (takich jak siły, emisja akustyczna, drgania). Badania te są bardzo kłopotliwe, ze względu na problematyczne wyznaczenie zużycia naturalnego. Najczęściej stosowanym w praktyce podejściem jest zdejmowanie narzędzia po każdej wykonanej operacji

¹ Politechnika Warszawska, Instytut Technik Wytwarzania; ul. Narbutta 86, 02-524 Warszawa
e-mail: krzysztof.blazejak@gmail.com

² sebastianbombinski@gmail.com

i wykonanie pomiaru ręcznie na mikroskopie warsztatowym czy nawet elektronowym [7] lub wykonanie zdjęcia i następnie wyznaczenie szukanych wartości zużycia. Metoda ta jest jednak bardzo czasochłonna, podatna na błędy ludzkie, takie jak błędy w prowadzonej dokumentacji, co wynika z monotonii zadania oraz co gorsza niejednolitość w określaniu zużycia przez różnych operatorów. Problemy te bardzo mocno wpływają na jakość wyników otrzymywanych w badaniach.

Na rynku jest dostępna cała gama kamer przemysłowych, dedykowanych do nich obiektywów oraz innych akcesoriów wykorzystywanych w metodach wizyjnych. Niestety nie ma dostępnych wodoszczelnych obudów, które pozwalałyby na łatwe i powtarzalne wykonywanie zdjęć ostrza z pod różnym kątem.

Wynikiem pracy jest gotowy do instalacji system wizyjny do wykonywania zdjęć ostrza na obrabiarce w warunkach przemysłowych, pozwalający na automatyczne prowadzenie badań zużycia ostrza, jak również stanowi podstawę sprzętową do automatycznego systemu diagnostyki stanu narzędzia wykorzystującego metody wizyjne.

2. PROJEKT SYSTEMU WIZYJNEGO

2.1. KAMERA



Rys. 1 Kamera Basler Aviator avA2300-25gm [8]

Do systemu wyselekcjonowano kamerę Basler Aviator avA2300-25gm[8] (rys. 1). Najważniejsze jej cechy, które przemawiały za tym wyborem:

- Wysoka rozdzielczość 2330x1750 px
- Duża (12.85x9.64 mm) monochromatyczna matryca (większy pojedynczy piksel co wpływa pozytywnie na jej czułość)
- Global shutter (rejestracja całej klatki w jednym momencie)

Wysoka czułość matrycy, pozwalająca na stosowanie niskich czasów ekspozycji oraz fakt jednoczesnej rejestracji całej klatki, umożliwiają uniknięcie rozmazania zdjęć wynikającego z drgań maszyny, na której zainstalowany będzie system wizyjny.

2.2. OBIEKTYW



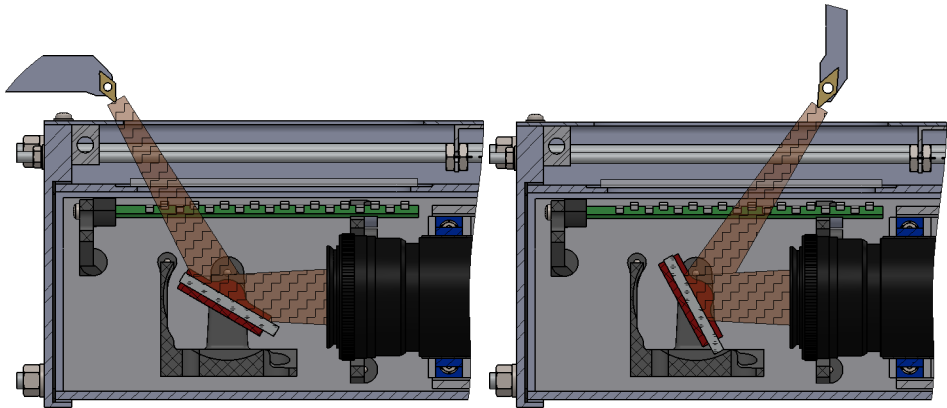
Rys. 2 Obiektyw Schneider APO-CPN 4.0/60[9]

Do kamery dobrano obiektyw Schneider APO-CPN 4.0/60[9] (rys. 2). Cechy, które przemawiały za jego wyborem:

- Odległość od fotografowanego przedmiotu: ok. 150 mm (z zastosowaniem pierścieni dystansowych)
- Obserwowane pole: ok. 12x9 mm (właściwe dla typowych ostrzy w obróbce typowej dla przemysłu lotniczego)

2.3. REGULACJI KĄTA WIDZENIA

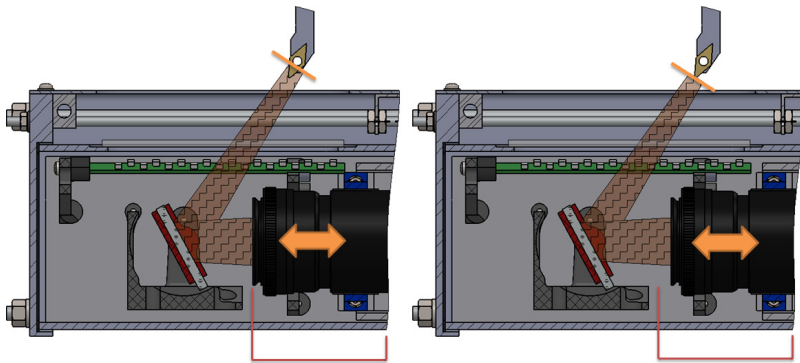
Ze względu na różnorodność stosowanych narzędzi, system wizyjny musi mieć możliwość robienia zdjęć pod różnymi kątami tak, aby możliwa była obserwacja powierzchni przyłożenia o różnym położeniu. Jedną z możliwości jest zastosowanie kilku kamer, co jednak drastycznie podniosłoby koszty systemu i spowodowało duże problemy z koniecznością rozmieszczenia każdego elementu w obrabiarce. Zaproponowane rozwiązanie opiera się na pomysłu obrotowego lustra, pozwalającego na ustawienie toru optycznego pod takim kątem, który zapewni możliwość obserwacji pożądanej powierzchni narzędzia. Rys. 3 przedstawia przykłady obrazujące ideę zmiany kąta toru optycznego.



Rys. 3 Regulacja przebiegu toru optycznego za pomocą obrotowego lustra

2.4. USTAWIENIE OSTROŚCI

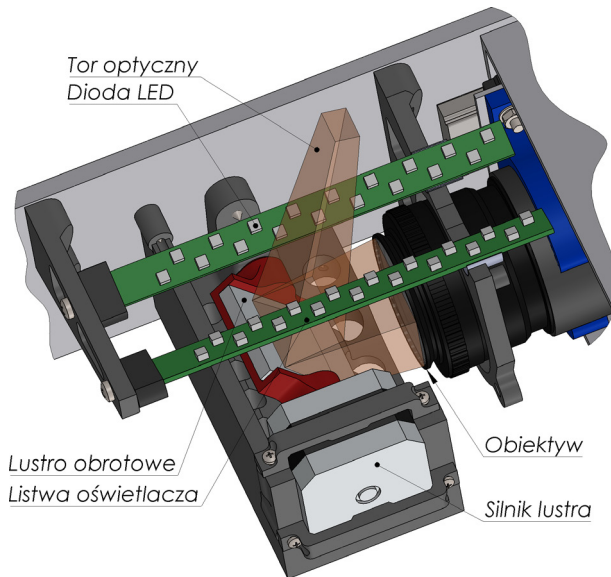
Przy wykonywaniu zdjęć niezbędne jest uzyskanie ostrego obrazu. Popularne kamery mają zwykle wbudowany mechanizm ustawiający ostrość (poprzez manipulację ogniskową obiektywu). Rozwiązanie to jest rzadziej spotykane w kamerach przemysłowych, problem ostrości jednak nadal tu istnieje. Zaproponowanym rozwiązaniem jest zapewnienie przesuwu zespołu kamery wraz obiektywem. Aktuator liniowy oparty o silnik krokowy zapewnia rozdzielczość ruchu 0.025 mm oraz zakres 50 mm. Pozwala to zarówno na kompensację odległości położen skrajnych i środkowego oraz na precyzyjne dostosowanie położenia płaszczyzny ostrości. Jest to przydatne do precyzyjnego skonfigurowania wykonywanych zdjęć oraz do ustawienia serii fotografii, z różnym położeniem płaszczyzny ostrości, co pozwala skompensować małą głębię ostrości (poprzez złożenie kilku zdjęć w jedno, wybierając z każdego zadowalające fragmenty). Idea została zobrazowana na rys. 4.



Rys. 4 Mechanizm ustawiania ostrości

2.5. OŚWIETLENIE

Bardzo istotnym aspektem każdego systemu wizyjnego jest oświetlenie fotografowanego przedmiotu. Z wcześniejszych doświadczeń wynika, że przy robieniu zdjęć obrazujących zużycie narzędzi skrawających, najlepsze jest światło monochromatyczne (pozwala to na zminimalizowanie aberracji chromatycznych), czerwone (najlepsze kontrasty), oświetlające fotografowany detal z każdej możliwej strony. Na rysunku 4.1 przedstawiono widok umieszczenia listew oświetleniowych zawierających kaskadę diod LED, montowanych powierzchniowo, zapewniających szeroki kąt świecenia (120°). Zastosowano dwie listwy, umieszczone symetrycznie względem toru optycznego. Ich długość została tak dobrana, aby zapewnić odpowiednie pokrycie wszystkich możliwych kątów położenia lustra, a co za tym idzie, różnych konfiguracji toru optycznego (patrz rys. 3 i rys. 4).



Rys. 5 Umieszczenie oświetlaczy

2.6. OCHRONA PRZED CZYNNIKAMI ZEWNĘTRZNYMI

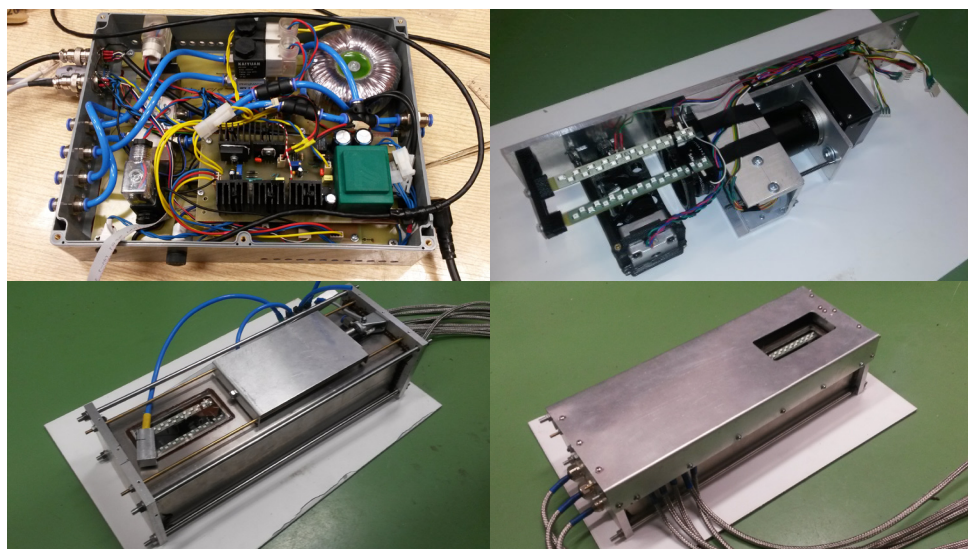
Największym problemem przy fotografii narzędzi na obrabiarkach w warunkach przemysłowych, jest ekspozycja kamery na niekorzystne czynniki (kolizje z narzędziem, uderzenia wiórów, zamoczenie chłodziwem oraz zanieczyszczenia mające negatywny wpływ na przejrzystość elementów optycznych). Podstawową rolą zaprojektowanej obudowy, poza umożliwieniem wykonywania poprawnych zdjęć, jest ochrona umieszczonej wewnątrz kamery i innych elementów układu. Aby zrealizować ten cel zaproponowano następujące rozwiązania:

- Zabezpieczenie przewodów dochodzących do obudowy przy pomocy stalowych oplotów, co zabezpiecza je przed przecięciem przez ostre wióry poruszające się z dużą prędkością.
- Wykonanie obudowy w sposób szczelny, poprzez zastosowanie dławnic (IP67) do przewodów, zabezpieczenia klap za pomocą silikonu akwarystycznego, oraz zabezpieczenie szyby poprzez przyklejenie klejem dedykowanym do połączeń szkło - metal i dodatkowo zabezpieczenie krawędzi silikonem.
- Zabezpieczenie szyby przed ekspozycją na chłodziwo poprzez zastosowanie klapki zasuwanej na czas obróbki oraz przez podawanie pod tę klapkę sprężonego powietrza, co zapobiega ewentualnym przeciekom.
- Wykonanie obudowy z wytrzymałych materiałów (główna rura obudowy wykonana jest ze stali nierdzewnej), co minimalizuje ryzyko zmiżdżenia kamery w przypadku kolizji.

3. BUDOWA I TESTOWANIE KAMERY

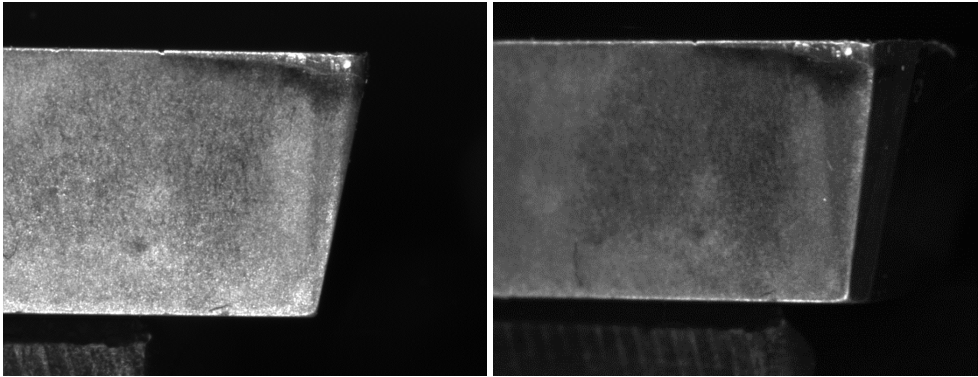
System został wykonany w dwóch częściach (zdjęcia powstałych urządzeń przedstawiono na rys. 6):

- Zespół kamery, montowany w strefie obróbki, odporny na niekorzystne warunki towarzyszące obróbce skrawaniem.
- Sterownik, zawierający zespół zasilacza, elektronikę oraz elektrozawory sterujące pneumatyką systemu (otwieranie/zamykanie klapki oraz oczyszczanie narzędzia za pomocą strumienia powietrza).



Rys. 6 Elementy systemu: sterownik, wnętrze kamery, korpus bez pokrywy głównej, w pełni zmontowana kamera

Podstawowe testy systemu polegały na wielokrotnym sprawdzeniu wszystkich funkcji skonstruowanej obudowy oraz na wykonaniu zdjęć wielu różnych narzędzi. Przykłady wykonanych fotografii przedstawiono na rys. 7.



Rys. 7 Przykładowe zdjęcia ostrza wykonane pod różnymi kątami

4. PODSUMOWANIE

W ramach prac zbudowano system wizyjny do wykonywania zdjęć ostrza na obrabiarce w warunkach przemysłowych. Zdjęcia pozwalają na ocenę starcia na powierzchni przyłożenia i obniżenia krawędzi skrawającej. System jest w pełni automatyczny, czyli otwarcie przesłony kamery, oczyszczenie ostrza z chłodziwa i luźnych wiórów oraz włączania oświetlenia i wykonanie zdjęć odbywa się bez udziału operatora. Solidna szczelna obudowa kamery i przewodów do niej prowadzących zabezpiecza przed uszkodzeniem przez chłodziwo i wióry. Pozwala to na pracę w strefie obróbki. Dzięki zmiennemu kątowi linii optycznej kamery możliwe jest wykonywanie zdjęć ostrzy o bardzo zróżnicowanych kątach przystawienia za pomocą pojedynczej kamery.

Wadą powstałego rozwiązania są jego spore gabaryty, co może powodować problemy z instalacją na mniejszych obrabiarce w taki sposób, aby nie stworzyć ryzyka kolizji. Częściowym rozwiązaniem problemu mogłoby być przeniesienie siłownika pneumatycznego na boczną powierzchnię obudowy. Pozwoliłoby to na zmniejszenie dystansu pomiędzy osłoną przednią, a szybą o około 15 mm, jednocześnie zmniejszając grubość całej konstrukcji.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Dornfeld, D., Jemielniak, K., O'Donnell, G., and Teti, R., 2010, "Advanced monitoring of machining operations," *CIRP Ann. - Manuf. Technol.*, **59**(2), pp. 717–739.
- [2] Chrzanowski, J., and Wypysiński, R., 2010, "INDEPENDENT TOOL PROBE WITH LVDT FOR MEASURING DIMENSIONAL WEAR OF TURNING EDGE," **34**(3).

- [3] Szafarczyk, M., and Chrzanowski, J., 2004, "Tool probe for measuring dimensional wear and X-coordinate of turning edge," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, **23**(3-4), pp. 272–278.
- [4] Kurada, S., 1997, "A review of machine vision sensors for tool condition monitoring," **34**, pp. 55–72.
- [5] Dutta, S., Mukhopadhyay, S., Pal, S. K., and Sen, R., 2013, "Application of digital image processing in tool condition monitoring: A review," *CIRP J. Manuf. Sci. Technol.*, **6**(3), pp. 212–232.
- [6] Bombiński, S., and Żaczek, J., 2012, "WIZYJNY SYSTEM DIAGNOSTYKI STANU OSTRZA PRZY TOCZENIU," *Inżynieria Masz.*, **17**(1), pp. 30–41.
- [7] Dimla, D. ., and Lister, P. ., 2000, "On-line metal cutting tool condition monitoring.," *Int. J. Mach. Tools Manuf.*, **40**(5), pp. 769–781.
- [8] Basler, "Basler aviator," pp. 1–6 [Online]. Available: http://www.baslerweb.com/media/documents/BAS1501_aviator_Brochure_SAP0026_web.pdf. [Accessed: 18-Feb-2015].
- [9] Schneider, "Unifoc 58/76" [Online]. Available: <http://www.bockoptronics.ca/bockoptronics/pdf/schneider/unifoc.pdf>. [Accessed: 19-Feb-2015].