

Radosław BYRSKI<sup>1</sup>, Konrad PALKIJ<sup>2</sup>

Opiekun naukowy: Paweł ZIOBRO<sup>3</sup>, Dorota WIĘCEK<sup>4</sup>

## ZASTOSOWANIE SAFEPILOTE HSM NA WYDZIALE OBRÓBKI SKRAWANIEM W PRZEMYŚLE MOTORYZACYJNYM

**Streszczenie:** Artykuł opisuje praktyczne aspekty zastosowania systemu SafePilot HSM (Holder Speed Monitoring) na wydziale obróbki skrawaniem. Jest napisany w oparciu o projekt badawczy oraz eksperymenty przeprowadzone na maszynach obróbczych z zamontowanym akcelerometrem do monitorowania stanu narzędzia. Celem w jakim SP HSM został zainstalowany w maszynie obróbczej jest weryfikacja poprawności zablokowania oprawy narzędzia we wrzecionie. Opisana została problematyka i konsekwencje zablokowania z wiórem dla procesu produkcji i przedsiębiorstwa, poruszone zostają również kwestie związane z umiejscowieniem akcelerometru na wrzecionie i metodologią pomiaru. Przedstawiona zostaje również koncepcja połączenia systemów SafePilot siecią Ethernet z systemami WattPilot odpowiedzialnymi za kontrolę zużycia i złamań narzędzi dla kompleksowego monitoringu procesu.

**Słowa kluczowe:** DigitalWay, SafePilot HSM, przemysł motoryzacyjny, monitorowanie produkcji

## APPLICATION OF SAFEPILOTE HSM IN PRODUCTION SYSTEMS IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY

**Summary:** The article describes the practical aspects of using the SafePilot HSM (Holder Speed Monitoring) system in the machining department. The article is written on the basis of a research project and experiments carried out on machining machines with an accelerometer installed to monitor the condition of the tool. The purpose for which the SP HSM has been installed in the machining machine is to verify the lockability of the tool holder in the spindle. The issues and consequences of blocking with the chip for the production process and the enterprise are described, as well as issues related to the location of the accelerometer on the spindle and the measurement methodology. The concept of connecting SafePilot systems via Ethernet with WattPilot systems responsible for wear and damage control of tools for comprehensive process monitoring was also presented.

**Keywords:** DigitalWay, SafePilot HSM, Automotive, Monitoring

---

<sup>1</sup>Akademia Techniczno-Humanistyczna, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, Specjalność: Systemy logistyczne przedsiębiorstwa, email: radb802@gmail.com

<sup>2</sup>Akademia Techniczno-Humanistyczna, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, Specjalność: Systemy logistyczne przedsiębiorstwa, email: konrad.palkij@gmail.com

<sup>3</sup>Właściciel firmy ZPT, pawel.ziobro@zp-team.pl

<sup>4</sup> dr inż., Akademia Techniczno-Humanistyczna, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, email: dwiecek@ath.bielsko.pl

## 1. Wprowadzenie

W czasach coraz większej automatyzacji procesów produkcyjnych, zarówno przedsiębiorstwa: producenci dóbr dla odbiorców finalnych, jak i firmy dostawcy innowacyjnych rozwiązań dla branży wielkoskalowego przemysłu wytwórczego, prześcigają się w poszukiwaniu i wdrażaniu rozwiązań, które zoptymalizują koszty produkcji. [9]

W praktyce przemysłu motoryzacyjnego dla firm zajmujących się produkcją komponentów, które wymagają obróbki skrawaniem, częstym problemem są kwestie związane z ponad programową kontrolą jakości wyrobów z poszczególnych operacji obróbczych. Przyczyną pojawiania się konieczności nadprogramowych kontroli są np. złamanie narzędzi lub zablokowanie narzędzia we wrzecionie z wiórem, który znajduje się na powierzchni oprawki narzędzia wchodzącej do stożka wrzeciona.

Obliczenie opłacalności instalacji systemów zabezpieczających maszyny przed zjawiskiem zablokowania narzędzia z wiórem, sprowadza się do zadania sobie pytania o kwestię obliczenia kosztów dodatkowych zatrzymań maszyny i przeprowadzenia selekcji detali wyprodukowanych przez narzędzie, które miało bicie kołowe ostrza narzędzia, przez co doszło do wyprodukowania detali z poszczególnymi wymiarami poza nominalną tolerancją obróbki.

Mówiąc o kosztach produkcji musimy również pamiętać o konieczności zatrudnienia odpowiedniej liczby operatorów, którzy będą przeprowadzać kontrolę jakości. Natomiast o ile wydział produkcyjny jest wyposażony w innowacyjne rozwiązania, które pozwalają zminimalizować ilość kontroli jakości przewidzianych i przeprowadzanych w procesie, możemy myśleć i mówić o tym, aby kreatywność i kompetencje kadry zostały przekierowane na tory poszukiwania kolejnych optymalizacji możliwych do wprowadzenia w procesie produkcyjnym i do ciągłego podnoszenia jakości produkowanych wyrobów.

Dla pełniejszego obrazu sytuacji związanej z koniecznością wykonywania dodatkowych kontroli jakości, trzeba również pamiętać o tym, iż zatrzymane maszyny generują straty produkcyjne. Nie mogą one wyprodukować przewidzianej ilości wyrobów gotowych w trakcie zmiany produkcyjnej, gdyż są wyłączone z procesu produkcyjnego, w oczekiwaniu na potwierdzenie, że wyprodukowane detale są zgodne z przewidzianymi normami jakości.[8]

Warto nadmienić, iż maszyny które w trakcie procesu produkcyjnego zostały z niego czasowo wyłączone, pozostają one w stanie ciągłej gotowości do podjęcia produkcji. Oznacza to wstrzymanie wykonywania cyklu obróbki, ale całe sterowanie maszyny i obwody pomocnicze są włączone. Generuje to dodatkowe straty związane z niepotrzebnym zużyciem energii elektrycznej.[6]

Właściwym wydaje się być podejście, które traktuje rozwiązania innowacyjne i ich wdrażanie na wydziałach produkcyjnych, jako element codziennej rzeczywistości przedsiębiorstw produkcyjnych. Oczywistym jest, że wprowadzanie nowych, nieznanych dla zakładu, innowacyjnych rozwiązań powoduje generowanie stresu organizacyjnego, ale tylko przez politykę otwartości na podejmowanie wyzwań, dzisiejsze przedsiębiorstwa mogą stać się generatorem własnej przewagi i konkurencyjności.[5]

## 2. SafePilote HSM (Holder Seat Monitoring – Monitorowanie gniazda uchwytu)

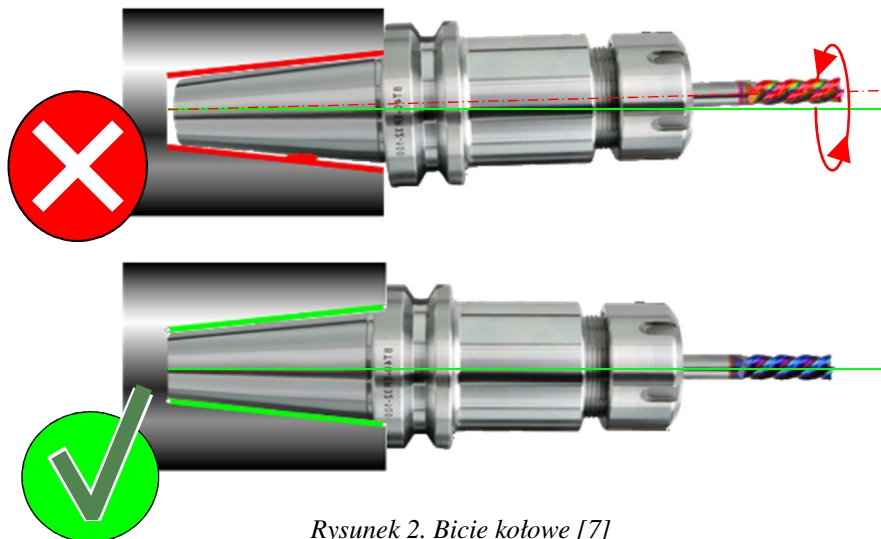
SafePilote e HSM (Holder Seat Monitoring) wykrywa wióry znajdujące się pomiędzy uchwytem narzędzia a stożkiem wrzeciona. Ten bardzo szybki i czuły system pomiarowy pozwala zagwarantować jakość obróbki – co jest szczególnie ważne w przypadku procesów produkcyjnych, w których są stosowane kluczowe dla zapewnienia jakości produktu finalnego narzędzia wykonujące obróbkę precyzyjną (rys.1). [2]



Rysunek 1. DigitalWay SafePilote HSM [10]

### 2.1. Wiór umieszczony w gnieździe oprawki narzędziowej

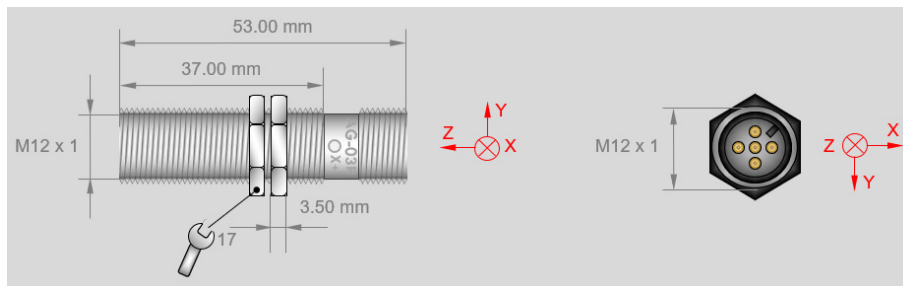
Centra obróbcze wykorzystujące automatyczną wymianę narzędzi w cyklu, zapewniają wiele korzyści, ale są one wyjątkowo podatne na zanieczyszczenie wiórami, zwłaszcza podczas obróbki aluminium. W procesie tym powstają bardzo małe i lekkie wióry, które mogą się przemieszczać w strefie roboczej maszyny. Podczas wymiany narzędzia, pomimo strumieni powietrza i chłodziwa czyszczącego, wióry mogą przypadkowo wpadać między uchwyt narzędzia a stożek wrzeciona.[10] Narzędzie zablokowane we wrzecionie z wiórem ma bicie kołowe (rys.2), ilość usuwanego materiału jest zwiększona, pomiary mogą wychodzić poza zakres tolerancji – w konsekwencji: mały wiór może bezpośrednio wpłynąć na jakość produkcji![7]. Po każdej wymianie narzędzia i podczas fazy przemieszczania pomiędzy magazynem narzędzi a obrabianym detalem SafePilote HSM mierzy niewyważenie narzędzia i porównuje je z danymi referencyjnymi. Jeśli między uchwytem narzędzia a stożkiem wrzeciona znajduje się wiór, niewyważenie narzędzia będzie inne niż wartość odniesienia. Czujnik o wysokiej rozdzielczości opracowany specjalnie dla tego zastosowania wykryje w czasie krótszym niż 0,4 sekundy obecność wióra o grubości zaledwie 10 mikrometrów.[1]



Rysunek 2. Bicie kołowe [7]

## 2.2. Instalacja SafePilote HSM w maszynie obróbczej

3-osiowy akcelerometr (rys.3) jest przymocowany do wrzeciona zazwyczaj (na ile pozwalają warunki konstrukcyjne maszyny) po przeciwnej stronie obszaru obróbki, a procesor SafePilote jest zamontowany w szafie elektrycznej. Cały system SafePilote jest chroniony przed szkodliwym działaniem środowiska obróbki (olej skrawający, wióry metalowe i opiłki, cykl załadunku detali, ruch wymiennika narzędzi) co zapewnia nienaganną żywotność i niezawodność. [2]



Rysunek 3. 3-osiowy akcelerometr przemysłowy w obudowie M12 [10]

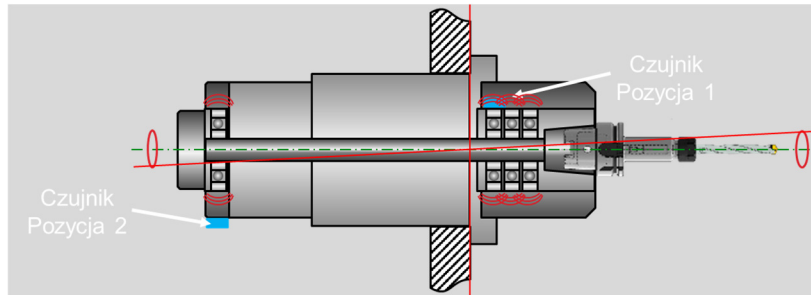
Pozycje czujników przedstawiono na rys.4:

- Pozycja czujnika 1 – z przodu na części łożyska obudowy – najlepsze położenie. W tym położeniu, gdy narzędzie i uchwyt narzędziowy są niewyważone - czujnik odbiera tylko drgania z łożyska, a właściwym kierunkiem pomiaru wyważenia jest **kierunek promieniowy**.

- Pozycja czujnika 2 – z tyłu na części łożyska obudowy.

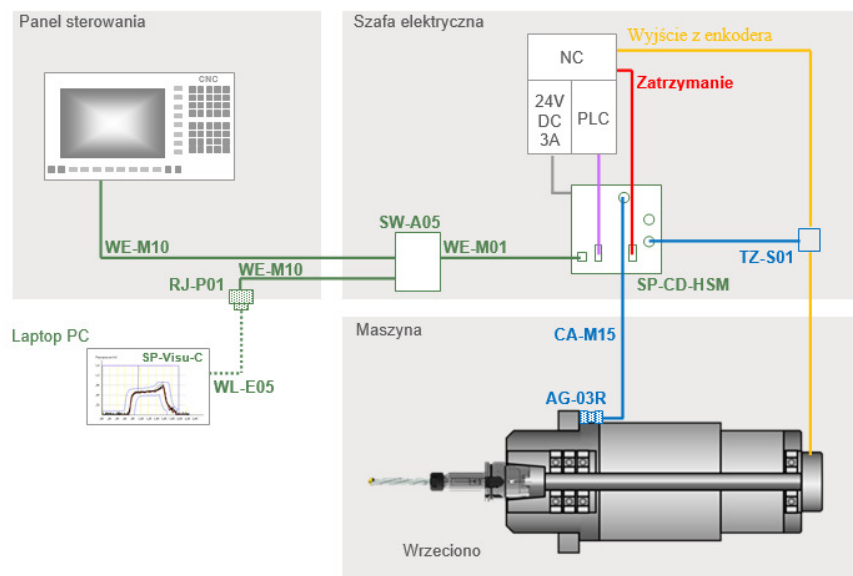
Siła odśrodkowa niewyważonego narzędzia i uchwyty narzędziowego powoduje ruch okrężny (przeciwna faza) z tyłu wrzeciona. W kierunku promieniowym czujnik odbiera dodatkowe drgania z łożyska i ruchu tylnego wrzeciona. Właściwy sposób

polega na pomiarze w **kierunku stycznym**, aby poruszały się tylko drgania pochodzące od tylnego wrzeciona. [3]



Rysunek 4. Pozycje czujników [10]

Instalację systemu SafePilote HSM w maszynie obróbczej ze sterowaniem numerycznym przedstawiono na rys.5.

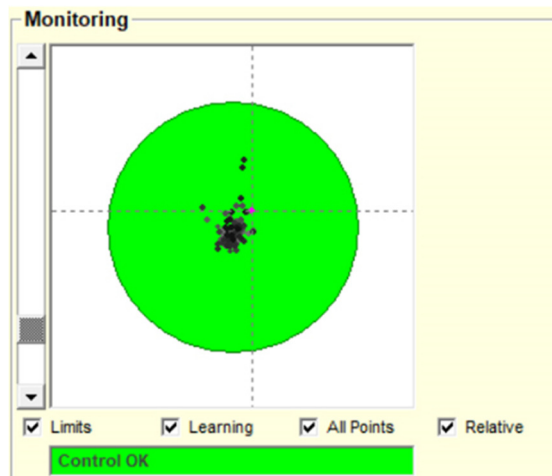


Rysunek 5. Instalacja systemu SafePilote HSM w maszynie obróbczej ze sterowaniem numerycznym [2]

### 3. Metoda monitorowania

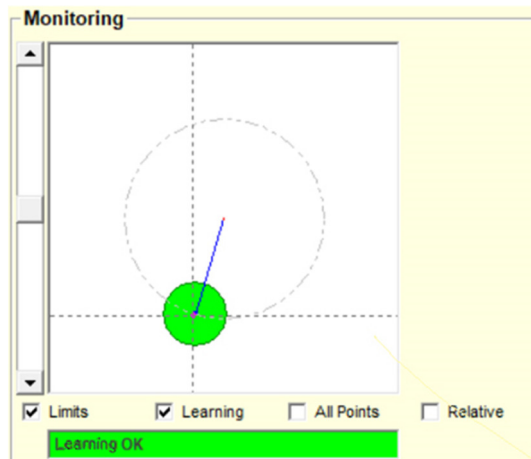
W przypadku każdego nowego narzędzia używanego w maszynie SafePilote HSM mierzy niewyważenie narzędzia, uchwytu narzędzia i zespołu wrzeciona oraz rejestruje amplitudę, fazę niewyważenia i przyjmuje to za wartości odniesienia.

Zakres wokół tych wartości definiuje kołowy obszar, w którym pomiary niewyważenia są uznawane za dopuszczalne (rys.6).



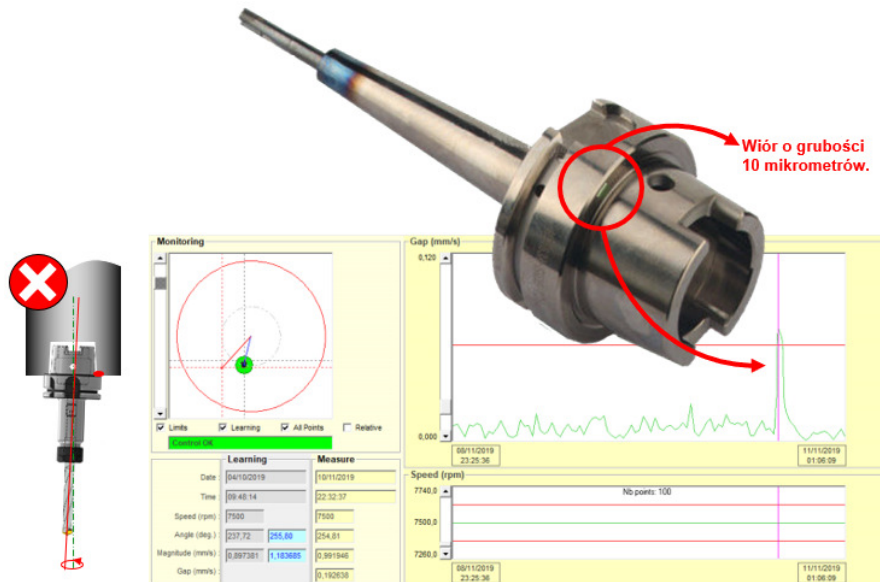
Rysunek 6. Zakres dopuszczalnych pomiarów niewyważenia [7]

Przy każdej wymianie narzędzia w trakcie procesu obróbki, mierzone są nowe wartości niewyważenia narzędzia, uchwyty narzędzia i zespołu wrzeciona, a różnica między położeniem niewyważenia z konkretnego cyklu, a położeniem niewyważenia odniesienia jest porównywana z wartością ustalonego dopuszczalnego zakresu (rys.7).



Rysunek 7. Pomiar nowych wartości niewyważenia po wymianie narzędzia [7]

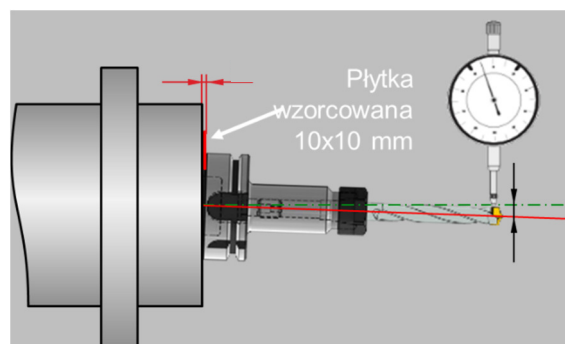
Pomiar poza obszarem odniesienia wskazuje na obecność wiórów między uchwytem narzędzia, a stożkiem wrzeciona. Wysoka czułość systemu SafePilote umożliwia wykrycie odchyłeń odpowiadających wiórom o grubości zaledwie 10 mikrometrów (rys.8). [4]



Rysunek 8. Wynik pomiaru nowych wartości niewyważenia – wykrycie wióra [7]

### 3.1 Stworzenie wzorca wykrywalności wiórów

Płytkę wzorcowaną we wrzecionie symulującą grubość wióra przedstawiono na rys. 9.:



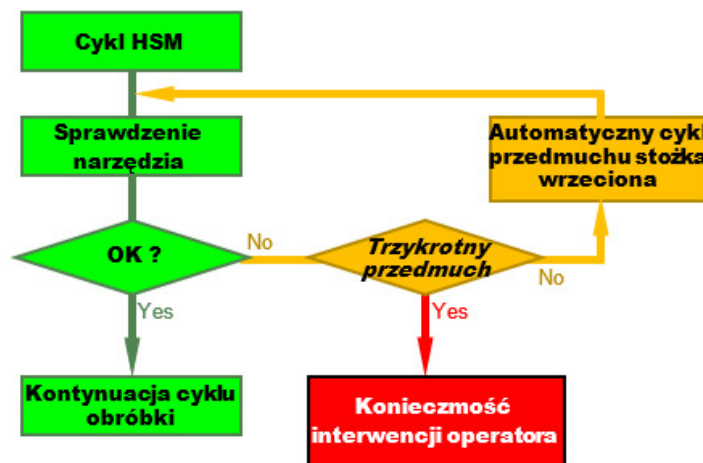
Rysunek 9. Płytkę wzorcowaną we wrzecionie symulującą grubość wióra [10]

- Przesunięcie wrzeciona do określonej pozycji X, Y i Z, łatwo dostępnej.
- Uruchomienie wrzeciona i wykonanie pięciu cykli pomiarowych HSM.
- Włożenie nieodkształcalnej płytki wzorcowej (płytkę Johnsona – 10 mm x 10 mm) o znanej grubości, na przykład 20  $\mu\text{m}$ .
- Użycie komparatora, aby sprawdzić przesunięcie na końcu narzędzia i porównanie z wartością teoretyczną.
- Uruchomienie wrzeciona i wykonanie cyklu pomiarowego HSM.

Różnica między pierwszymi 5 cyklami odniesienia, a cyklem z płytką wzorcowaną wskazuje na **czułość wykrywania wióra**, który powodowałby takie samo odchylenie, **jak grubość płytki wzorcowanej**, na przykład  $20\mu\text{m}$ . [2]

### 3.2 Cykl obróbki po wymianie narzędzia

Cykl obróbki po wymianie narzędzia przedstawia rys.10.



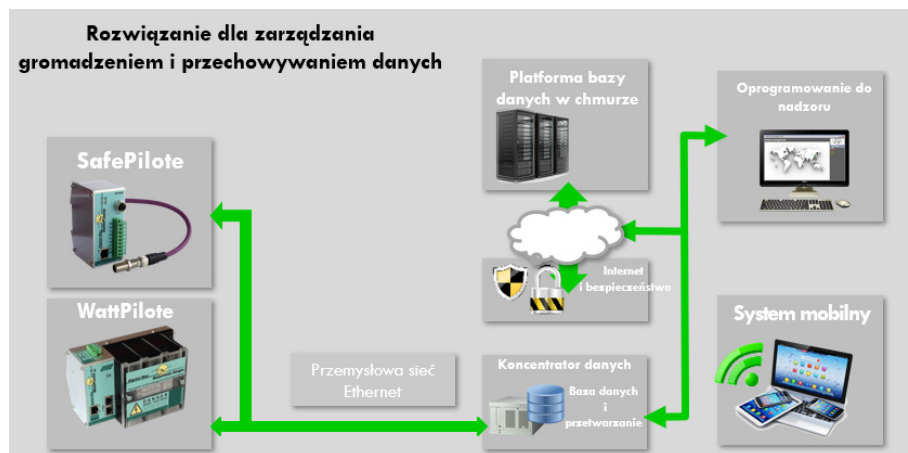
Rysunek 10. Cykl obróbki po wymianie narzędzia [7]

Przy każdej wymianie narzędzia system SafePilot HSM sprawdza obecność wiórów między uchwytem narzędzia, a wrzecionem. W przypadku wykrycia system informuje maszynę, aby automatycznie wyczyściła stożek we wrzeciona.

Jeśli po trzech próbach czyszczenia SafePilot nadal wykrywa obecność wióra, wówczas zostaje wysłany alarm do operatora w celu sprawdzenia i ręcznego czyszczenia. [4]

Na rys. 11 przedstawiono koncepcję połączenia systemów SafePilot siecią Ethernet z systemami WattPilot.





Rysunek 11. Koncepcja połączenia systemów SafePilate siecią Ethernet z systemami WattPilate [10]

#### 4. Podsumowanie

Obróbka detali z wiórami zablokowanymi pomiędzy uchwytym narzędzia a stożkiem wrzeczona powoduje powstanie detali brakowych. Systemy takie jak SafePilate HSM pozwalają kontrolować proces obróbczy bez potrzeby ingerencji operatora. Daje to zachowanie ciągłości procesu, zniwelowanie „wąskich gardeł”, które wpływają na wydajność linii produkcyjnych oraz całościowe koszty operacyjne przedsiębiorstwa. Innowacje o charakterze organizacyjnym, choć bezpośrednio przekładają się na poprawę sytuacji finansowej, mogą często być inspiracją do tworzenia kolejnych rozwiązań innowacyjnych, które mogą mieć już charakter produktowy albo wpłyną na usprawnienie procesu wdrażania tego typu innowacji. Efektem wdrożenia innowacji są między innymi usprawnienie funkcjonowania maszyn na linii produkcyjnej oraz zminimalizowanie strat powstałych w wyniku uszkodzenia narzędzi. Inwestowanie w innowacje to dzisiaj poniekąd obowiązek firm, przedsiębiorstw i organizacji akademickich, które chcą zmieniać świat.

Nie istnieje zdefiniowana ścieżka, która byłaby w stanie przeprowadzić nas przez meandry rozwoju. Nie jesteśmy w stanie stwierdzić co będzie za zakrętem, musimy do niego dojść, zobaczyć co tam jest, porównać się ze światem, aby stwierdzić że nasze rozwiązania będą odpowiadały na jego potrzeby.

Po stronie rządzących, jak również instytucji wsparcia szeroko pojętego biznesu, leży obowiązek nieustannego wspierania badań nad nowymi technologiami. Nawet nad tymi, które na początku wydają się nie do końca trafione, gdyż już sama praca badawcza może zaprowadzić nas do całkiem innego wynalazku.

Środki finansowe wydane na wynalazczość to nie są stracone zasoby, to są dobrze wydane pieniądze. Miejmy świadomość, iż tylko nieustanne poszukiwanie i eksplorowanie zaprowadzi nas tam, gdzie się spodziewamy albo tam gdzie nie mieliśmy pojęcia, że dotrzemy.

**LITERATURA**

1. PIECUCH G.: Uniwersalne narzędzie diagnostyczne do detekcji niewyważenia wrzeciona CNC. *Badania i Rozwój Młodych Naukowców w Polsce, Nauki techniczne i inżynierijskie*, 2018, Część III, str. 126.
2. Digital Way SafePilote\_US – materiały informacyjne Digital Way.
3. SKOCZYŃSKI W., STEMBALSKI M.: Sensory we współczesnych obrabiarkach sterowanych numerycznie. *Mechanik* 11/2016.
4. SafePilote\_booklet\_US\_V200\_HSM - materiały informacyjne Digital Way.
5. SZULEWSKI P.: Efektywne łączenie systemów podstawą inteligentnej produkcji. *Mechanik* 1/2018.
6. IWAŃSKI T.: Napędy i sterowanie, miesięcznik naukowo-techniczny. *Przemysł 4.0 i wszystko jasne* nr1(213)/2017, str.22.
7. Materiały firmy Digital Way, User's Manual Ref. SPMC – US – 1.01A.
8. Serwis internetowy: <https://www.digitalway.fr/machine-condition-monitoring>, 04.11.2020.
9. Serwis internetowy: <http://www.sluzby-ur.pl/artykuly/1790/html>, 04.11.2020.
10. Serwis internetowy: <https://www.digitalway.fr/>, 05.11.2020.