

# Koncepcja systemu nadzoru procesu wytwarzania dla przemysłu lotniczego opartego na układzie diagnostyki procesu skrawania

The concept of the manufacturing supervision system for aerospace industry based on tool condition monitoring system

SEBASTIAN BOMBIŃSKI  
JOANNA KOSSAKOWSKA  
KRZYSZTOF JEMIELNIAK \*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.10.350

Artykuł przedstawia koncepcję systemu nadzoru procesu produkcyjnego wykorzystującego układ diagnostyki stanu narzędzia i procesu skrawania. Koncepcja obejmuje konfigurację systemu i przepływu informacji między stanowiskami kierownika linii, technologa, operatora obrabiarki oraz kontrolno-pomiarowymi.

**SŁOWA KLUCZOWE:** system nadzoru produkcji, diagnostyka procesu skrawania

*The paper presents the concept of a production process supervision system based on a tool condition monitoring system. The concept includes the system configuration and the information flow between the head of the line, technologist, machine tool operator and control-measuring posts.*

**KEYWORDS:** the manufacturing supervision, tool condition monitoring system

## Ogólna koncepcja systemu nadzoru produkcji

We współczesnych zakładach przemysłowych, zwłaszcza wyposażonych w wiele stanowisk roboczych, coraz bardziej niezbędne staje się stosowanie różnego typu systemów komputerowego wspomaganie wytwarzania [1]. Jedną z klas takich systemów są systemy zapewnienia jakości, których przykładem jest prezentowany system nadzoru procesu wytwarzania.

Sterowanie procesem produkcyjnym obejmuje zarówno nadzór nad procesem wytwarzania, jak i zarządzanie procesem produkcyjnym. W klasycznych rozwiązaniach nadzór nad procesem wytwarzania realizowany jest przez samego operatora, stosującego konwencjonalne (zazwyczaj organoleptyczne) metody monitorowania, czasem wspomagane przyrządami pomiarowymi. Nadzór procesu produkcji realizowany jest za pomocą dokumentacji papierowej, wypełnianej zarówno przez personel na stanowisku roboczym, jak również przez personel zatrudniony na stanowisku nadzorczym.

Wraz z rozwojem nowych technologii coraz powszechniejsze staje się wspomaganie bądź zastępowanie tradycyjnych metod nadzoru procesu wytwarzania metodami z informatyzowanymi i zautomatyzowanymi. Umożliwia to minimalizację liczby braków, zwiększenie powtarzalności, optymalizację warunków obróbki, ograniczenie awarii i związanych z tym przestoju w pracy obrabiarek. W konsekwencji uzyskuje się zwiększenie wydajności obróbki

przy jednoczesnym obniżeniu kosztów. Z kolei wspomaganie nadzoru procesu produkcyjnego umożliwi lepsze wykorzystanie parku maszynowego (w tym planowanie remontów), lepszą kontrolę nad płynnością produkcji i minimalizację czasu potrzebnego na dokumentowanie procesu.

Zapewnienie odpowiedniego nadzoru produkcji jest szczególnie potrzebne w przemyśle lotniczym, gdzie wymagana jest pełna dokumentacja procesu wytwarzania każdej części, zawierająca informacje o tym, przez kogo, kiedy i w jakich warunkach była obrabiana bądź mierzona. Proponowaną koncepcję takiego systemu przedstawiono na rys. 1. Dzieli się on na dwie zasadnicze części – system zarządzania produkcją oraz system nadzoru procesu wytwarzania. Oba systemy komunikują się ze sobą przez bazę danych. System zarządzania produkcją obejmuje stanowiska kierownicze, jak np. kierownika linii czy kierownika produkcji. Dzięki specjalnym aplikacjom z dostępem do bazy danych personel kierowniczy może z jednej strony rozdysponowywać zlecenia do wykonania, udostępniać dokumentację techniczno-technologiczną itp., a z drugiej strony – np. zbierać informacje o przepływie produktów między stanowiskami, obciążeniach maszyn, awariach.



Rys. 1. Struktura systemu sterowania procesem produkcyjnym

Znacznie bardziej złożony jest system nadzoru procesu wytwarzania, który składa się z czterech modułów:

- Moduł Diagnostyki Narzędzia i Procesu Skrawania (DNiPS), którego podstawową, pierwotną funkcją jest określanie końca okresu trwałości i wykrywanie katastroficznego stopienia ostrza (KSO). Istnieje wiele komercyjnych układów realizujących zadania DNIPS [2], [3]. Jednak są to autonomiczne układy, niewspółpracujące z systemami nad-

\* Dr inż. Sebastian Bombiński (s.bombinski@wip.pw.edu.pl), dr inż. Joanna Kossakowska (j.kossakowska@wip.pw.edu.pl), prof. dr hab. inż. Krzysztof Jemielniak (k.jemielniak@wip.pw.edu.pl) – Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Produkcji

rzędnymi. Układu DNiPS umożliwiający taką współpracę zbudowano w ZAOIOS ITW PW [4]. Poza wspomnianymi funkcjami podstawowymi gromadzi on informacje o tym, kto i kiedy wykonywał poszczególne przedmioty, z jakimi parametrami przeprowadzana była operacja, jaki był stan ostrzy dla poszczególnych operacji. Dzięki temu możliwe jest znacznie pełniejsze wykorzystanie układu DNiPS.

- Sprzężenie informacji o stanie ostrza z wynikami pomiarów przedmiotu umożliwia np. określenie wpływu zużycia ostrza na ten wymiar. Mechanizm ten po wykonaniu pewnej partii produkcji pozwala wyeliminować błędy operatora w uczeniu układu. Można również typować przedmioty, które mają zostać zmierzone, np. w przypadku nadmiernego zużycia ostrza. Na podstawie przebiegów sygnałów diagnostycznych układ DNiPS może typować zabiegi, które wymagają korekty (np. gwałtowne wzrosty sił czy drgań). Ponadto dokumentacja przebiegu operacji pozwala wykryć błędy ludzkie, takie jak np. brak wymiany narzędzia we właściwym czasie czy nieplanowana zmiana parametrów obróbkowych poprzez przypadkową zmianę ustawień pokręteł sterujących.

- Moduł operatora, złożony z programu obsługującego cyfrowe przyrządy pomiarowe i przyrządy identyfikacji przedmiotu (skanerów kodów kreskowych). Moduł, komunikujący się z bazą danych, umożliwia bieżącą kontrolę przebiegu procesu wytwarzania, wyników pomiarów, a sam czas pracy operatora w zakresie dokumentowania przebiegu i wyników obróbki ograniczony jest do minimum. Operator za pomocą tej aplikacji otrzymuje również wytyczne w zakresie wykonywania obróbki czy pomiarów. W przypadku zaimplementowania DNiPS, operator wykorzystuje aplikację również do jego obsługi. Poprzez ten moduł kierownik linii może komunikować się z operatorem, zlecając zadania i wyznaczając ich priorytety.

- Moduł Kontroli Jakości (KJ) składa się z panelu kontroli jakości i specjalistycznego oprzyrządowania. Poprzez panel kontrola jakości otrzymuje zlecenia na wykonanie poszczególnych pomiarów; wyniki pomiarów KJ przekazuje za pomocą aplikacji do bazy danych.

- Moduł technologa złożony z aplikacji oraz oprzyrządowania CAM służy do bieżącej kontroli uzyskanych wyników pracy na danym stanowisku roboczym. Technolog ma np. dostęp do wyników pomiarów na poszczególnych stanowiskach, dzięki czemu może kontrolować stabilność procesów. Dzięki aplikacji może również przekazywać szczegółowe instrukcje w kwestii wykonania danych pomiarów czy obróbki (np. deklarować granice tolerancji). Zadaniem technologa jest również wykonywanie ustawień układu DNiPS (ustawienia czujników, czułości układu itp.).

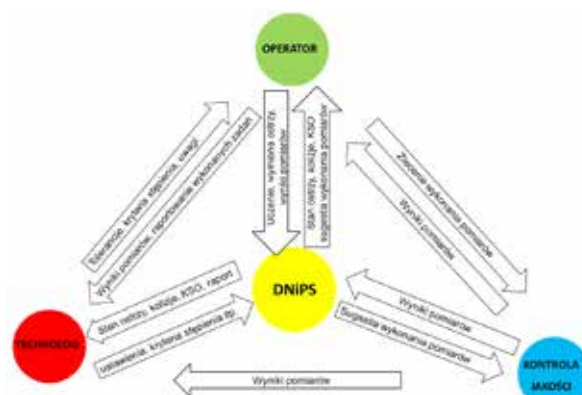
### Przepływ danych w systemie zarządzania procesem wytwarzania

Praca układu nadzoru wytwarzania nie byłaby możliwa bez odpowiedniego przepływu danych pomiędzy poszczególnymi modułami (DNiPS, Operator, KJ, Technolog). Jest on realizowany za pośrednictwem bazy danych (rys. 2). Można tu wyróżnić następujące relacje:

- Technolog do DNiPS wysyła informację o ustawieniach diagnostyki (np. czułość, wybór narzędzi i czujników do nadzoru, deklaracja sposobu obróbki, definicje narzędzi), technolog przyporządkowuje również poszczególnym narzędziom powierzchnie obrabiane w danym przedmiocie obrabianym, dzięki czemu układ DNiPS może sugerować kontrolę poszczególnych powierzchni w przypadku stwierdzenia dużego zużycia ostrza; określa program obróbkowy,

według którego ma być obrabiany przedmiot i udostępnia go dla układu DNiPS.

- Technolog do operatora przekazuje ustawienia technologiczne (wytyczne do wykonania mierzonych parametrów, dopuszczalne odchyłki mierzonych parametrów, kryteria stępienia ostrza, komentarze).



Rys. 2. Przepływ informacji w systemie zarządzania procesem wytwarzania

- DNiPS do technologa przekazuje przebiegi sygnałów diagnostycznych, raportowanie przebiegu prac oraz wyników nadzoru procesu skrawania na danym stanowisku, (np. data/godzina wykonywania poszczególnych operacji, nazwisko operatora, wartości zużycia ostrzy po wykonaniu poszczególnych operacji, informacja o wystąpieniu sytuacji awaryjnych (kolizje, katastroficzne stępienie ostrza).

- DNiPS do operatora przesyła informacje o oszacowanym zużyciu ostrza, o wystąpieniu bądź zagrożeniu wystąpieniem sytuacji awaryjnych (kolizje, katastroficzne stępienie ostrza), sugestie wymiany ostrzy, szacowanie liczby operacji możliwych do wykonania danym ostrzem.

- Operator do układu DNiPS przekazuje informacje o wymianie ostrza, odpowiednio wykwalifikowany operator ma również uprawnienia do uczenia układu nadzoru.

- Operator do technologa przekazuje raportowanie wykonanych zadań (zleceń, operacji), wyniki pomiarów oraz komentarze.

- Kontrola jakości do technologa wysyła wyniki pomiarów.

- DNiPS do kontroli jakości może wysyłać sugestie wykonania pomiarów na danym przedmiocie, np. w przypadku wystąpienia dużego zużycia narzędzia.

### Podsumowanie

Przedstawiony w artykule system ułatwia i przyspiesza dokładne dokumentowanie procesu wytwarzania. Takie dokumentowanie umożliwia ograniczenie liczby pomiarów, przez co obniża koszty, a także pozwala na niezbędną w przemyśle lotniczym jego certyfikację.

**Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego oraz Narodowe Centrum Badań i Rozwoju – Nr umowy Innoto/II/10/NCBR/2014 – INNOGEAR.**

### LITERATURA

1. Jakimowicz M., Saniuk A., Saniuk S. „Systemy informatyczne wspomagające produkcję i logistykę w przedsiębiorstwie”. *Logistyka* 2/2015.
2. MONTRONIX. „Operating Manual SPECTRA v6.00” (2009).
3. NORDMANN, „Description of Tool and Process Monitoring with Nordmann Tool Monitors SEM” (2007).
4. Kossakowska J., Bombiński S., Jemieliński K. „Układ nadzoru stanu narzędzia ADONIS 10”. *Mechanik*, nr 12 (2015).