

*jakość, efektywność, błąd,
kontrola wizualna,
organizacja pracy*

Katarzyna VOGT¹
Agnieszka KUJAWIŃSKA¹

ANALIZA WPLYWU WYBRANYCH CZYNNIKÓW PRACY NA SKUTECZNOŚĆ KONTROLI WZROKOWEJ

W artykule zaprezentowano wyniki analizy wpływu czynników organizacji pracy oraz sposobu ułożenia niezgodności w wyrobie na skuteczność kontroli wzrokowej. Szczegółowo zaprezentowano wyniki eksperymentu, przeprowadzonego w przedsiębiorstwie produkującym elektronikę dla branży motoryzacyjnej. Badano skuteczność sekwencji kontroli wizualnych, usytuowanych w wybranym procesie technologicznym. Oceniano wpływ zmiany produkcyjnej, rodzaju niezgodności, oraz umiejscowienia i organizacji kontroli wzrokowej na jej skuteczność. Stwierdzono dominację wpływu czynników zależnych od kontrolera na skuteczność kontroli.

1. WPROWADZENIE

W inżynierii produkcji, tak jak w każdej działalności decyzyjnej człowieka, ważna jest umiejętność odkrywania, zrozumienia i rozwiązywania problemów. Aby zarządzać racjonalnie coraz więcej uwagi należy poświęcać rozsądnemu podejmowaniu decyzji, zarówno dotyczących działań operacyjnych, jak i strategicznych dla organizacji. Sukces działań podjętych w wyniku tych decyzji jest wynikiem znajomości reguł i mechanizmów rządzących procesami wytwarzania, umiejętności szybkiego reagowania na określony stan procesu. Istotne jest jakimi narzędziami wspomagającymi proces decyzyjny się dysponuje oraz na podstawie jakich danych dokonywane są analizy. Danych do oceny procesów wytwarzania dostarcza kontrola jakości.

Pojęcie kontroli jakości można interpretować na wiele sposobów [5],[13],15]. Na potrzeby opracowania przyjęto, że jest to sprawdzenie zgodności procesu lub wyrobu z wymaganiami wewnętrznego, bądź zewnętrznego klienta [5]. Najczęściej jest wykonywana poprzez bezpośredni pomiar lub obserwację, zaś jej wynikami są uzyskane dane pozwalające na interpretację ocenianego stanu procesu.

Głównym celem kontroli jest zwiększenie szansy na to, aby wyrób (proces) był wolny od wad lub niezgodności w momencie przekazania go do użytkownika lub dalszych etapów procesu produkcyjnego.

¹ Politechnika Poznańska, Katedra Zarządzania i Inżynierii Produkcji,
E-mail: agnieszka.kujawinska@put.poznan.pl

Trudno znaleźć branżę produkcyjną, w której nie realizowano by postulatów wynikających z kontroli jakości. W wielu gałęziach przemysłu odgrywa ona szczególną rolę, zwłaszcza tam gdzie jej wynik ma duże znaczenie dla odbiorcy produktu. Przykładem może być produkcja samochodów osobowych, narzędzi chirurgicznych lub leków, gdzie występuje bezpośredni wpływ jakości wyrobu na stan zdrowia, a w szczególnych przypadkach na życie odbiorcy produktu.

Rozwój metod kontroli jakości trwa nieprzerwanie od lat 20-tych XX wieku, kiedy sprowadzano ją do oceny wyrobu po jego wyprodukowaniu, co oznaczało kontrolę ukierunkowaną na jego jakość końcową. Wyroby niespełniające wymagań były separowane i wracały na produkcję w celu usunięcia wad lub były po prostu złomowane. Takie podejście do kontroli zostało poddane krytyce w latach 50-tych. Zauważono bowiem, że stosowanie tylko kontroli końcowej wyrobu naraża organizację na bardzo duże koszty – koszty napraw i złomowania. Co więcej zauważono, że nawet stuprocentowa inspekcja produktów nie zapewnia, że w ręce klienta trafi wyrób zgodny z wymaganiami [3]. Podejście procesowe do produkcji oraz rosnąca popularność idei "zero defects manufacturing" przyczyniły się do zmiany myślenia o kontroli jakości. Obecnie realizowana jest ona na wybranych (lub wszystkich) etapach produkcji i głównym jej celem jest wczesne wykrywanie zmian w procesie (głównie zmian stabilności i zdolności procesu). Jeżeli te zmiany się pojawiają, to kolejnym etapem działań jest poszukiwanie przyczyn ich występowania oraz stosowanie środków korygujących i zapobiegawczych. Taka praktyka pozwala na sterowanie jakością procesów i zwiększa szansę na utrzymanie ich na określonym poziomie. Kontrola zaś stała się nieodłącznym elementem sterowania jakością.

Istnieje wiele klasyfikacji kontroli jakości w zależności od przyjętego kryterium podziału. Ze względu na możliwość wykonania pomiaru ocenę jakości można podzielić na:

- ocenę cech mierzalnych (ilościowych) - cechy te mogą być zmierzone i przedstawione w pewnej jednostce miary,
- ocenę cech niemierzalnych (jakościowych) – można dokonać tylko słownego opisu cechy. Przyjmuje ona określoną liczbę stanów (cecha alternatywna) [5, str. 272].

Kontrolę jakości dla cech alternatywnych można wykonać poprzez pomiar, sprawdzenie lub obserwację, co w konsekwencji pozwala na zaklasyfikowanie obiektu do jednego z kilku stanów (np. wyrób dobry-wyrób wadliwy; wyrób klasy I, II, III; itp.). Kontrola alternatywna może być wykonywana z udziałem specjalistycznych urządzeń, które w sposób automatyczny klasyfikują wyroby (przykładowo: maszyny weryfikujące płytki drukowane z możliwością rozpoznawania obrazów, urządzenia oceniające barwę nadruku itp.) lub z udziałem wyłącznie człowieka, który z wykorzystaniem wiedzy i zmysłów ocenia stan procesu/wyrobu.

Kontrola alternatywna przeprowadzana przez człowieka często nazywana jest organoleptyczną. Jej szczególnym przypadkiem jest ocena wzrokowa. W latach 20-tych XX wieku. przyjmowano, że jest to najbardziej wiarygodna metoda oceny produktu z grupy kontroli alternatywnych, jednak badania na przestrzeni lat 50-70-tych podważyły to założenie [1],[2],[4]. W tych latach nie tylko rozwiano mit na temat kontroli wizualnej, ale rozwinięto teorię detekcji sygnałów i matematycznych modeli procesów, które mogłyby ograniczyć udział człowieka w procesie oceny wyrobu [3]. W latach 80-tych nastąpił powrót

do kontroli z udziałem człowieka i próba opracowania technik pozwalających na dobór kontrolerów z określonymi cechami psychofizycznymi do tego typu działań. Kolejne dziesięciolecia to dyskusja na temat wpływu rozwoju technologii informacyjnej na wyniki kontroli wizualnej. Przeprowadzone w tym czasie badania obejmowały między innymi analizę dostępu do informacji, instrukcji, fotografii, a także możliwość automatyzacji kontroli wizualnej, wykorzystania wirtualnej rzeczywistości w szkoleniu kontrolerów oraz wpływu czynników organizacji pracy na skuteczność kontroli [2],[6],[8-9],[12],[14].

Kontrola wizualna jest zaliczana do działań ekonomicznie opłacalnych - nie wymaga wykorzystywania kosztownego sprzętu, jest także metodą nieniszczącą, czyli nie prowadzi do zużycia ocenianego obiektu. Korzystając z kontroli wzrokowej i jej mocnych stron, nie można zapominać o jej słabych stronach - jest często zawodna, nawet stuprocentowa kontrola nie gwarantuje poprawnej oceny. W tabeli 1 zaprezentowano cztery decyzje możliwe do podjęcia w zależności od oceny wzrokowej stanu wyrobu.

Tabela 1. Cztery możliwe decyzje człowieka w ocenie wizualnej wyrobu [14]
Table 1. The four possible decisions in the human visual inspection of the product [14]

Decyzja	Rzeczywisty stan wyrobu	
	Wyrób wadliwy (NOK)	Wyrób dobry (OK)
Odrzucenie	Decyzja właściwa: odrzucenie wyrobu	Decyzja niewłaściwa: odrzucenie wyrobu
Zaakceptowanie	Decyzja niewłaściwa: zaakceptowanie wyrobu	Decyzja właściwa: zaakceptowanie wyrobu

Błędy te bardzo często nazywane są błędami I-szego oraz II-go rodzaju, poprzez analogię do błędów weryfikowania hipotez statystycznych.

2. MIARY SKUTECZNOŚCI KONTROLI WIZUALNEJ

Głównym celem kontroli wzrokowej jest odseparowanie produktów, które nie są zgodne ze specyfikacją od produktów wolnych od niezgodności. Jak pokazano wcześniej, w procesie oceny człowiek może popełnić dwa rodzaje błędów: zaklasyfikować wyrób dobry jako niezgodny oraz niezgodny jako dobry. Prawdopodobieństwo popełnienia tych dwóch typów błędów oraz frakcja wyrobów niezgodnych z wymaganiami po procesie kontroli są podstawowymi wskaźnikami oceny skuteczności kontroli [12]. W literaturze tematu można odnaleźć wiele miar skuteczności kontroli wzrokowej, przykładowo wskaźniki [14]: Freemana-McCornacka, Youdena-Nelsona, Wallacka-Adamsa, First Pass Yield (FPY), inne.

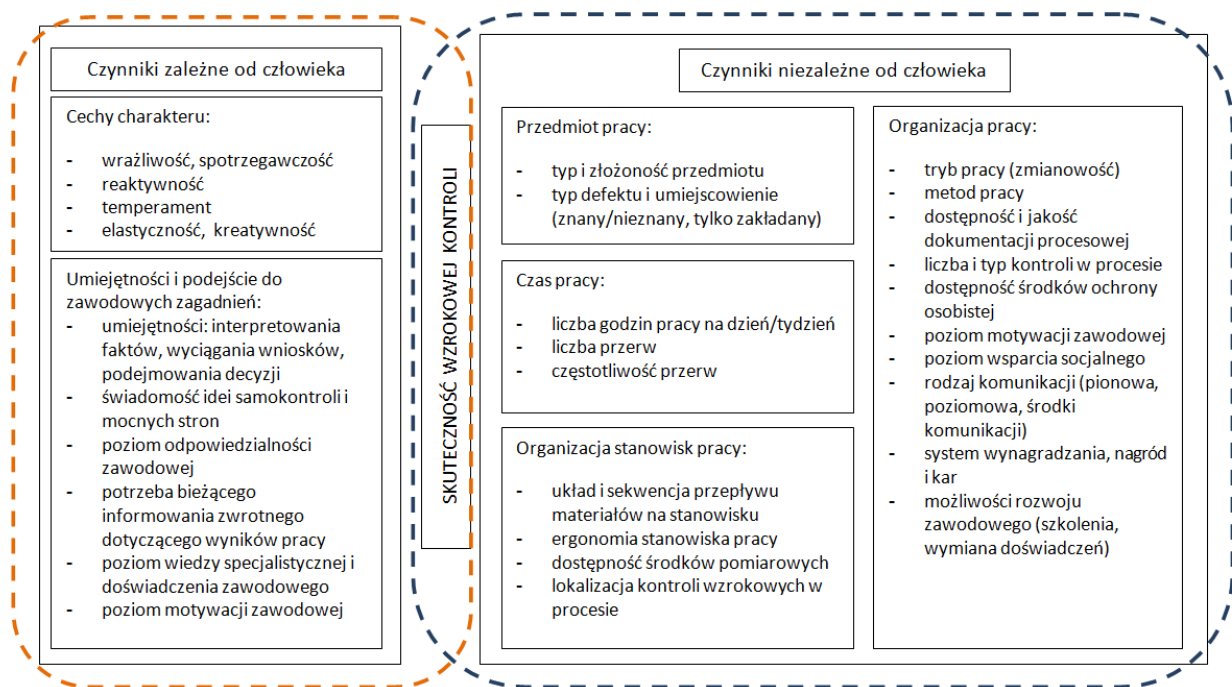
W przeprowadzonym eksperymencie skuteczność kontroli oceniano z wykorzystaniem wskaźnika FPY, który określa udział liczby wykrytych za pierwszym razem niezgodności do całkowitej liczby niezgodności na danym etapie procesu, wyrażony w procentach.

$$FPY = (\text{liczba wykrytych niezgodności za pierwszym razem}) / (\text{całkowita liczba niezgodności na danym etapie procesu}) * 100\%$$

Wartość wskaźnika FPY kształtuje się w przedziale 0-100%. Maksymalna wartość FPY (100%) kontroli oznacza, iż każda niezgodność jest wykrywana przez daną kontrolę za pierwszym razem i żadna niezgodność nie przedostaje się do dalszych etapów procesu. Niska wartość FPY sygnalizuje o nieskuteczności danej kontroli. Większość niezgodności, które powinny być wykryte przez daną kontrolę wykrywane są dopiero w kolejnych etapach procesu, przez wtórne kontrole (występujące w dalszej sekwencji procesu).

3. CZYNNIKI WPLYWAJĄCE NA KONTROLĘ WZROKOWĄ

Badania na temat wpływu różnych czynników na wynik kontroli wzrokowej wykonywanej przez człowieka trwają już kilkadziesiąt lat. Pokazują one, że na skuteczność oceny wyrobu przez człowieka, w tym kontroli wzrokowej, mają wpływ czynniki związane z organizacją pracy i z samym człowiekiem (rys. 1) [1],[2],[4],[7-10].



Rys. 1. Podział czynników wpływających na wynik kontroli wzrokowej wykonywanej przez człowieka [6]

Fig. 1. The factors classification that affect on the results of the visual inspection carried out by human [6]

Te dwie grupy czynników można podzielić na 5 kategorii co przedstawia tabela 2. Czynniki techniczne to czynniki związane z fizyczną realizacją kontroli wizualnej w procesie produkcji. Przykładowo do tej grupy zalicza się czynniki związane z rzeczywistym poziomem wadliwości, z cechami produktu, które podlegają ocenie (jej

dostępność do oceny wzrokowej), ze standardami, na podstawie których wyrób jest kontrolowany, dostępnością narzędzi wykorzystywanych w czasie kontroli.

Tabela 2. Czynniki wpływające na wyniki kontroli wizualnej
Table 2. Factors that influence on the result of the visual inspection

Czynniki techniczne	Czynniki psychofizyczne	Czynniki organizacyjne	Czynniki środowiska pracy	Czynniki socjalne
<ul style="list-style-type: none"> • rodzaj wad • widoczność wady • poziom wadliwości • standardy (sprawdziany) • automatyzacja kontroli • inne 	<ul style="list-style-type: none"> • wiek • płeć • spostrzegawczość • doświadczenie • temperament • kreatywność • inne 	<ul style="list-style-type: none"> • szkolenia • zakres podejmowania decyzji • informacja zwrotna • czytelne instrukcje • inne 	<ul style="list-style-type: none"> • oświetlenie • hałas • temperatura • czas pracy • ergonomia stanowiska • inne 	<ul style="list-style-type: none"> • komunikacja w zespole • presja • izolacja • inne

Czynniki psychofizyczne odnoszą się do uwarunkowań psychicznych i fizycznych kontrolerów. Zalicza się do nich wiek, płeć, inteligencję, temperament, stan zdrowia itp. Badania w tym obszarze zmierzają do identyfikacji cech składających się na idealny profil kontrolera.

Kolejną grupą czynników mających wpływ na skuteczność kontroli wzrokowej to czynniki organizacyjne. Należą do nich wsparcie w zakresie podejmowania decyzji w czasie kontroli oraz zdobywanie umiejętności kontrolera, liczba i typ kontroli, informacje na temat wydajności i efektywności przeprowadzonych kontroli oraz czynniki wpływające na stres kontrolera, np. czas, konsekwencje złej oceny (brak premii, utrata wizerunku firmy, itp.).

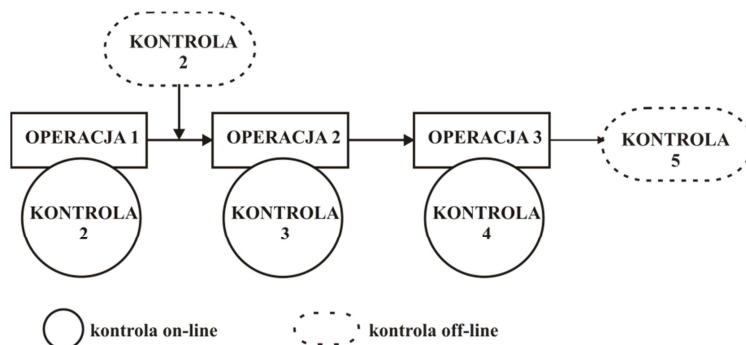
Czynniki środowiska pracy związane są z miejscem pracy, na którym jest wykonywana kontrola. Obejmują one fizyczne składniki, takie jak oświetlenie, hałas, temperaturę, jak również organizację samego stanowiska roboczego.

Ostatnią grupą czynników są czynniki związane ze społecznością przedsiębiorstwa, w której pracują kontrolerzy. W ich pracy pojawiają się często naciski osób, których interes jest w sprzeczności z pracą kontrolera. Przykładem może być presja ze strony pracowników produkcji (często kolegów), którzy oczekują akceptacji wykonanej pracy (wypłata pensji, premii) lub presja wywierana przez pracowników zarządu, aby minimalizować ponowne kontrole związane z wyrobami, co do których nie ma jednoznacznej oceny.

4. METODYKA BADAŃ

Badaniu poddano działania kontroli wizualnej w operacjach montażu, lutowania komponentów oraz nakładania powłoki ochronnej w procesie produkcji obwodów drukowanych dla przemysłu samochodowego. Jako wskaźnik skuteczności kontroli, ze względu na prostotę obliczeń i interpretacji, wybrano miarę FPY. Określa ona, jaka część wyrobów została oceniona poprawnie za pierwszym razem. FPY określa się często mianem pierwotnej skuteczności kontroli jakości.

Badania prowadzono w ciągu 32 tygodni. Analizowano wpływ na skuteczność kontroli następujących czynników: typu niezgodności, umiejscowienia i organizacji kontroli oraz zmiany produkcyjnej.



Rys. 2. Operacje i działania kontrolne w analizowanym procesie (opracowanie własne)
Fig. 2. The operations and inspections in the analyzed process (own source)

Kolejne operacje na rysunku 2 to:

- **operacja 1:** montaż komponentów przewlekanych oraz lutowanie komponentów przewlekanych,
- **operacja 2:** nakładanie powłoki ochronnej na obwód drukowany,
- **operacja 3:** test funkcjonalny.

Przykładowe typy niezgodności, które mogą pojawić się w pierwszej i drugiej operacji to: brak komponentu, nieprawidłowo zamontowany komponent, wyprowadzenie komponentu poza otworem montażowym, nadmiar lutowia, brak lutowia, powłoka ochronna w zabronionym obszarze obwodu, brak powłoki, inne.

Tabela 3. Matryca operacji i kontroli wzrokowych oraz miejsc powstawania i wykrywania skategoryzowanych niezgodności. P - miejsce powstania błędu; W- miejsce wykrywania błędu. (opracowanie własne)

Table 3. The operations and visual inspections matrix and the place and detection of defects.

P - the place of the defect, W – the place of defect detection

Nazwa operacji/kontroli	Niezgodności w montażu komponentów	Niezgodności w procesie lutowania komponentów	Niezgodności w procesie pokrywania powłoką ochronną	Zanieczyszczenia	Niezgodności związane z jakością komponentów
OPERACJA 1 (OP1) Montaż i lutowanie komponentów	P	P			
Kontrola 1 (K1)	W	W		W	W
Kontrola 2 (K2)	W	W		W	W
OPERACJA 2 (OP2) Nakładanie powłoki ochronnej			P		
Kontrola 3 (K3)			W		
OPERACJA 3 (OP3) Test funkcjonalny	W	W			
Kontrola 4 (K4)		W	W	W	
Kontrola 5 (K5)	W	W	W	W	W

W powyższej tabeli zaprezentowano miejsca powstawania potencjalnych niezgodności – są to dwie operacje: 1 oraz 2. Wskazano również kontrole, które powinny je wykrywać. Źródłem błędów związanych z zanieczyszczeniem oraz jakością komponentów jest materiał od poddostawcy.

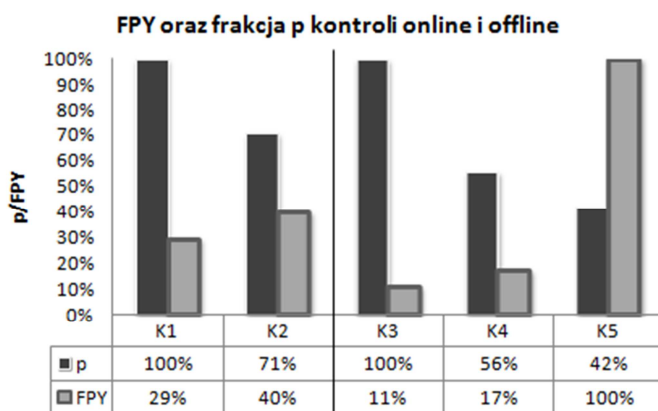
Przeprowadzano stuprocentową kontrolę produkowanych obwodów drukowanych. Operator kontrolował obiekty pod 4-krotnym powiększeniem, a w przypadkach niepewnych, pod 10-krotnym powiększeniem. Zidentyfikowaną niezgodność kwalifikował i kierował do brakowania (niezgodności nienaprawialne), bądź do napraw (niezgodności naprawialne). Analizę skuteczności poszczególnych kontroli przeprowadzono dla pięciu rodzajów niezgodności.

5. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

5.1. WPLYW ORGANIZACJI I UMIEJSCOWIENIA KONTROLI NA JEJ SKUTECZNOŚĆ

Organizacja i umiejscowienie kontroli jest rozumiana jako jej ulokowanie w sekwencji procesu produkcyjnego. Wyróżniono dwa podstawowe rodzaje kontroli, a mianowicie kontrolę: *on-line* oraz *off-line*. Kontrola *on-line* wykonywana jest na bieżąco i stanowi jeden z etapów bieżącego przepływu półwyrobów/wyrobów przez linię produkcyjną. Każdorazowo współtowarzyszy operacji technologicznej (np. montażu, lutowania komponentów). Kontrola *off-line* stanowi wydzielony etap procesu, nietowarzyszący żadnej operacji technologicznej. Jak pokazano na rysunku 2, w procesie wyróżniono trzy kontrole *on-line* oraz dwie *off-line*.

Wyniki wyrażone wskaźnikiem FPY oraz frakcją niezgodności p , rozumiane jako udział niezgodności na wejściu do danej kontroli przedstawiono na rysunku 3. Całkowitą liczbę niezgodności każdej kategorii obliczono poprzez zsumowanie liczby niezgodności określonego typu z całego procesu.



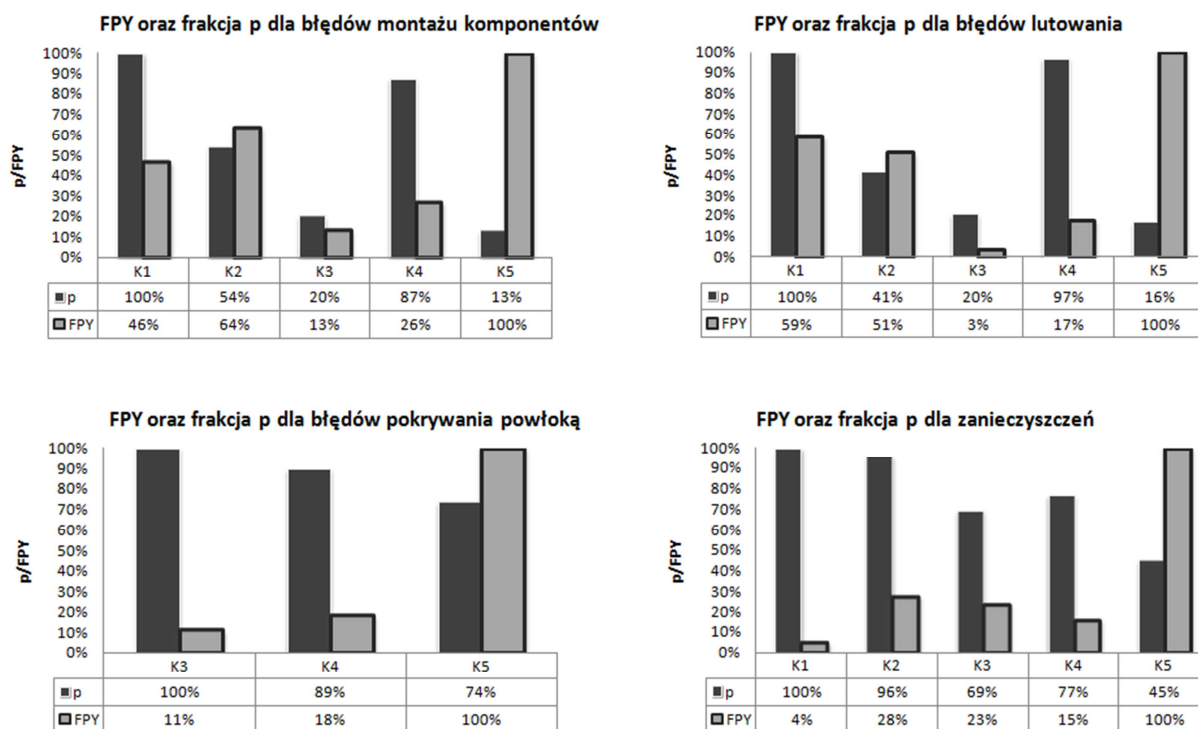
Rys. 3. Wartość wskaźnika FPY oraz frakcji błędów „p” dla poszczególnych kontroli
Fig. 3. The FPY value and the defects fraction "p" for individual inspection

Porównując wartość wskaźnika FPY: 29%, 11%, 17% dla kontroli wykonywanej w trakcie operacji (*on-line*) z wartością FPY: 40%, 100% dla kontroli po operacjach (*off-line*) można zauważyć znaczącą różnicę pomiędzy nimi. Ze względu na zależność kontroli *on-line* od operacji oraz ograniczoną ilość czasu przeznaczaną na jej wykonanie, ryzyko niezauważenia niezgodności jest zdecydowanie wyższe aniżeli w kontroli *off-line*.

5.2. WPŁYW RODZAJU NIEZGODNOŚCI NA SKUTECZNOŚĆ KONTROLI

Wyróżniono dwa rodzaje stopnia złożoności detekcji niezgodności występującej na obwodach drukowanych. W zależności od lokalizacji niezgodności na wyrobie występują błędy o znanej powtarzalnej lokalizacji w wyrobie oraz nieznaney, przypadkowej lokalizacji. Do pierwszej grupy zaliczono niezgodności w procesie montażu i lutowania, do drugiej zaś niezgodności zanieczyszczeń i powłoki ochronnej (rys. 4).

Porównując skuteczność poszczególnych kontroli na podstawie wartości wskaźników FPY (rysunek 4) zauważyć należy, iż lepszą detekcją charakteryzują się niezgodności, których lokalizacja jest stała i znana operatorom. Dla porównania na stanowisku kontroli nr 1 jest wykrywanych aż 46% wszystkich błędów montażu oraz 59% wszystkich błędów lutowania, a tylko 4% wszystkich błędów związanych z zanieczyszczeniami.



Rys. 4. Wartość wskaźnika FPY oraz frakcji błędów „p” dla niezgodności o znanych lokalizacjach w procesie montażu i lutowania oraz pokrywania powłoką

Fig. 4. The FPY value and the defects fraction "p" for defects with known locations in the assembly and brazing and covering processes

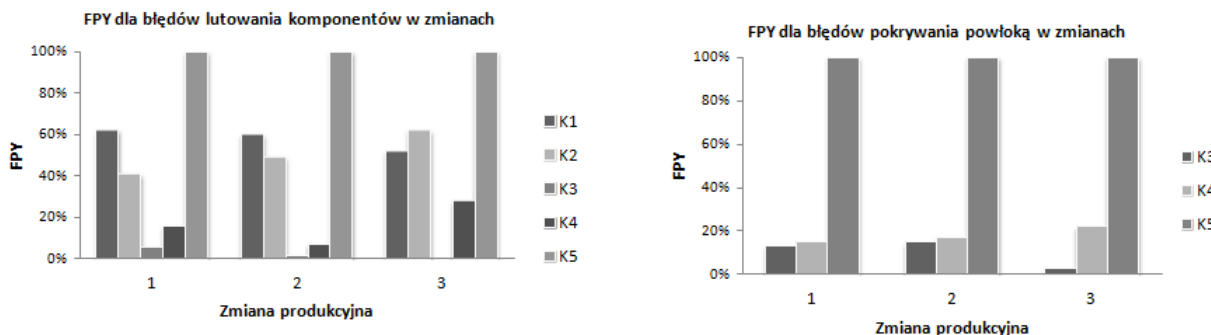
Niezgodności, których umiejscowienie na obwodzie jest przypadkowe, trudne do przewidzenia stanowią dla operatorów zdecydowanie większe wyzwanie w procesie oceny wyrobu. Wartości wskaźnika FPY dla niezgodności o nieznanym lokalizacji są najwyższe dla kontroli finalnej.

5.3. WPŁYW ZMIANY PRODUKCYJNEJ NA SKUTECZNOŚĆ KONTROLI

System pracy w przedsiębiorstwie jest trzymianowy. Analizując wpływ zmianowego systemu pracy na skuteczność kontroli uwzględniono typ niezgodności (o znanej i nieznanym lokalizacji na wyrobie). Wyniki analizy zaprezentowano na rysunku 5.

Oceniając oddziaływanie zmiany produkcyjnej na skuteczność kontroli na poziomie stanowisk pracy należy stwierdzić, iż nie zauważono istotnego jej wpływu. Wartości FPY dla poszczególnych kontroli i kategorii błędów (np. lutowania komponentów) charakteryzuje względna jednostajność w ciągu doby. Dla obu typów niezgodności zauważono pewne tendencje skuteczności wraz z postępem zmiany produkcyjnej. Dla niezgodności o znanej lokalizacji zaobserwowano wzrost skuteczności kontroli pierwszej, w przeciwieństwie do kontroli drugiej.

Dla błędów pokrywania obwodu powłoką, a więc niezgodności trudnych w detekcji, zauważono bardzo niską skuteczność kontroli na zmianie trzeciej - nocnej. Wartości wskaźnika FPY dla kontroli 3 na zmianie pierwszej wynosi 13%, na zmianie drugiej jest równa 15%, zaś na zmianie trzeciej tylko 3%. Ograniczona skuteczność na zmianie nocnej niewątpliwie wynika z wpływu dobowej sprawności psychofizycznej operatorów.



Rys. 5. Wartość wskaźnika FPY dla niezgodności o znanych lokalizacjach w procesie lutowania i oraz o nieznanym lokalizacji w procesie pokrywania powłoką ze względu na zmianę produkcyjną

Fig. 5. The FPY value for defects with known locations in the process of soldering and and location in the coating process depending on the shifts

6. PODSUMOWANIE

W przeprowadzonych w ciągu 32 tygodni obserwacjach procesu produkcji obwodów drukowanych dla przemysłu samochodowego wyróżniono czynniki wpływające na

skuteczność realizowanych procesów i zaliczono do nich: rodzaj niezgodności, zmianę produkcyjną i organizacyjną oraz umiejscowienie kontroli.

Oceniając skuteczność sekwencji kontroli za pomocą wskaźników *FPY* i frakcji niezgodności *p* dla różnych typów niezgodności zauważono, iż zdecydowanie lepszą detekcją, począwszy od pierwszej kontroli, charakteryzują się niezgodności, których lokalizacja w wyrobie jest znana i powtarzalna. Niezgodności, których lokalizacja jest przypadkowa, wykrywane są przeważnie w następstwie kontroli finalnej i wymagają oceny całościowej wyrobu.

Należy dodatkowo zwrócić uwagę, iż kontrolę *off-line* (np. K2) zwłaszcza dla niezgodności o stałej, powtarzalnej lokalizacji charakteryzuje wyższa skuteczność od *on-line*. Łączenie działań kontrolnych z operacją technologiczną zdecydowanie zaburza pracę operatora. Ryzyko popełnienia błędu w kontroli *on-line* jest większe niż w kontroli *off-line*. Należy podkreślić, że na obserwowane różnice w skuteczności kontroli na różnych zmianach produkcyjnych ma wpływ nie tylko sama organizacja pracy, ale również sprawności psychofizycznej człowieka.

Złożoność problemu skuteczności kontroli wzrokowej wykonywanej przez człowieka wynika z faktu, iż na jej skuteczność ma wpływ wiele czynników zarówno organizacyjnych jak i tych związanych bezpośrednio z samym człowiekiem.

LITERATURA

- [1] CEPIN M., 2007, *Importance of human contribution within the human reliability analysis*, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 21, 268-276.
- [2] DRURY C.G., KARWAN M.H., VANDERWARKER D.R., 1986, *The two-inspector problem*. IIE Transactions, 18, 174-181.
- [3] DRURY C.G., SINCLAIR M.A., 1983, *Human and machine performance in an inspection task*. Human Factors, 25, 391-399.
- [4] JIANG X., GRAMOPADHYE A., 2003, *Evaluation of best system performance: human, automated, and hybrid inspection systems*, Human Factors and Ergonomics in Manufacturing, 13/2, 137-152.
- [5] HAMROL A., 2008, *Zarządzanie jakością z przykładami*, PWN, Warszawa.
- [6] HAMROL A., KOWALIK D., KUJAWIŃSKA A., 2011, *Impact of chosen work condition factors on quality of manual assembly process*, Human Factors and Ergonomics in Manufacturing, 21/2, 156-163.
- [7] HANSEN F.D., 2006, *Human error: A concept analysis*, Journal of Air Transportation, 11/3, 61-77.
- [8] JO Y-D., PARK K-S., 2003, *Dynamic management of human error to reduce total risk*, Journal of Loss Prevention, 16, 313-321.
- [9] KALAYKOV I, WIDE P., 2003, *Intelligent feature estimation, based on human`s perceptual features*, SCIMA, International Workshop on Soft Computing Techniques, Measurements and Related Applications.
- [10] KHAN F., 2008, *Human factors special issue*, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 21, 225-226.
- [11] LIU Z., XIAO J., HUANG Y., 2009, *Proactive product quality control: An integrated product and process control approach to MIMO systems*. Chemical Engineering Journal, 149, 435-446.
- [12] PŁASKA, S., 2001, *Wprowadzenie do statystycznego sterowania procesami technologicznymi*, Lublin.
- [13] RAZ T., LIITTSCHWAGER J.M., 1989, *Ten measures of inspection performance*, Journal of Quality Technology, 21/2, 81-86.
- [14] SZAFRAŃSKI M., 2006, *Skuteczność działań w systemach zarządzania jakością przedsiębiorstw*. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań.
- [15] WATTS, K.P., 2011, *The effect of visual search strategy and overlays on visual inspection of castings* (Master's thesis), Iowa State University, Ames, IA. <http://lib.dr.iastate.edu/etd/10354>
- [16] ZYMONIK, Z., HAMROL, A., GRUDOWSKI, P., 2013, *Zarządzanie jakością i bezpieczeństwem*, PWE, Warszawa.

ANALYSIS OF CHOSEN WORK FACTORS INFLUENCE ON VISUAL CONTROL EFFECTIVENESS

The paper presents the investigation of work organizational factors influence on visual control effectiveness. It describes results of the experiment performed in company manufacturing electronics for automotive industry. A controller can make two types of errors in the process of visual inspection: to assess a conforming product as "defective" or to assess a non-conforming product as "good". Effectiveness of sequential visual controls in selected process was examined. As a measure of visual control effectiveness First Pass Yield index was chosen. Three operations were analyzed: assembly of components, melting components and applying a protective coating.