

doi:10.15199/48.2022.02.22

Zarządzanie procesem napraw i materiałem niezgodnym w firmie produkującej moduły elektroniczne

Streszczenie. W pracy opisano metody zarządzania materiałem niezgodnym w procesie produkcji modułów elektronicznych. Przedstawiono klasyfikację materiału niezgodnego z uwagi na okres oczekiwania na naprawę i opisano z tym związane poziomy ryzyka utylizacji takiego materiału. Skupiono się też na sposobach określania wydajności zespołów naprawczych oraz koniecznych do takich analiz danych i dedykowanych raportów. Omówiono główne cele stawiane Działowi Napraw oraz wykonano przegląd głównych czynników mających wpływ na wielkość magazynów z produktami do napraw.

Abstract. The paper describes methods of managing non-compliant material in the production process of electronic modules. The classification of non-conforming material due to the waiting period for repair is presented and the associated risk levels of material disposal are described. It also focused on how to determine the performance of repair teams and the data and reports required for such analyzes. The main goals set for the Repair Department were discussed and the main factors influencing the size of repair stock warehouses were reviewed. (*Managing the repair process and managing non-conforming material in a company producing electronic modules*).

Słowa kluczowe: Jakość produkcji, naprawa modułów elektronicznych, kontrola stosu napraw, zarządzanie ryzykiem.

Keywords: Production quality, repair of electronic modules, control of repair stock, risk management, management of the repair department.

Wstęp

Jednym z celów przedsiębiorstw produkcyjnych jest redukcja kosztów [1]. Obecnie praca ludzka stanowi znaczący procent kosztów [2]. Szuka się nowych rozwiązań i sposobów na skrócenie czasu wytwarzania produktów, poprzez integrację systemów wspierających montaż, zintegrowane systemy pomiarowe, metody pakowania, a także magazynowania. Dlatego redukuje się liczbę etapów występujących w procesie produkcji przy zachowaniu wymaganej jakości wyrobu i jego funkcjonalności.

Wyzwaniem dla inżynierów jest skrócenie czasu wytwarzania w ustawionym i zdefiniowanym procesie produkcyjnym. Jedną z metod poprawy efektywności produkcji jest identyfikacja i eliminacja tzw. wąskich gardeł (bottle-neck) [3]. Są to etapy produkcji, które są wolniejsze od pozostałych. Dlatego przyczyniają się do tworzenia buforów produktów. Bufor materiału tworzy stratę, czyli marnotrawstwo zwane mudą z terminologii „Lean” [4]. Są to koszty związane z magazynowaniem nadprodukowanych wyrobów i z ryzykiem straty materiału dobrego, który nie znajdzie nabywcy. Dlatego optymalizuje się proces tak, by każdy etap produkcji zajmował jednakowy odcinek czasu i zachowany był pełen balans linii produkcyjnej.

Poziom jakości procesu opisuje wskaźnik „yield” wyrażony w % i opisany w pracy [1]. Pojawiają się różnego typu odpady wynikające z ustawienia procesu produkcyjnego i materiału, z którego wytwarzany jest wyrób. Do ich wykrywania służą systemy wizualne i pomiarowe o różnym stopniu zaawansowania. Ich zadaniem jest niskiej jakości produktu pod kątem zgodności z opisanymi funkcjami i wymaganiami jakości. Systemy takie przewiduje się i ustala już we wstępnych fazach projektowania wyrobu i weryfikuje w etapie NPI (New Product Introduction) [1]. Są one zintegrowane z projektowanym procesem produkcji. Niestety, nie chronią one przed stratami finansowymi firmy produkującej, wynikającymi z niskiej jakości procesu produkcji lub użytych materiałów. Znalezienie wady wyrobów, uniemożliwiają ich sprzedaż. W przypadku znalezienia wad, używanych komponentów, rośnie ryzyko niedostarczenia zamówionych produktów na czas z uwagi na ograniczoną ilość komponentów, które spełniają wymagania jakościowe. Szczególnie jest to istotne w przypadku komponentów wspólnie wykorzystywanych przez producentów,

konkurujących ze sobą, np.: z obszarów motoryzacji (Automotive) czy aparatury medycznej (Medical).

Dodatkowo, każda wada produktu generuje ryzyko straty materiału [8]. Nie ma pewności, że wadliwe komponenty i niezgodne wyroby uda się naprawić lub odzyskać koszty związane z ich przetwarzaniem. Proces napraw stanowi również koszt dla firmy produkcyjnej, ale jak pokazano w pracy [1], jest on niezbędny by wyeliminować większe koszty związane z całkowitą utratą materiału lub wyrobu niezgodnego tzw. TML (Total Material Lost).

W tej pracy przedstawiono: metody zarządzania materiałem niezgodnym, kryteria związane z przydzielaniem priorytetów do napraw, metody wyznaczania celów związanych z kontrolą materiału niezgodnego w firmie elektronicznej.

Zarządzanie materiałem niezgodnym

Materiał niezgodny to taki, który nie spełnia określonych norm jakościowych lub określonych wymagań, opisanych w specyfikacji. Wraz z materiałem niezgodnym istnieje ryzyko poniesienia kosztów związanych z jakością wytwarzania wyrobów w procesie produkcji [6,7,8].

W przypadku komponentów niezgodnych, wady wykluczające je z użycia do procesu produkcji mogą być związane z ich parametrami technicznymi lub z materiałem, z jakiego zostały wykonane. Proces wytwarzania komponentów też zawiera punkty kontrolne pozwalające ocenić zgodność komponentu i jego parametrów technicznych z oczekiwaniami. Może być także stosowana inspekcja wejściowa po dostarczeniu komponentu do magazynu przed przekazaniem do produkcji. Jeżeli ta inspekcja nie pozwoli na wykrycie wad komponentów, będzie to możliwe dopiero podczas procesu produkcji.

W przypadku wyrobów mówi się o niezgodnościach wtedy, gdy podczas produkcji pojawiają się usterki wykryte przez dedykowane systemy pomiarowe i wizualne [1]. Źródłem problemów mogą być wady wynikające z samej konstrukcji wyrobu pochodzące z błędów podczas projektowania. Usterki, jakie mogą pojawić się w procesie produkcji modułów elektronicznych i norm jakościowych dopuszczających produkt do użytku opisano w pracy [1].

Niezależnie od przyczyny usterki, wadliwy produkt lub komponent musi jak najszybciej zostać usunięty z głównego strumienia procesu produkcyjnego i trafić do analizy.

Miejscem dedykowanym do rozpatrzenia materiału wadliwego powinien być „Fishmarket”, czyli punkt, w którym oczekuje materiał niezgodny na jego ocenę przez grono inżynierów. Analiza taka ma na celu opisanie uszkodzenia i wstępne określenie etapu procesu, w którym mogła się pojawić niezgodność. Proces weryfikacji przyczyny usterki określany jest jako RCFA (Root Cause Failure Analysis). Metody poprawy jakości procesu prowadzące do redukcji ilości materiału niezgodnego opisano w pracy [8]. W zależności od wyników analizy i miejsca źródła problemu, ustala się odpowiednie działania korygujące. Ważnym przy tym jest oznaczenie takiego produktu flagą, pozwalającą odróżnić go od wyrobów zgodnych [5]. Najbardziej pewnym jest stosowanie systemu produkcyjnego (traceability system), który poprzez kontrolę produkowanych wyrobów na każdym etapie produkcji oraz na testach weryfikujących, nadaje produktom odpowiednio status „zgodny” lub „niezgodny”. Dla takiej kontroli trzeba przygotować cały proces znakowania wyrobów [5].

Ostatnim etapem jest przekazanie produktu do napraw. Podobnie jak w przypadku procesu produkcyjnego, przepływ produktu w procesie napraw również powinien być jasno określony, jak to pokazano na rys. 1.



Rys 1. Przepływ wyrobu niezgodnego w procesie naprawczym.

Gdy produkt otrzyma status „niezgodny” („Fail”) przenoszony jest w odpowiednie miejsce w obszarze napraw by podjąć analizę usterki. Po przydzieleniu priorytetu, zostaje on przypisany do konkretnej osoby i podejmuje się akcję naprawczą. Po jej zakończeniu i pozytywnej weryfikacji produktu podczas dedykowanego testu, produkt trafia ponownie w strumień przepływu produktów zgodnych.

Efektywne redukcjonowanie stosu napraw wiąże się ściśle z umiejętnościami zespołu napraw. Dlatego ważne jest zdefiniowanie potrzeb i opracowanie matrycy kompetencji oraz listy wymaganych szkoleń dla tego zespołu celem podnoszenia kwalifikacji jego członków. Wprowadza się rozwiązania pozwalające ocenić maksymalną wydajność inżynierów i techników napraw i wizualizację postępów pracy on-line. Wydajny zespół napraw nie pozwala na budowanie bufora produktów do napraw.

Tylko doskonały proces produkcji przy najwyższej jakości użytych komponentów i perfekcyjnie zaprojektowanym produkcie pozwala na wytwarzanie zawsze wyrobów dobrych i gotowych do sprzedaży. W celu ustalenia procesu produkcji bliskiego doskonałości, czyli przy wskaźniku jakości yield = 100%, stosuje się metody, które zostaną omówione w dalszej części pracy.

Kontrola i raportowanie ryzyka straty materiału niezgodnego

Kontrola ryzyka związana ze stratą materiału niezgodnego zostanie przedstawiona w nawiązaniu do celu jakim jest redukcja czasu oczekiwania uszkodzonego wyrobu na naprawę. Z uwagi na nieidealność procesu produkcji, dąży się do tego, aby jedynymi wyrobami w

obszarze napraw były te z bieżącej zmiany produkcyjnej. Oznacza to, że liczba produktów wchodzących do napraw „In” oraz wychodzących z napraw „Out” jest równa. Taka sytuacja sprawia, że nie są budowane żadne bufony materiału niezgodnego i ryzyko poniesienia dodatkowych strat poza wynikającymi z kosztów naprawy, jest minimalne. Stan taki jest możliwy, gdy efektywność pracy zespołu napraw w ciągu zmiany produkcyjnej wynosi 100%. Osiągnięcie takiego wyniku wymaga zrozumienia efektywności pracy poszczególnych członków zespołu. Należy dobrać skład zespołu pod kątem umiejętności i szybkości wykonywanych czynności, by sumaryczna efektywność pracy takiej grupy dała oczekiwany rezultat. W celu ułatwienia pracy i skrócenia czasu naprawy przygotowuje się instrukcje serwisowe i standaryzuje metody usuwania usterek, które klasyfikuje się i opisuje w kategorii, niestanowiącej większego wyzwania dla zespołu. Taki stan jest możliwy w przypadku, gdy produkcja wyrobów jest stabilna, proces kontrolowalny, każda zmiana parametru procesu jest znana i wiadomo jaki przynosi skutek.

Proces produkcji składa się z cykli i etapów świadczących o jego dojrzałości. Z czasem zwiększa się świadomość inżynierów i zespołu operacyjnego oraz wszystkich osób zaangażowanych w proces produkcji. Pomaga to bardzo w ulepszaniu takiego procesu. Już przy projektowaniu wyrobu i sposobu jego wytwarzania, ustala się różne typy walidacji przyszłego procesu produkcji i produktu. Celem jest dostarczenie jak najlepiej zaprojektowanego wyrobu bez wad i stabilny proces jego wytwarzania - niegenerujący żadnych usterek. Podczas produkcji pilotażowej aż do w pełni nasyconej linii produkcyjnej działającej poprawnie w nieprzerwanym cyklu pracy (sustaining production), nieustannie szuka się słabych punktów procesu. Celem jest usunięcie wszelkich niezgodności przez ustawienie jak najlepszych parametrów dających możliwość wytworzenia zawsze produktów zgodnych. Stosuje się różnorodne jakościowo metody i narzędzia do analizy procesu, takie jak „6 Sigma” lub „Lean” opisane w pracach [4,9]. Pozwalają one ocenić obecny stan i zaplanować kolejne akcje korekcyjne. Otrzymanie w pełni dojrzałej linii produkcyjnej, na której wszystkie zmiany procesu są przewidziane i kontrolowane, wymaga czasu, wiedzy pozwalającej na analizę wszystkich danych wejściowych i wyjściowych procesu produkcji, a przede wszystkim zaangażowania i pracy wszystkich zespołów inżynierskich.

Przypadek braku produktów do napraw w magazynie jest rzadko spotykany, szczególnie dla złożonych wyrobów wymagających wieloetapowych procesów produkcji. Takimi wyrobami są układy i moduły elektroniczne, szczególnie o wysokiej skali integracji komponentów. Podstawowy podział produktów w procesie napraw, z uwagi na okres oczekiwania na naprawę, może obejmować następujące kategorie:

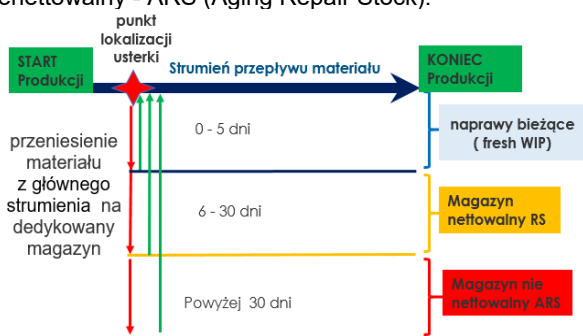
- Naprawy bieżące – wyroby sklasyfikowane jako „niezgodne” na obecnej zmianie produkcyjnej,
- Naprawy niebieżące - wyroby oczekują na naprawę dłużej niż jedną zmianę produkcji.

Z uwagi na ryzyko związane z materiałem niezgodnym i budowanym buforem produktów do napraw, dobrze jest stosować podział produktów niezgodnych w kilku dodatkowych kategoriach. Produkty niezgodne, można podzielić na grupy pod kątem długości czasu oczekiwania tych wyrobów na naprawę, podzielonego na określone interwały. Definiują one poziom ryzyka związanego ze starzeniem się materiału. Wyroby oczekujące na naprawę należą do następujących grup:

1. Świeże produkty do napraw - fresh WIP (work in process).
2. Produkty o średnim poziomie ryzyka utylizacji - medium aging and risk.
3. Produkty o wysokim ryzyku utylizacji - high aging and risk.

Powyższy podział ryzyka ma wpływ na kontrolę strumienia przepływu materiału w procesie produkcji. Ustala się reguły i sposób, w jaki produkty niezgodne powinny być odseparowane od produktów zgodnych. Definiuje się kryteria ryzyka bazujące na określeniu długości czasu oczekiwania uszkodzonego produktu na naprawę, ilości produktów do napraw oraz ich wartość.

Na rys. 2 schematycznie przedstawiono przykładowy przebieg kontroli wyrobu niezgodnego, który z głównego strumienia przepływu materiału trafia w obszar napraw. Na bazie informacji o okresie oczekiwania materiału niezgodnego na naprawę definiuje się magazyny ryzyka. Pokazano dwa magazyny do przechowywania produktów do napraw: nettowalny - RS (Repair Stock) oraz nienettowalny - ARS (Aging Repair Stock).



Rys.2 Kontrola materiału niezgodnego w magazynach RS lub ARS w zależności od czasu oczekiwania na naprawę.

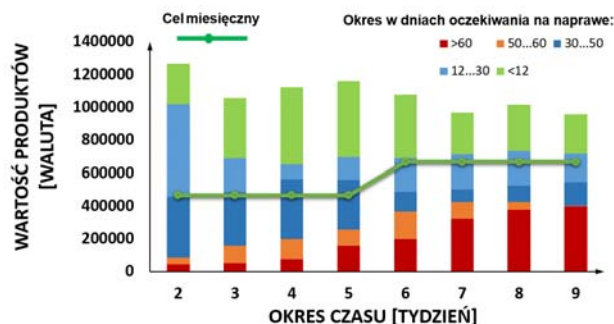
Wybór magazynu ma znaczenie do prawidłowych analiz finansowych oraz oszacowania ewentualnych strat [7]. W magazynie RS przechowywane są produkty oczekujące na naprawę przez 5-30 dni. Magazyn ARS jest przeznaczony dla wyrobów, które z dużym prawdopodobieństwem mogą ostatecznie trafić do utylizacji, ponieważ czas oczekiwania na naprawę przekracza 30 dni. Pokazana analiza wskazuje konieczność prawidłowej kontroli materiału niezgodnego poprzez odseparowanie go w odpowiednim magazynie [7].

Materiał lub wyrób, który nie może zostać naprawiony, niezależnie od przyczyny (uszkodzeń dyskwalifikujących produkt do naprawy z uwagi na wymogi jakościowe lub klienta, normy IPC, nieodwracalne procesowo uszkodzenia, brak wiedzy o sposobie diagnozy usterki lub naprawy), musi zostać zutyliizowany. Wówczas wystawia się dokument, który pozwoli na zdjęcie materiału ze stanu w magazynie z odpowiednio opisaną stratą finansową TML (Total Material Lost). Może ona stanowić znaczną część kosztów [9].

Analiza wydajności zespołu napraw i ryzyka straty materiału

W celu właściwego dysponowania materiałem niezgodnym należy ocenić obecny stan stosu napraw i ogólną dysponowaną wydolność i efektywność zespołu napraw. Przykładowy raport prezentujący zbierane dane na temat wartości produktów w naprawach umożliwiającą ocenę ryzyka związanego ze zgromadzonym buforem napraw przedstawiono na rys. 3. Raport ten zawiera dane historyczne zbierane tygodniowo na temat wartości produktów do napraw na koniec każdego tygodnia pracy. Umożliwia on analizę trendu zmian liczby produktów do napraw. Taka kontrola wartości i ilości produktów w naprawach daje pełny obraz tego, czy zespoły napraw mogą redukować stos napraw w określonym czasie.

Dodatkowo, by pozyskać pełny obraz sytuacji związany z ryzykiem starzenia się materiału, dodano kategorie opisujące okres oczekiwania produktów na naprawę, które na wykresie oznaczono różnymi kolorami. Najbardziej ryzykowany obszar opisujący produkty pozostające w procesie napraw dłużej niż 60 dni, pokazano na dole wykresu słupkowego kolorem czerwonym, by można było obserwować jego trend. Oczekuje się by poziom wartości stosu napraw dla obszaru największego ryzyka wynosił „0”. Oznacza to, że magazyn ARS powinien być zawsze pusty [7].



Rys. 3. Cel miesięczny opisujący oczekiwany limit wartości stosu napraw oraz przebieg tygodniowych zmian wartości stosu napraw, podzielonego na okresy oczekiwania wyrobów na naprawę.

W prezentowanym przykładzie raportu, widać powolną redukcję stosu napraw w kolejnych tygodniach (od 1.200.000 w tygodniu 2 do 900.000 w tygodniu 9). Jednocześnie jednak prezentowany jest znaczny wzrost liczby produktów z długim czasem oczekiwania na naprawę (czerwone słupki, od 3000 w tygodniu 2 do 400.000 w tygodniu 9). Wzrost ryzyka związanego ze wzrostem wartości produktów najdłużej oczekujących na naprawę oznacza konieczność przeorganizowania priorytetów napraw i skupienie się na produktach najstarszych w procesie napraw by zminimalizować ryzyko generowania straty TML.

Warto oprócz samej kontroli sytuacji związanej z redukcją stosu napraw i eliminacją ryzyka związanego z okresem oczekiwania na dokonanie naprawy, jednocześnie ocenić czy całościowa wartość produktów w naprawach nie przekracza określonego dopuszczalnego limitu. Limit ten powinien być określany jako cel operacyjny i powiązany z utrzymaniem wartości produktów niezgodnych na wyznaczonym poziomie (zielona linia na rys. 3).

Ilość materiału przechowywanego na produkcji i w magazynie zależy od poziomu zamówień produkcyjnych, dlatego cel związany z wielkością stosu napraw powinien odnosić się do poziomu produkcji. Ponieważ zamówienia na produkcję zmieniają się w cyklu miesięcznym, dlatego w każdym miesiącu cel związany z utrzymaniem wartości produktów w naprawach również może być inny. Z kolei, cel procentowy odnoszący się do miesięcznej sprzedaży może być stały. Na podstawie doświadczeń dobrze określony cel opisujący całkowitą wartość dla produktów elektronicznych w obszarze napraw powinien mieścić się w przedziale od 0,1% do 1,5% wartości miesięcznej sprzedaży. Im większa złożoność produktu i metod diagnostycznych oraz mocno ograniczone dostępne zasoby ludzkie, tym mniejsza wydajność zespołu napraw. Dlatego ustawiając cel należy znać limity związane z efektywnością pracy zespołu napraw, aby ustalone wymagania były możliwe do osiągnięcia.

Limity dla gromadzonego materiału niezgodnego

W przypadku stosu napraw warto kontrolować nie tylko cel związany z czasem oczekiwania wyrobu niezgodnego na naprawę i wartością produktów najstarszych w kolejce napraw, ale również cel określający maksymalny poziom

bufora napraw. Powinien on odwoływać się do limitu wydajności zespołu dedykowanego do napraw. To właśnie brak kontroli bieżących produktów schodzących do napraw i niewystarczająca wydajność zespołu napraw do redukcji bieżącego bufora produktów niezgodnych są bezpośrednią przyczyną powstawania stosu produktów długo oczekujących na analizę.

Jeżeli balans liczby produktów wchodzących do obszaru napraw i produktów po naprawach, które otrzymują pozytywny wynik na teście weryfikującym nie będzie odpowiednio utrzymany, to stos napraw może wzrastać. Tym samym rośnie ryzyko straty materiału niezgodnego. Każdy wzrost produkcji powinien wiązać się ze zwiększeniem ilości osób zaangażowanych do napraw w stosunku do liczby zamówień produkcji, by pokryć pełne zapotrzebowanie na naprawy. Inną opcją utrzymania wyrobów w naprawach w ryzach niezależnie do wahań zleceń produkcyjnych, jest ponowna analiza procesu produkcji przez inżynierów. Poprawa procesu umożliwia zmniejszenie ilości pojawiających się wyrobów wadliwych [8, 9]. Jednak takie działania mogą wymagać inwestycji i czasu związanego z przeorganizowaniem procesu. Wiąże się to z ponowną jego oceną i sprawdzenia, czy wdrożone zmiany nie pogorszyły innych, dotychczas dobrze ustawionych, parametrów [9].

W rzeczywistości stosuje się oba opisane rozwiązania. Z jednej strony prowadzone są ciągłe działania nad poprawą wyrobu obarczone zmianami ECO [10] i kontynuowane akcje związane z udoskonaleniem procesu wytwarzania. Z drugiej zaś strony, zmiany ilości zleceń produkcyjnych, szczególnie długoterminowe, wymuszają działania działu HR (Human Resources) w celu zapewnienia odpowiedniego stanu załogi. Działania pozwalają na odpowiednią organizację pracy tak, by ilość i wartość produktów w naprawach i czas oczekiwania na naprawę mieściły się w wyznaczonych przedziałach.

Przewidywanie ryzyka

Prawidłowe ustawienie celów dla zespołów napraw wymaga ciągłego gromadzenia i bieżącej analizy danych. Stosuje się różne narzędzia wspierające liderów centrów napraw pozwalające na kontrolę wydajności tego procesu. Mogą być to raporty (rys. 3), jak i wizualizacje danych, tablice i wykresy obrazujące prace zespołów (visual management). Jeden z przykładów takiego raportu zaprezentowano w Tabeli 1, gdzie w nagłówkach umieszczono zostały stacje testowe służące do walidacji produktów w procesie produkcji. W kolejnych wierszach znajdują się informacje ile z testowanych produktów przychodzi do naprawy na bieżącej zmianie produkcyjnej („In”). Również przedstawiona jest informacja, ile produktów udało się naprawić („Out”).

Tabela 1. Efektywność pracy poszczególnych zespołów napraw

zmiana 1	IN	Test1	Test2	Test3	Test4
	OUT	7	6	7	0
Delta	6	4	7	1	
efektywność redukcji stosu napraw		-1	-2	0	1
90%					
zmiana 2	IN	6	4	3	2
	OUT	10	5	1	2
Delta	4	1	-2	0	
efektywność redukcji stosu napraw					
120%					

efektywność redukcji stosu na < 100% ; wzrost stosu napraw
 = 100% ; stos napraw bez zmian
 > 100% ; redukcja stosu napraw

Stosunek wszystkich naprawionych produktów (sumOUT) do wszystkich produktów jakie bieżąco przyszły do napraw na danej zmianie (sumIN) prezentuje efektywność zmiany w redukcji stosu napraw wyrażonej w

procentach. Dane w Tabeli 1 prezentowane są dla 2 zmian pracowników. To dodatkowa informacja pozwalająca określić bieżącej grupie naprawczej, czy pozostały jakieś produkty do napraw z poprzedniej zmiany, czy też wszystkie bieżące naprawy zostały dokonane.

Podsumowanie

W pracy skupiono się na kontroli materiału niezgodnego, jego klasyfikacji i metod redukcji poprzez przydzielanie priorytetów zespołom napraw. Opisano sposoby wyznaczania celów pozwalających określić limity związane z ryzykiem utylizacji produktów do napraw powiązane z okresem ich oczekiwania na naprawę.

Przedstawiono też metody wyznaczania maksymalnej pojemności magazynu przechowującego wyroby niezgodne, którego limit powiązano z wartością miesięcznej sprzedaży. Opisano najważniejsze scenariusze zarządzania obszarem napraw i grupami naprawczymi prowadzące do optymalizacji ich efektywności pracy. Zaprezentowano różne warianty wydarzeń mogące zachwiać stabilną sytuacją kontroli stosu napraw oraz metody zarządzania pozwalające kontrolować i utrzymywać ilość produktów do napraw w założonych ramach. Przedstawiono też najlepszą sytuację, kiedy to ilość sztuk naprawionych jest dokładnie taka, jak ilości sztuk, które zostały skierowane w obszar napraw. Taki balans jest jednak trudny do uzyskania.

Dane krótkoterminowe dotyczące efektywności pracy bieżących zmian naprawczych, powinny być gromadzone i raporty efektywności generowane dziennie, tygodniowo lub miesięcznie i prezentowane wraz z danymi historycznymi. Na podstawie takich danych, poprzez analizę trendu można sprawdzić, czy zespoły naprawcze mają odpowiednią wydajność i w razie potrzeby podjąć stosowne akcje korekcyjne, by osiągnąć wyznaczony cel.

Autorzy: mgr inż. Wojciech Kowalke, Flex TD, Malinowska 28, 83-100 Tczew, email: Wojciech.Kowalke@Flex.com, prof. dr hab. inż. Krzysztof Górecki, Uniwersytet Morski w Gdyni, Wydz. Elektryczny, ul. Morska 81-87, 81-225 Gdynia, E-mail: k.gorecki@we.umg.edu.pl

LITERATURA

- [1] W. Kowalke, K. Górecki, „Diagnostyka i naprawy modułów elektronicznych w trakcie procesu produkcyjnego” Przegląd Elektrotechniczny, R. 97, nr 5, 2021, 125-133.
- [2] E. Papaj, Studia Ekonomiczne. „Koszty pracy we współczesnych przedsiębiorstwach”, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Nr 305, 2016.
- [3] J. M. Konopka, "Capacity bottleneck utilization system (CUBES)", 16th IEEE/CPMT Int. Electronic Manufacturing Technology Symposium, vol. 1, 1994, 119-121.
- [4] G. Deshmukh, C. R. Patil, M. G. Deshmukh, "Manufacturing industry performance based on lean production principles", 2017 Int. Conf. on Nascent Techn. in Engineering, 2017, 1-6.
- [5] T. C. Cucu, G. Varzaru, C. Turcu, N. D. Codreanu, I. Plotog, R. Fuica, "1D and 2D solutions for traceability in an Electronic Manufacturing Services company", 31st International Spring Seminar on Electronics Technology, 2008, 585-588.
- [6] D. Xie and H. Wang, "Research on quality cost based on manufacturing process", 2010 IEEE International Conference on Intelligent Computing and Intelligent Systems, 2010, 37-40.
- [7] Y. Yin, Z. Luo, Y. Fei, "Risk Analysis and Measurement in Warehouse Financing", 2009 IEEE International Conference on e-Business Engineering, 2009, 469-474.
- [8] C. Ji, H. Zhang, "Accident investigation and root cause analysis method", International Conference on Quality, Reliability, Risk, Maintenance, and Safety Engineering, 2012, 297-302.
- [9] A. Shokri, "Reducing the Scrap Rate in Manufacturing SMEs Through Lean Six Sigma Methodology: An Action Research", IEEE Eng. Management Rev., vol. 47, no. 3, 104-117, 2019.
- [10] P. Prolejko „Zmiana inżynierska (ECO) w produkcji kontraktowej”, <https://asselems.com/pl/zmiana-inzynierska-eco-w-produkcji-kontraktowej>