



ZASTOSOWANIE WYBRANYCH NARZĘDZI ZARZĄDZANIA JAKOŚCIĄ W CELU ZWIĘKSZENIA EFEKTYWNOŚCI MASZYN W PRZEDSIĘBIORSTWIE PRODUKCYJNYM

Aleksandra Greń¹, Paweł Zaziębto²

¹ Katedra Inżynierii Produkcji, Akademia Techniczno-Humanistyczna, Poland

² Metalpol Węgierska Górka, Poland

Corresponding author:

Aleksandra Greń

Katedra Inżynierii Produkcji

Akademia Techniczno-Humanistyczna

Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała, Poland

phone: (+48) 33 8279234

e-mail: agren@ath.bielsko.pl

APPLICATION OF SELECTED QUALITY TOOLS TO INCREASE MACHINE EFFICIENCY IN A PRODUCTION ENTERPRISE

ABSTRACT

Maintaining the company's technical infrastructure in an appropriate condition is a prerequisite for ensuring stability in the implementation of production processes. The effectiveness of actions implemented to achieve this goal improves the use of adequate quality methods and tools. This article shows the practical implications of tools such as Pareto analysis, Ishikawa diagram, MTTR, MTBF to increase the efficiency of machine operation by eliminating the main causes of downtime of an automatic molding line and implementing effective corrective actions.

KEYWORDS

Maintenance, TPM, Pareto analysis, Ishikawa diagram, OEE indicator, lean manufacturing.

1. Wprowadzenie

Użytkowanie posiadanych środków infrastruktury technicznej przedsiębiorstwa w sposób efektywny to obecnie jeden z elementarnych czynników determinujących pozycję danej firmy względem konkurencji na rynku. Niniejszy czynnik ma zasadniczy wpływ na realizację procesu produkcyjnego w sposób płynny i zapewnienie oczekiwanej jakości wytwarzanych wyrobów. Wszelkiego rodzaju przestoje wynikające z awarii negatywnie wpływają na stabilność procesu produkcyjnego i na opóźnienia w realizacji zamówień. Dlatego tak istotne jest wdrożenie działań korygujących, skutecznie eliminujących przyczyny powstania problemów, tak aby zapobiec ich ponownemu wystąpieniu [2, 3].

Racjonalne eksploataowanie maszyn i urządzeń ma wpływ na sukces rozwoju społeczeństw w dobie cywilizacji przemysłowego postępu, stąd idea powstania działań określanych jako utrzymanie ruchu. Pod pojęciem utrzymania ruchu rozumiemy działania oraz procesy, które są ściśle powiązane z produkcją i odpowiadają za zapewnienie dostępności oraz prawidłowej eksploatacji infrastruktury technicznej zakładu. Jeszcze do niedawna utrzymanie ruchu było rozumiane jako optymalizowanie dostępności urządzeń przy jak najmniejszych nakładach o charakterze reaktywnym. W dzisiejszych czasach funkcja utrzymania ruchu jest rozumiana zdecydowanie jako bardziej skomplikowany i złożony proces. Bowiern proces ten obejmuje, nie tylko zagwaran-

owanie efektywności produkcji ale również uwzględnia podejście oparte na myśleniu o ryzyku, aspekt zapewnienia jakości oraz bezpieczeństwa ludzi i środowiska. Niesprawne funkcjonowanie maszyn i urządzeń może stanowić poważne zagrożenie dla załogi pracowniczej oraz środowiska naturalnego.

Proces utrzymania ruchu ze względu na swój ciągły charakter powinien być realizowany w ramach właściwej strategii działania wspomaganą dokładną analizą wraz z audytem realnych potrzeb i możliwości zakładu produkcyjnego oraz wymagań wynikających ze specyfiki procesu produkcyjnego. Pomocne podczas tworzenia strategii utrzymania ruchu są obecnie różne koncepcje, z których każda koncentruje się na wybranych kluczowych aspektach, a stosowane razem, w ramach jednego systemu, umożliwiają opracowanie trafnych, uzupełniających się wzajemnie, procedur zarządzania utrzymaniem ruchu. Do takich koncepcji zaliczamy np.: *kompleksowe utrzymanie ruchu* (ang. *Total Productive Maintenance*, w skrócie TPM), *prewencyjne utrzymanie ruchu*, *predykcyjne utrzymanie ruchu* czy też *strategię pracy do uszkodzenia* (ang. *Run to Failure*, w skrócie RTF). Proces utrzymania ruchu jest również wspierany poprzez stosowanie narzędzi informatycznych o różnym stopniu zaawansowania oraz narzędzi zarządzania jakością. Ważne jest, aby zarówno narzędzia wspomagające jak i obrona strategią były dopasowane do rzeczywistych potrzeb przedsiębiorstwa [9, 14, 15].

Osiągnięcie stabilności produkcji wymaga zagwarantowania niezawodności środków technicznych stosowanych na wydziałach produkcyjnych, co wymaga wypracowania umiejętności przewidywania potencjalnych awarii w celu ich zapobiegania oraz możliwości efektywnego przywracania urządzeniom stanu niezawodności przy optymalnym wykorzystaniu dostępnych zasobów. Ten cel jest realizowany poprzez *prewencyjne utrzymanie ruchu*, które zapobiega awariom poprzez wykorzystanie planowanych remontów i działań konserwacyjnych w ustalonych odstępach czasu [9]. W ramach *predykcijnego utrzymania ruchu* działania ukierunkowane są na przewidywanie możliwości wystąpienia zakłóceń w procesie produkcyjnym bazując na monitorowaniu wybranych parametrów charakteryzujących stan wykorzystywanych maszyn i urządzeń. Zgodnie z tą strategią, działania są podejmowane wtedy gdy rzeczywiście są potrzebne. Dlatego stosuje się inspekcje zapobiegawcze, przeglądy oraz rozwiązania umożliwiające monitorowanie określonych parametrów pracy maszyn i urządzeń. Tworzone są również modele stosowane w celu prognozowania wystąpienia awarii na podstawie danych historycznych [9]. Podejście do eksploatacji maszyn oparte na strategii RTF jest niczym innym jak koncepcją reaktywnego utrzymania ruchu. Zakłada podejmowanie czynności naprawczo-konserwacyjnych dopiero gdy wystąpi zdarzenie niepożądane bądź awaria. Według tej strategii dopóki dany element infrastruktury pracuje prawidłowo, dopóty nie będzie objęty konserwacją zapobiegawczą. Najczęściej strategia ta jest stosowana w odniesieniu do urządzeń o niskim wpływie na realizację procesu oraz jeżeli koszty działań zapobiegawczych są wyższe niż koszty potencjalnych napraw [16].

Niniejszy artykuł koncentruje się na aspektach związanych z realizacją wdrożenia koncepcji *kompleksowego utrzymania ruchu* (TPM), która jest jednym z elementów idei *Lean Manufacturing*, z uwzględnieniem stosowania adekwatnych metod i narzędzi zarządzania jakością oraz właściwej organizacji pracy służb opierającej się na ciągłym doskonaleniu. Celem TPM jest zapewnienie maksymalnej dostępności i efektywności posiadanego wyposażenia parku maszynowego. *Lean Manufacturing* cechuje się obecnie dużą popularnością wśród przedsiębiorstw, których celem jest nieustanne doskonalenie realizowanych procesów w organizacji. Wdrażanie narzędzi *Lean* umożliwia usprawnienie pracy całego przedsiębiorstwa poprzez zaangażowanie pracowników na wszystkich szczeblach i konsekwencje w działaniu [3, 2].

2. Charakterystyka koncepcji TPM

Zarządzanie produkcją zgodnie z *Lean Manufacturing* umożliwia organizacjom produkowanie większej ilości wyrobów przy równoczesnym wykorzystywaniu mniejszej ilości zasobów. Proces eliminowania strat nie jest łatwym przedsięwzięciem, jednakże *Lean Manufacturing* dostarcza wiele przydatnych metod i narzędzi,

które umożliwiają efektywne i skuteczne wdrożenie „szczupłego zarządzania” w organizacji, a także, w późniejszym okresie, doskonalenie wprowadzonych rozwiązań. Jedną z podstawowych koncepcji doskonalenia procesu jest TPM.

Ideą *kompleksowego utrzymania ruchu* jest bazowanie na sprawdzonych technikach i rozwiązaniach, których podstawowym celem jest zapewnienie stabilności procesów, zwiększenie efektywności urządzeń i maszyn używanych w procesach produkcyjnych, a także wydłużenie okresu eksploatacji i obniżenie kosztów utrzymania maszyn i urządzeń m.in. poprzez ograniczenie występowania wszelkiego rodzaju awarii parku maszynowego. Cel ten jest realizowany poprzez planowane przeglądy, działania konserwacyjne, remonty, naprawy oraz odpowiednią współpracę personelu z działów utrzymania ruchu i produkcji [3, 17].

Zgodnie ze wskazówkami twórcy koncepcji TPM, S. Nakajimy: „Tryb i szczegóły wykorzystania systemu TPM w celu maksymalnego zwiększenia efektywności urządzeń i maszyn należy dostosować w praktyce do indywidualnych możliwości przedsiębiorstwa. Każda firma musi opracować własny plan działania, uwzględniający wymagania i problemy charakterystyczne dla specyfiki przedsiębiorstwa, branży, metod produkcji i stanu posiadanych urządzeń i maszyn” [6]. Według powyższej rekomendacji, oczywiste jest, że koncepcja ta spełni swoje cele jeżeli będzie spersonalizowana do warunków danego przedsiębiorstwa, z uwzględnieniem jego specyfiki.

TPM zakłada, że duże inwestycje i zakup nowego wyposażenia nie jest jedynym sposobem na wzrost wydajności produkcji. Można ten cel osiągnąć również poprzez stosowanie tańszych metod, opartych głównie na działaniach prewencyjnych. TPM stawia na doskonalenie w zakresie organizacji pracy, efektywne zarządzanie, szkolenia pracowników i operatorów oraz pełne zaangażowanie załogi w realizowane działania i doskonalenie pracy. W koncepcji TPM dąży się do eliminacji zagrożeń stabilności procesu w postaci awarii bądź innych nieplanowanych przestoju. TPM dąży do tzw. 3 zer tj. zero awarii, zero wypadków przy pracy oraz zero defektów w produkcji. Dla osiągnięcia powyższych efektów niezbędne staje się wykorzystanie odpowiednich narzędzi [17]. TPM jest koncepcją charakterystyczną dla trzeciego okresu rozwoju idei utrzymania ruchu, w której wdrożenie TPM jest związane m.in. z:

- identyfikacją i eliminacją podstawowych strat, które występują na stanowisku pracy,
- stworzeniem programu autonomicznego utrzymania ruchu,
- zaplanowaniem działań działu utrzymania ruchu,
- prowadzeniem działalności szkoleniowej,
- uwzględnieniem bezpieczeństwa ludzi i ochrony środowiska naturalnego, jakości produktu i poziomu obsługi klientów, a nie tylko kosztów,
- przygotowanie programu ukierunkowanego na optymalizację pracy parku maszynowego.

Istotną cechą TPM jest wdrożenie autonomicznego utrzymania ruchu, który opiera się na integracji czynności z zakresu utrzymania ruchu z procesem produkcyjnym. Włączenie operatorów w czynności utrzymania ruchu i przekazanie im uprawnień oraz odpowiedzialności daje możliwość organizacji m.in. wykorzystania wiedzy pracowników na temat urządzeń i maszyn, wzmacniania poczucia więzi z organizacją i umożliwia im świadomy udział w realizacji celów przedsiębiorstwa. Wdrożenie TPM wpływa na doskonalenie kultury przedsiębiorstwa, gdyż dzięki niezawodności maszyn zmienia się miejsce pracy operatora. W konsekwencji ma to wpływ na jego zachowanie i kulturę pracy [4, 7].

Nieodłącznym elementem koncepcji *kompleksowego utrzymania ruchu* jest przeprowadzanie różnych analiz danych oraz mierników, których celem jest dostarczanie informacji odnośnie skuteczności i efektywności prowadzonych działań. Dane te stanowią bazę do podejmowania trafnych decyzji z punktu widzenia dobra przedsiębiorstwa. W literaturze definiowane są różne mierniki do oceny efektywności maszyn m.in. OEE, MTTR, MTBF. Monitorowanie niniejszych wskaźników jest obecnie wskazane w najnowszym wydaniu standardu dedykowanego dla branży motoryzacyjnej IATF 16949:2016. OEE (ang. *Overall Equipment Effectiveness*, całkowita efektywność wyposażenia) jest wskaźnikiem, który pozwala na dokładną ocenę efektywności realizowanych procesów, gdyż uwzględnia nie tylko dostępność maszyny ale również wydajność produkcji i jakość wytworzonych wyrobów. Jest on powszechnie stosowany w polskim przemyśle. OEE definiuje zakres wykorzystania mocy produkcyjnych. Warto pamiętać, że istotą stosowania wskaźnika OEE jest śledzenie trendów zmian jego poszczególnych składowych. Trendy informują organizację o rzeczywistych problemach związanych z eksploatacją maszyny i o tym, czy działania, które podejmujemy są skuteczne. Ekspert z zakresu *Lean Management* zalecają zdefiniowanie własnych celów w obszarze dostępności, wykorzystania i jakości. Kolejne wspomniane wskaźniki dostarczają informacji odnośnie niezawodności parku maszynowego. Wskaźnik MTBF (ang. *Mean Time Between Failure*, średni czas między awariami) informuje, jak często występuje awaria danego środka technicznego. Wskaźnik ten ma zastosowanie do definiowania czasookresów przeprowadzania przeglądów oraz czynności konserwujących. Natomiast wskaźnik MTTR (ang. *Mean Time To Repair*, średni czas naprawy) mówi, o średnim czasie niezbędnym do usunięcia awarii, po jej wystąpieniu. Wskaźnik MTTR może być wykorzystany do oceny efektywności prowadzonych działań naprawczych, czy też zarządzania obszarem utrzymania ruchu [1, 8, 13, 18, 19].

3. Charakterystyka analizy Pareto i diagramu Ishikawy

Analiza Pareto jest efektywnym narzędziem służącym do skutecznego rozwiązywania problemów poprzez ich hierarchizację [10].

Podstawą tworzenia diagramu Pareto-Lorenza jest zasada Pareto, którą zdefiniował Vilfredo Pareto w 1887 roku podczas badania rozkładu dochodu ludności. Na podstawie analizy zebranych danych wysunął wniosek, że 80% bogactwa posiada 20% ludności. W późniejszym okresie czasu na przestrzeni lat dostrzeżono, że niniejsza zależność ma również zastosowanie w innych dziedzinach przemysł u i życia codziennego. W 1941 roku „zasada Pareto” została po raz pierwszy użyta w badaniach jednego z prekursorów jakości, Josepha Juran, który stwierdził że 80% problemów jakościowych jest spowodowane przez 20% przyczyn. Prawo 80/20 umożliwia definiowanie głównych kierunków podejmowanych działań, gdzie realizowane czynności dają maksymalne efekty. Należy jednakże pamiętać, że powyższe proporcje są „umowne”. Wykres Pareto-Lorenza sporządza się w następujących etapach:

- zdefiniowanie problemu badawczego,
- identyfikacja czynników mających wpływ na badany element,
- kompletacja danych ilościowych o wybranych czynnikach,
- uporządkowanie malejące czynników biorąc pod uwagę stopień ich oddziaływania na wynik,
- wyznaczenie skumulowanych wartości procentowych danych czynników,
- analiza uzyskanych wyników.

Obecnie analiza Pareto jest jednym z najpopularniejszych narzędzi w zarządzaniu jakością służącym do podnoszenia jakości wyrobu i procesu. Jakość jest podnoszona poprzez identyfikację częstotliwości i istotności występowania problemów jakościowych. Diagram Pareto-Lorenza, budowany jest z wykresu słupkowego, który przedstawia częstotliwość występowania przyczyn zidentyfikowanych problemów oraz liniowego, który ukazuje wartości skumulowane [2, 8].

Warto zauważyć, że analiza Pareto umożliwia priorytetyzację działań i ukierunkowuje organizację w trakcie ustalania planu działań na podwyższenie efektywności maszyn, jednocześnie unikając rozproszeniu zasobów dedykowanych do rozwiązywania analizowanych problemów. To umożliwia koncentrację na tych problemach, których wyeliminowanie pozwala najbardziej zredukować występujący problem i poprawić wskaźniki efektywności maszyn. Analiza Pareto umożliwia zidentyfikowanie i skategoryzowanie problematycznych obszarów, i na tej podstawie, poprzez systematyczne eliminowanie źródeł problemów, doskonalenie realizowanych procesów produkcyjnych oraz zapewnienie wymaganej jakości i terminowości dostarczania wyrobów [10].

Diagram Ishikawy jest graficzną formą prezentacji wzajemnych powiązań pomiędzy przyczynami, a wywołanymi skutkami. Diagram Ishikawy jest narzędziem zarządzania jakością, które sprawdza się z dużą skutecznością i efektywnością w rozwiązywaniu problemów związanych z awariami maszyn i urządzeń. Diagram rybiej ości nie tylko wspiera proces poszukiwania przyczyn danego problemu ale również zapewnia zachowa-

nie uporządkowanej struktury pomiędzy analizowanymi elementami [12].

4. Przykład analizy postoi linii formierskiej

Celem badań, których wyniki przedstawiono w niniejszym artykule, było ukazanie wpływu działań zrealizowanych przez badane przedsiębiorstwo na zwiększenie efektywności wykorzystania parku maszynowego na podstawie prowadzonej analizy danych z postojów parku maszynowego na wydziale odlewni.

Badania przeprowadzono w przedsiębiorstwie Metalpol Węgierska Górka sp. z o.o. Metalpol jest jednym z najstarszych zakładów branży odlewniczej w Polsce, który kontynuuje tradycje huty żelaza, poprzedniczki dzisiejszej odlewni, założonej w 1838 roku przez Hrabiego Wielopolskiego. Metalpol jest producentem dostarczającym wyroby dla sektora kolejowego, maszynowego, motoryzacyjnego, górniczego, rolniczego, budownictwa i robót publicznych z żeliwa szarego EN-GJL-200, 250, 300 oraz z żeliwa sferoidalnego EN-GJS-400-15, 500-7, 600-3, 700-2. Zakład wytwarza również armaturę przemysłową. Metalpol jest nieustannie rozwijającą się spółką nastawioną na pozyskiwanie nowych rynków zbytu oraz zaspokajanie potrzeb klientów. Firma kładzie nacisk na jakość produkowanych wyrobów, którą osiąga m.in. poprzez utrzymywanie wdrożonego zintegrowanego systemu zarządzania wg ISO 9001:2015, IATF 16949:2016, ISO 14001:2015 oraz PN-E-18001:2004.

W momencie tworzenia niniejszego artykułu, przedsiębiorstwo stosował o zaledwie kilka narzędzi, które oferuje Lean Manufacturing m.in. TPM, który według dotychczasowych doświadczeń skutecznie pomaga w efektywnym zarządzaniu procesem utrzymania ruchu. Poniżej przedstawiono przykład wdrażania koncepcji TPM oraz wybranych narzędzi zarządzania jakością w celu rozwiązania problemu dużej ilości awarii na automatycznej linii formierskiej. Aby wyeliminować problem wykorzystano takie narzędzia jak analiza Pareto-Lorenza oraz diagram Ishikawy. Do oceny sytuacji wyjściowej oraz skuteczności i efektywności podjętych działań wykorzystano wskaźniki MTTR i MTBF.

W przedsiębiorstwie stworzono wewnętrzny standard mający na celu ułatwienie procesu rozwiązywania problemów występujących nie tylko w procesie produkcyjnym ale również w pozostałych obszarach organizacji. Standard składa się, ze znanych narzędzi zarządzania jakością. Dzięki temu, że opiera się na prostych i instynktownych narzędziach, które wzajemnie się uzupełniają, stanowi uniwersalną i kompleksową metodę rozwiązywania problemów niezależnie od ich charakteru i obszaru występowania. Na rys. 1 przedstawiono zaproponowaną metodę rozwiązywania problemów.

W pierwszym etapie przeprowadzono analizę wskaźników z zakresu utrzymania ruchu. Na tej podstawie stwierdzono, że w analizowanym okresie najkrótszy czas pomiędzy awariami w całym parku maszynowym osią-

gnięto na linii produkcyjnej Loramendi, który wyniósł 31,12 h. Założony cel dla niniejszej automatycznej pionowej linii formierskiej jest dłuższy i wynosi 45,0 h. Dlatego w niniejszym artykule skoncentrowano się na wspomnianej linii formierskiej. W skład niniejszego ciągu technologicznego wchodzi: formierka, przenośnik form PMC, przenośnik SBC, urządzenie do zakładania rdzeni CS z kurtyną świetlną, urządzenie do szybkiej wymiany płyt modelowych QPC, zalewarka CIME CRESCENZI CAP, mieszarka intensywnego mieszania P/3500H2, krata wstrząsowa, chłodziarka typ CM4 oraz stacja przerobu mas oraz urządzenia.



Rys. 1. Schemat postępowania w procesie rozwiązywania problemów.



Rys. 2. Automatyczna linia formierska Loramendi.

W kolejnym etapie postanowiono przeanalizować dane produkcyjne, aby znaleźć odpowiedź na pytanie, które elementy linii przyczyniły się do faktu, że organizacja nie osiągnęła założonego celu.

Poniższa analiza została przeprowadzona na podstawie danych z rejestru postojów linii formierskich i odnosi się do przerw na wszystkich zmianach produkcyjnych. Diagram Pareto-Lorenza utworzono po obróbce danych zebranych na wydziale produkcji. Analiza Pareto dla

awaryjności badanej linii formierskiej w 01.2019 r. wykazała, że największy udział czasowy w przerwach związanych z jej awariami miała krata wstrząsowa (czas postoju 12,83 h), rywny wibracyjne (czas postoju 8,75 h), oraz filtr duży (czas postoju 3,83 h), (rys. 3).

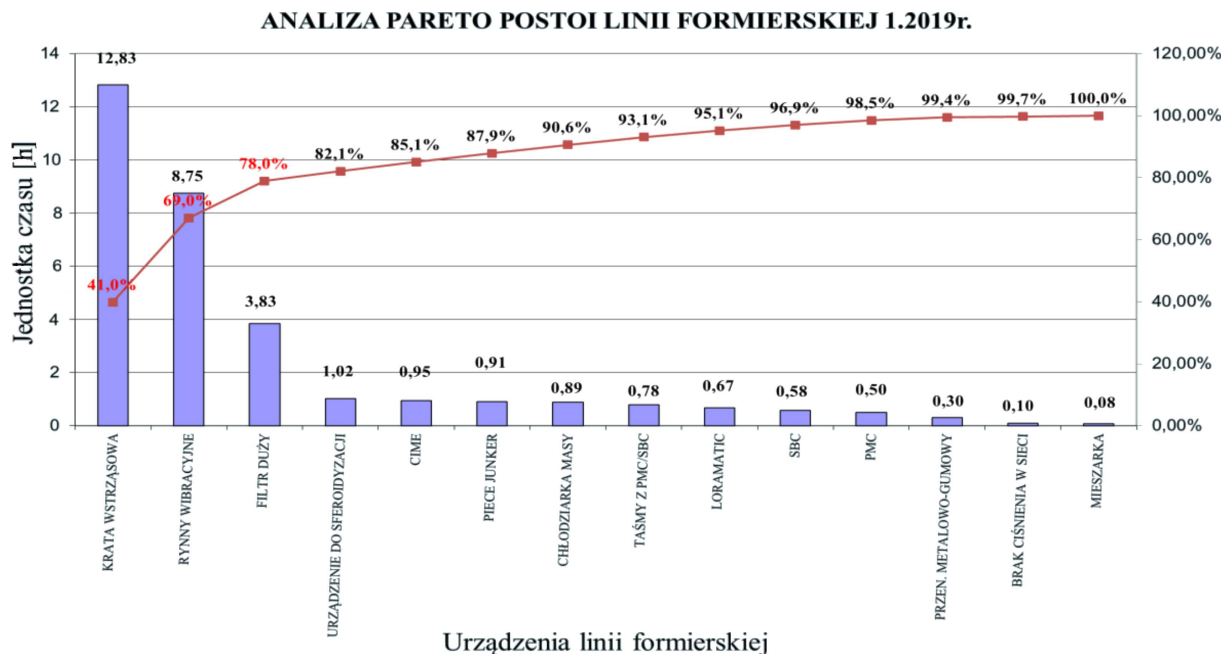
Krata wstrząsowa jest integralnym elementem linii formierskiej gdzie następuje proces stygnięcia odlewów i wstępnego oddzielania elementów układu wlewowego. Natomiast rywny wibracyjne są elementem wspomagającym proces transportu odlewów wzdłuż pionowej linii formierskiej.

Na podstawie oględzin urządzenia przeprowadzonego przez specjalistów z działu utrzymania ruchu stwierdzono, że częste awarie na kracie wstrząsowej spowodowane były notorycznymi przypadkami urywania śrub mocujących silnika napędowego kraty wstrząsowej. W następnym kroku przeprowadzono sesję burzy mózgów przy współudziale pracowników wydzia-

łu produkcyjnego oraz działu utrzymania ruchu, podczas której zidentyfikowano możliwe przyczyny występowania problemu urywania śrub mocujących silnik napędowy. Przeprowadzona sesja oraz oględziny uszkodzonych elementów umożliwiły wysunięcie wniosku, że przyczyną urywania śrub było nieprawidłowe dopasowanie silnika napędowego do gniazda mocującego.

Po zidentyfikowaniu przyczyny źródłowej problemu wprowadzono działania korygujące, które polegały na ponownym zaplanowaniu powierzchni, tak aby gniazdo wibratora było odpowiednio spasowane do silnika napędowego. W ramach działań zapobiegawczych wprowadzono do programu okresowej konserwacji sprawdzenie mocowania śrub napędu na kracie wstrząsowej.

Podobny tok postępowania zastosowano w celu identyfikacji przyczyn źródłowych problemu z napędem rywny wibracyjnej oraz falownika silnika filtra dużego.



Rys. 3. Diagram Pareto-Lorenza dla sumarycznych czasów przerw w pracy linii formierskiej w 01.2019 r.



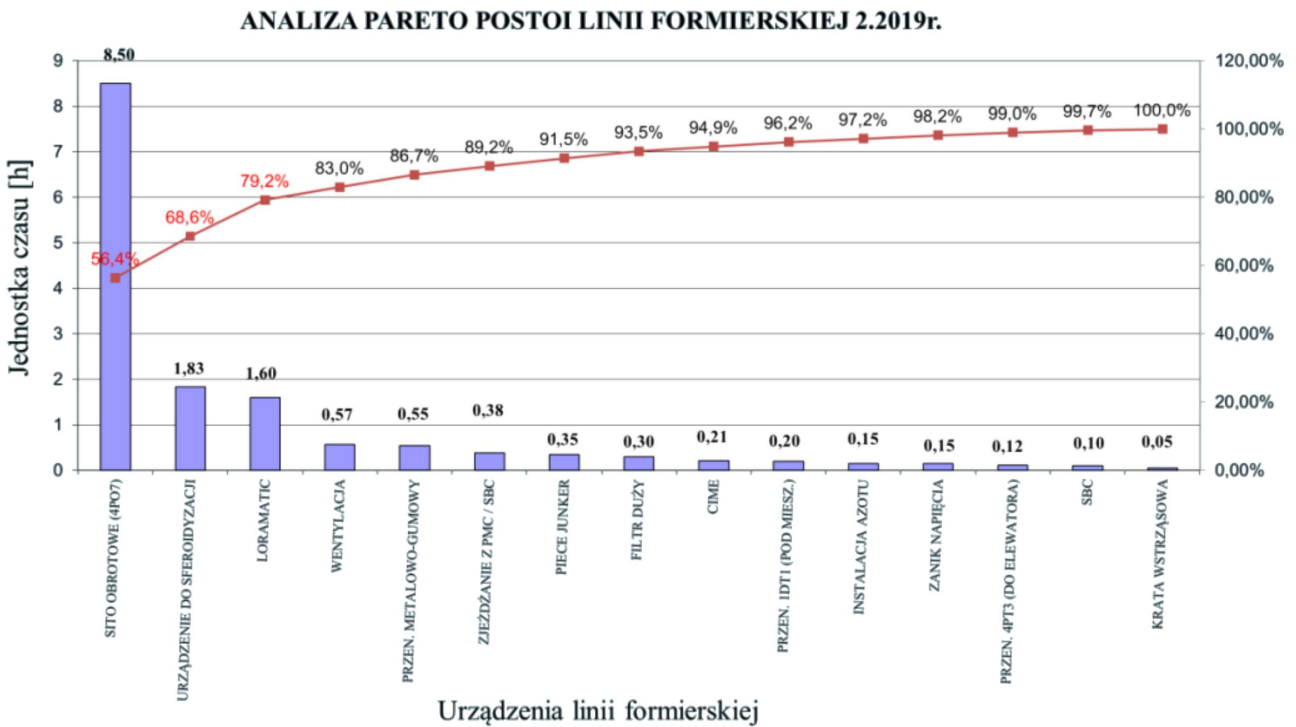
Rys. 4. Diagram Ishikawy uszkodzenia silnika napędowego.



Rys. 5. Diagram Ishikawy uszkodzenia ryny wibracyjnej.



Rys. 6. Diagram Ishikawy uszkodzenia filtra dużego.



Rys. 7. Diagram Pareto-Lorenza dla sumarycznych czasów przerw w pracy linii formierskiej w 02.2019 r.

Na podstawie ustaleń stwierdzono, że przyczyną źródłową awarii związanych z rynną wibracyjną było urwanie napędu, spowodowane uszkodzeniem śrub. Po przeprowadzonej diagnozie postanowiono wymienić komplet śrub na zestaw o większej średnicy i o wyższej klasie wytrzymałości 12.9, co stanowiło działanie korygujące mające na celu eliminację przyczyny problemu. Dodatkowo w ramach działań zapobiegawczych przeszkolono personel i wprowadzono do karty TPM operatora codziennie monitorowanie stanu poluzowania śrub mocujących.

Awarie filtra dużego spowodowane były uszkodzeniem falownika sterującego pracą silnika urządzenia. Do nieprawidłowej pracy falownika przyczynił się wysoki poziom zapylenia w miejscu jego posadowienia. W związku z tym po głębszej analizie problemu uznano, że należy wykonać hermetyczną zabudowę niniejszego urządzenia. Dodatkowo we wnętrzu obudowy zainstalowano obieg dostarczający powietrze z zewnątrz, tak aby zapewnić odpowiednie nadciśnienie, oraz klimatyzator, w celu zapewnienia właściwego środowiska pracy.

Jak można zaobserwować na poniższym wykresie (rys. 7), w okresie następnym nie wystąpiły problemy, które stanowiły najwyższy procent wszystkich awarii, które wystąpiły w styczniu. Warto również wspomnieć, że efekty podjętych działań można również zaobserwować w poprawie wskaźnika MTBF, który w styczniu wyniósł 31,12 h, a w lutym 45,70 h.

5. Podsumowanie

Lean Manufacturing jest koncepcją, która dostarcza organizacjom szeroki zakres narzędzi i metod. Zastosowanie ich, we właściwy sposób umożliwia organizacjom uzyskiwanie pozytywnych efektów w zakresie eliminacji zakłóceń w procesie produkcyjnym. Przedsiębiorstwa w ostatnich kilkunastu latach na szeroką skalę podejmują działania na rzecz poprawy wydajności posiadanych maszyn. Wdrożenie TPM-u daje możliwość ciągłego doskonalenia produkcji, w tym eliminowania strat wynikających z niepożądanych przestoi w pracy maszyn i urządzeń, którym można przeciwdziałać przez podejmowanie działań zapobiegawczych.

W artykule pokazano praktyczne zastosowanie analizy Pareto, diagramu Ishikawy oraz wskaźników MTTR i MTBF. Analiza Pareto jest jednym z narzędzi zarządzania jakością, które ze względu na swój uniwersalny charakter, skutecznie pomaga ukierunkować właściwy tok postępowania, również w zakresie zwiększania efektywności maszyn poprzez priorytetyzację istniejących problemów. Analiza Pareto pozwala na identyfikację głównych przyczyn postojów maszyn i urządzeń oraz wskazuje kierunek w trakcie opracowywania planów działań korygujących. Analiza Pareto służy do doskonalenia realizowanych procesów produkcyjnych poprzez wzrost jakości wyrobów oraz zapewnienie stabilności i ciągłości ich realizacji [5, 10]. Analiza Pareto

jest jednym z wielu narzędzi zarządzania jakością, które z powodzeniem może być stosowane w ramach realizacji strategii *Kompleksowego utrzymania ruchu*, której celem jest przede wszystkim zwiększenie efektywności wykorzystania posiadanej infrastruktury [3]. Diagram Ishikawy jest kolejnym narzędziem zarządzania jakością, które sprawdza się z dużą skutecznością w rozwiązywaniu problemów związanych z awariami maszyn i urządzeń. Diagram rybiej ości wspiera proces poszukiwania przyczyn oraz zapewnia zachowanie uporządkowanej struktury pomiędzy analizowanymi elementami [12]. Wskaźniki MTBF oraz MTTR mają zastosowanie do oceny efektywności prowadzonych działań w zakresie zarządzania parkiem maszynowym [1].

Współcześnie przedsiębiorstwa mają do wyboru wiele narzędzi i metod wspomagających realizację procesu utrzymania ruchu. Istotne jest dopasowanie adekwatnej metody do specyfiki realizowanych procesów i kultury organizacyjnej, tak aby efektywnie wykorzystać ich potencjał w ramach koncepcji ciągłego doskonalenia.

Literatura

- [1] Antosz K., Stadnicka D., *Mierniki oceny efektywności funkcjonowania maszyn w dużych przedsiębiorstwach: wyniki badań*, Eksploatacja i Niezawodność, 2015, available on the internet: <http://www.ein.org.pl/pl-2015-01-15>.
- [2] Cichoń M., Walecko S., *Zastosowanie wybranych narzędzi do analizy przyczyn awarii maszyny, w przedsiębiorstwie produkcyjnym*, Konferencja Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji, Zakopane, 2017.
- [3] Dąbrowski M., Stecula K., Tutak M., Palka D., *Zastosowanie modelu OEE do ilościowej oceny stopnia wykorzystania maszyn*, XXIV Międzynarodowa Konferencja Trwałość Elementów i Węzłów Konstrukcyjnych Maszyn Górniczych TEMAG, Ustroń, 2016.
- [4] Furman J., *Wdrażanie wybranych narzędzi koncepcji lean manufacturing w przedsiębiorstwie produkcyjnym*, Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji, tom 1, 247–256, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2014.
- [5] Gajdzik B., *Organizacja działań w ramach TPM w przedsiębiorstwach produkcyjnych*, Logistyka, 2014, available on the internet: <https://www.logistyka.net.pl/bank-wiedzy/logistyka/item/86961-organizacja-dzialan-w-ramach-tpm-w-przedsiębiorstwach-produkcyjnych>.
- [6] Hamrol A., Mantura W., *Zarządzanie jakością – teoria i praktyka*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2002.
- [7] Legutko S., *Trendy rozwoju utrzymania ruchu urządzeń i maszyn*, Eksploatacja i Niezawodność, 2, 2009.
- [8] Mączyński W., *Wskaźniki OEE, MTBF i MTTR – czy to coś więcej niż wartości bezwzględne?*, Utrzymanie Ruchu, 1, 2011.

- [9] Midor K., Zasadzień M., Szczeńniak B., *Przegląd technologii wykorzystywanych do realizacji usług typu e-maintenance*, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria: Organizacja i Zarządzanie, z. 63a, Nr kol. 1891, 2012.
- [10] Mydlarz A., *Diagram Pareto*, Magazyn Jakości, 2018, available on the internet: <https://www.inzynierjakoosci.pl>.
- [11] Pisarek B., *Analiza przyczynowo-skutkowa awarii maszyn i charakterystyka bazy TPM_f v02 do analizy i kontroli realizacji programu TMP w odlewni precyzyjnej*, 2005, available on the internet: <http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-5573faf4-145b-4fa7-8664-c8dd831d7a81>.
- [12] Szczeńniak B., Wapienik Ł., Zasadzień M., *Zastosowanie analizy Pareto oraz diagramu Ishikawy do analizy przyczyn odrzutów w procesie produkcji silników elektrycznych*, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej Nr 63, Organizacja i Zarządzanie, 2012.
- [13] Świtek S., *Analiza poziomu wdrożenia kompleksowego utrzymania ruchu (TPM) na przykładzie firmy z przemysłu elektrotechnicznego*, Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej, Nr 73 Organizacja i Zarządzanie, 2017.
- [14] <https://www.4results.pl/artykuly/utrzymanie-ruchu/>.
- [15] <https://queris.pl/baza-wiedzy/utrzymanie-ruchu/>.
- [16] <https://queris.pl/baza-wiedzy/strategia-pracy-uszkodzenia-rtf/>.
- [17] <https://queris.pl/baza-wiedzy/tpm-total-productive-maintenance/>.
- [18] <https://www.system-kanban.pl/definicja/oeo/>.
- [19] <https://leantrix.com/pl/wskaznik-oeo/>.