

SZPYTKO Janusz¹
GLIWINSKI Marcin²
LAUKS Artur³

Podnoszenie wartości gotowości napędów walcarek walcowni walcówki

Gotowość, napędy, walcarka, walcownia, modernizacja, wskaźniki produkcyjne

Streszczenie

W artykule podjęto temat dotyczący gotowości napędów na walcowni walcówki. Przedstawiono charakterystykę klatki walcowniczej, walcarki, walcowni a także napędów głównych. Artykuł zawiera również definicje gotowości. W dalszej części artykułu opisano działania modernizacyjne podjęte na walcowni walcówki, dotyczące obszarów bezpośrednio związanych z napędami. Opis jest wzbogacony o zdjęcia, obrazujące poszczególne zmiany. We wnioskach opisano osiągnięte efekty.

INCREASING MOTORS' DEPENDABILITY OF ROLLING STANDS ON THE EXAMPLE OF WIRE ROD MILL

Abstract

In article taken on a subject of motors' dependability on wire rod mill. There are presented characteristic of rolling stand, rolling mill and main motors. Article contains definition of dependability as well. Later in article are described particular activities concern areas of motors. Description is enriched in pictures present particular changes. In conclusions are presented achieved results.

1. WSTĘP

Problem dotyczący gotowości w procesach produkcyjnych jest niezwykle istotny. Obecnie we wszystkich niemalże zakładach produkcyjnych bez względu na branżę, podstawowym wskaźnikiem monitorowanym w sposób ciągły jest wykorzystanie czasu dostępnego do produkcji. Wartość tego wskaźnika, mającego bezpośredni wpływ na koszt wytworzenia wyrobu jest determinowany między innymi poprzez poziom gotowości maszyn i urządzeń wchodzących w skład procesu produkcyjnego. Gotowość jest tym wyższa im mniejsza jest ilość awarii i nieplanowanych zatrzymań

Rozpatrując gotowość napędów na walcowni walcówki dotykamy bardzo ważnego problemu. Awarie tych urządzeń są zawsze niezwykle kosztowne i długotrwałe. Przedstawione w artykule działania, miały na celu podniesienie poziomu gotowości maszyn i urządzeń w obszarze bezpośrednio związanym z napędami.

2. CHARAKTERYSTYKA WALCOWNI

2.1 Klatka walcownicza

Klatką walcowniczą nazywamy urządzenie, w którym zachodzi walcowanie metalu. Podstawowymi częściami klatki, spełniającymi rolę narzędzi, są walce wywierające bezpośrednio nacisk na metal walcowany. Walce za pośrednictwem czopów są oparte w łożyskach. Obudowy łożysk są umieszczone w oknach stojaków. Dwa stojaki połączone między sobą i ustawione na płytach podstawowych tworzą sztywny kadłub. Odstęp pomiędzy walcami jest regulowany za pomocą mechanizmów nastawczych, które jednocześnie przejmują siły pochodzące od nacisku metalu i przenoszą je na stojaki.

Powyższy opis przedstawia tradycyjną konstrukcję, obecnie używa się również klatek walcowniczych o odmiennej konstrukcji, np.: pojedynczy stojak lub też klatki bezstojakowe. [1]

2.2 Walcarka

Walcarką nazywamy zespół urządzeń napędzanych wspólnym napędem głównym, całkowicie zdolnym do czynności walcowania. Ogólnie można wymienić następujące składowe urządzenia walcarek:

- Klatka walcownicza.
- Klatka walców zębatach, będąca szczególnym przypadkiem przekładni zębataj dzielącej obroty z pojedynczego czopa na kilka walców napędzanych. Spotyka się również walcarki pozbawione klatki walców zębatach, w których walce robocze napędzane są indywidualnymi silnikami.
- Przekładnie zębate – używane, gdy liczba obrotów silnika jest inna, zwykle większa od liczby obrotów walców.

¹Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki; al. A. Mickiewicza 30; 30-059 Kraków; e-mail: Szpytko@agh.edu.pl

²Akademia Górniczo – Hutnicza, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki; al. A. Mickiewicza 30; 30-059 Kraków; e-mail: margliw@agh.edu.pl

³Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Przemysłu Hutniczego, koło przy CMC Zawiercie S.A.; ul. Piłsudskiego 82; 42-400 Zawiercie; e-mail: al-glin@wp.pl

- d. Koła zamachowe, najczęściej umieszczone na szybkobieżnych wałach przekładni, stosowane w walcarkach nienawrotnych o krótkotrwałych wysokich obciążeniach.
 - e. Sprzęgła i łączniki będące elementami łączącymi wały oraz walce i przenoszącymi momenty obrotowe.
- Należy tutaj zaznaczyć, że przytoczony opis dotyczy konwencjonalnego schematu. [1]

2.3 Walcownia

Walcownią nazywamy wydział zakładu przemysłowego, najczęściej huty, albo wydzielony zakład przemysłowy, w którym podstawową metodą produkcyjną jest proces walcowania. W zależności czy proces jest prowadzony na gorąco czy na zimno, rozróżniamy walcownie gorące i zimne. Walcownie dzielimy według rodzajów walcowanych na nich wyrobów. Rozróżniamy więc walcownie bruzdowe (wyroby długie), walcownie blach grubych i cienkich oraz taśm, walcownie rur i walcownie różnych wyrobów specjalnych. [1]

Klasyfikacja walcowni.

Walcownie klasyfikowane są według różnych właściwości. Podział na rodzaje walcowni odbywa się w zależności od warunków, w jakich przebiega proces walcowania oraz w zależności od produkowanego asortymentu i jego wymiarów.

W zależności od warunków rozróżnia się walcownie gorące i walcownie zimne. Natomiast w zależności od asortymentu rozróżnia się:

- a) walcownie półwyrobów obejmujące tzw. zespoły wstępnego przerobu.
- b) walcownie wyrobów gotowych:
 - walcownie bruzdowe, w których produkuje się pręty, kształtowniki, walcówkę i bednarkę wąską (wyroby długie);
 - walcownie wyrobów płaskich, w których produkuje się blachy, bednarkę szeroką, taśmy i folie;
 - walcownie rurze szwem i bez szwu; walcownie okresowe do wytwarzania wyrobów o zmiennym kształcie;
 - walcownie specjalne, do produkcji pierścieni, obręczy kół bosych, kul, gwintów, podkuwek itp.

Każda z tych podstawowych grup dzieli się na bardziej szczegółowe podgrupy w zależności od średnicy walców i rozmiaru asortymentu. [6]

Typy walcowni wyrobów długich.

Z walcowni wyrobów długich można wyróżnić: walcownie szyn, walcownie duże, średnie i małe (drobne) oraz walcownie walcówki i taśm (blachówek). Największymi walcowniami są walcownie szyn, przeznaczone do walcowania ciężkich szyn kolejowych, dwuteowników, ceowników w zakresie wymiarowym od 180mm do 200mm i innych kształtowników o dużych wymiarach.

Walcownie walcówki i taśm można określić, jako wąsko specjalizowane. Pierwsze z nich służą prawie wyłącznie do produkcji walcówki o średnicy 4,5-12,5mm. Walcownie blachówek i bednarki przeznaczone są do walcowania wąskich pasów i taśmy (o szerokości do 500m), przy czym znaczną część produkcji stanowią taśmy do produkcji rur zgrzewanych.

Układ klatek roboczych na walcowni wyrobów długich może być bardzo zróżnicowany. Oprócz klatek z poziomym umieszczeniem walców, w walcowniach bruzdowych stosowane są klatki z walcami pionowymi, a także klatki o bardziej złożonej konstrukcji z poziomymi, pionowymi lub nachylonymi walcami. Klatki z pionowymi walcami stosowane są w przypadkach, gdy konieczne jest poprzeczne odkształcenie pasma bez jego kantowania. Podczas walcowania blach, bednarki lub płaskowników, klatki z walcami pionowymi stosowane są do odkształcania bocznych krawędzi pasma w celu nadania im dokładnego kształtu prostokątnego.

Pod względem rozmieszczenia klatek roboczych, rozróżnia się następujące typy walcowni:

- jednoklatkowe,
- liniowe,
- posobne,
- ciągłe,
- kombinowane (typu mieszanego).

Walcownie jednoklatkowe najczęściej bywają nawrotne, ponieważ w jednej klatce dla uzyskania końcowych wymiarów pasma należy zrealizować kilka przepustów.

Walcownie liniowe wyróżniają się tym, że klatki robocze umieszczone są w jednej linii z ogólnym napędem od jednego silnika. Walcownia może mieć jedną lub kilka linii klatek.

W walcowniach posobnych, klatki rozmieszczone są jedna za drugą, a pasmo przechodzi przez każdą klatkę tylko jeden raz, poruszając się cały czas do przodu. W związku z tym ilość przepustów jest równa ilości klatek. Prędkość walcowania w każdej kolejnej klatce wzrasta. Zasadniczą cechą walcowni posobnych jest to, że odległość pomiędzy klatkami jest większa niż długość walcowanego pasma. Dzięki temu pasmo najpierw całe wypływa z poprzedniej klatki i dopiero potem jest podawane do klatki następnej.

Walcownie ciągłe również mają szeregowe rozmieszczenie klatek, ale klatki usytuowane są blisko jedna za drugą w taki sposób, aby podczas ustalonego procesu walcowania, pasmo było odkształcane we wszystkich klatkach jednocześnie. W walcowniach ciągłych stosowane są największe prędkości walcowania pasma, a proces jest najczęściej w pełni zautomatyzowany, dzięki czemu uzyskuje się wysoką wydajność procesu. Jednakże efektywna praca tych walcowni wymaga bardzo dokładnego dostosowania prędkości walcowania we wszystkich klatkach. To ostatnie wymaganie jest

bardzo trudno osiągnąć podczas walcowania kształtowników o złożonych kształtach, dlatego też walcownie ciągle stosowane są przeważnie do walcowania prętów o stosunkowo prostych kształtach oraz rur. [6]

2.4 Napędy główne

Napędami głównymi nazywamy napędy walcarek wprawiające w ruch walce i wykonujące pracę walcowania. W myśl definicji walcarki ma ona zawsze jeden napęd główny. Do zespołów mechanicznych napędów łownych zaliczamy wszystkie urządzenia, mechanizmy i części przenoszące obroty od silnika do walców. Mogą to być koła zamachowe, przekładnie redukujące liczbę obrotów, klatki walców zębatach, sprzęgła oraz łączniki.

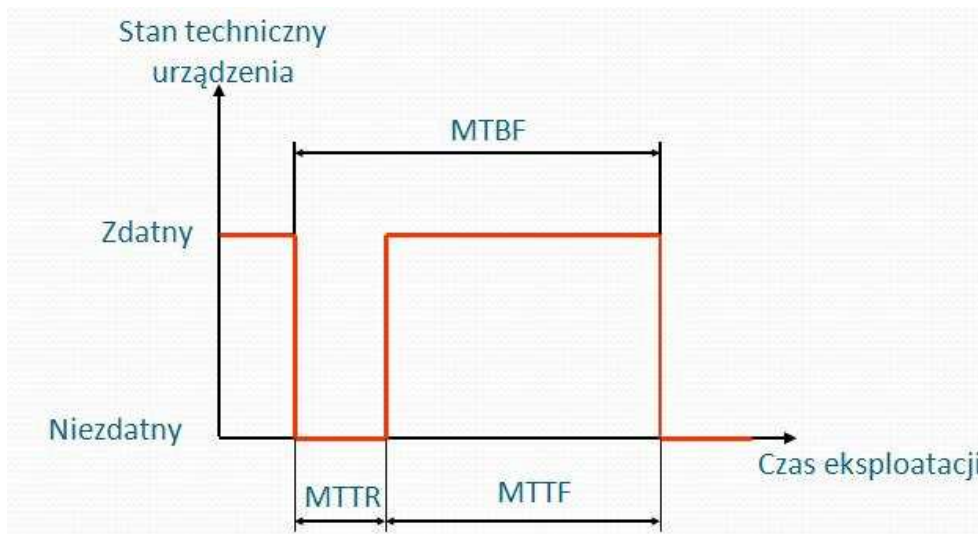
Warunki pracy większości napędów głównych należą do bardzo ciężkich. Z nielicznymi wyjątkami podlegają one na dużym zmiennym obciążeniu, które narastają i zanikają gwałtownie. Nowoczesne walcarki mają wysokie prędkości walcowania. Dlatego okresy chwytu, w których moment użyteczny na walcach wzrasta od zera do maksimum. Trwają setne a nawet tysięczne części sekundy. Powoduje to drgania skrętne w układach części przenoszących momenty skręcające. Drgania te mogą niekiedy być przyczyną tak wysokich obciążeń dynamicznych, że powodowane nimi naprężenia kilkakrotnie przewyższają naprężenia właściwe odpowiadające ustabilizowanym warunkom pracy. Liczba przepustów przypadających na daną walcarkę może dochodzić do kilkudziesięciu w godzinie. Tak samo wysoka jest więc liczba cykli zmian obciążenia statycznego. Liczba cykli obciążeń dynamicznych spowodowanych wejściem układu w drgania skrętne jest jednak wielokrotnie wyższa. Duża częstotliwość zmian obciążeń dynamicznych i ich wysoka amplituda powodują przyspieszenie zmęczeniowego zużycia się części mogą być przyczyną uszkodzeń awaryjnych. [2]

Mimo tak trudnych warunków pracy od walcarek wymaga się wysokiego stopnia gotowości. Nieplanowane postoje spowodowane awariami są główną przyczyną obniżenia wartości wskaźników wydajnościowych walcowni i podwyższenia jednostkowego kosztu wytworzenia wyrobu gotowego.

3. GOTOWOŚĆ

3.1 Definicja

Gotowość – właściwość urządzenia wyrażająca jego zdolność do utrzymywania się w stanie technicznym umożliwiającym wypełnianie oczekiwanych funkcji w danych warunkach i w danym przedziale czasu.



Rys.1. Stan techniczny urządzenia w funkcji czasu eksploatacji.

MTBF - średni czas pomiędzy awariami (ang. *Mean Time Between Failrue*),

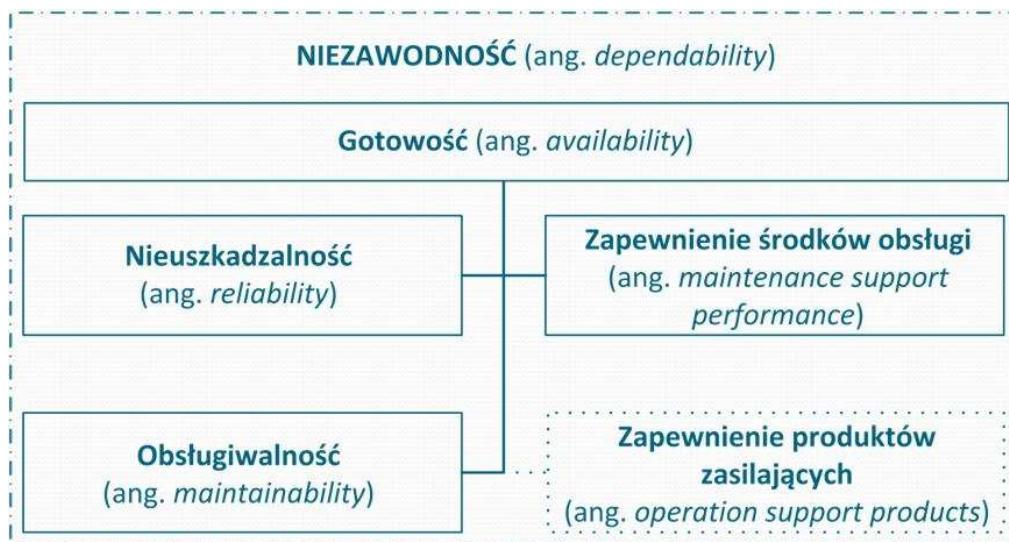
MTTR - średni czas naprawy (ang. *Mean Time To Repair*),

MTTF - średni czas do następnej awarii (ang. *Mean Time To Failrue*)

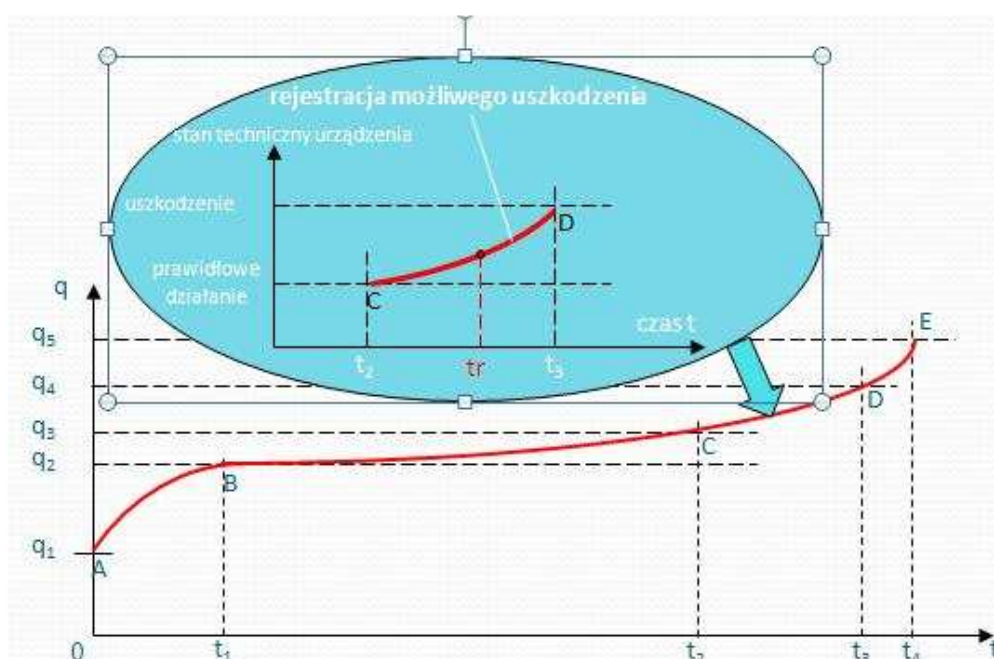
Gotowość właściwa (A_i) (ang. *Inherent Availability*) jest wyznaczana w fazie projektowania urządzenia i uwzględnia parametr niezawodnościowy MTBF i związany z nim czas naprawy MTTR.

Gotowość zrealizowana (A_a) (ang. *Achieved Availability*) z punktu widzenia działu obsługi, obejmuje zarówno obsługę kwalifikowaną jako remontową i profilaktyczną, ale pomija możliwe opóźnienia w zaopatrzeniu i opóźnienia organizacyjne.

Gotowość operacyjna (A_o) (ang. *Operational Availability*) jest determinowana przez niezawodność (MTBM - *Mean Time Between Maintenance*), podatność na odnowę (MMT - *Mean Maintenance Time*) oraz podatność systemu wspomagającego proces eksploatacji urządzenia (MLDT - *Mean Logistic Delay Time*).



Rys. 2. Gotowość urządzeń/ układu operator – urządzenie



Rys. 3. Charakterystyka parametrów eksploatacji.

W procesie eksploatacji urządzeń następują zmiany charakterystyki q eksploatowanego urządzenia i wyróżniane są fazy docierania oraz ustabilizowanych i przyspieszonych zmian jego parametrów eksploatacyjnych. Charakter zmian parametrów eksploatacyjnych urządzenia podczas eksploatacji jest najczęściej losowy i zależy od warunków użytkowania dlatego istotnym jest monitorowanie wybranych charakterystyk urządzenia w celu utrzymania wysokiego poziomu gotowości. [4]

3.2 Gotowość napędów na walcowni

Poziom gotowości maszyn i urządzeń w tym napędów, obniża się wraz z upływem czasu. Zwłaszcza przy długoletniej eksploatacji wyniki mogą być niezadawalające. Wynika to z kilku przyczyn; zużycie eksploatacyjne urządzeń, podniesienie oczekiwań użytkowników co do poziomu gotowości a także porównanie rozpatrywanego rozwiązania z nowoczesnymi rozwiązaniami dostępnymi na rynku. Chcąc być konkurencyjnym używając tej samej instalacji produkcyjnej należy podjąć próbę modernizacji kluczowych maszyn i urządzeń. Poniżej przedstawiono przykład modernizacji dotyczącej napędów i urządzeń sterujących na walcowni walcówki.

3.3 Podjęte działania modernizacyjne

W ramach unowocześnienia walcowni walcówki, zostało wdrożonych kilka modernizacji, dotyczących napędów i sposobu sterowania na całej linii walcowniczej. Został zmodernizowany rejon pieca, rejon napędów i bloków walcowniczych oraz obszaru formowania kręgów.

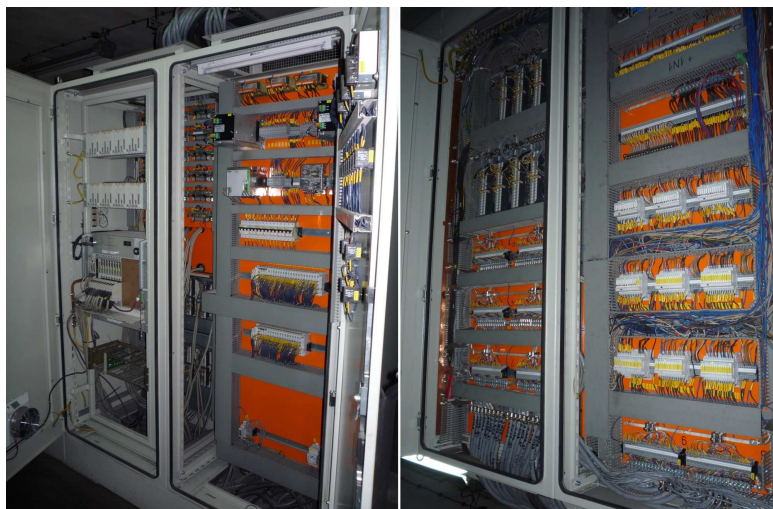
- Została wdrożona automatyka rejonu pieca przepychowego. System został stworzony w oparciu o sterowniki S7-300 oraz S7-200. W kabinie pieca został zainstalowany pulpit sterowniczy oraz stanowisko do wizualizacji i kontroli procesu załadunku pieca w oparciu o oprogramowanie firmy Wonderware Factory Suite. Do bezpośredniego sterowania silnikami napędów w rejonie pieca zostały użyte przekształtniki firmy VACON serii NX.
- Została wdrożona automatyka rejonu linii walcowniczej w oparciu o dwa sterowniki LOGIDYN D2 firmy ALSTOM. Jako jednostki centralne zostały użyte przemysłowe płyty główne IPC COP 232.2. wraz z modułami sterującymi VCM 232.2, SRE232.1, DIZ232.1. Ponadto zostały użyte moduły WAGO 750-333 (wraz z kartami I/O analogowymi i cyfrowymi) służące do obsługi interfejsu I/O oraz do komunikacji z systemem wizualizacji. Został zainstalowany pulpit sterowniczy oraz stanowisko do wizualizacji i kontroli procesu walcowania, utworzone w oparciu o oprogramowanie firmy Wonderware Factory Suite.
- Została wdrożone dwa systemy sterujące zbudowane w oparciu o sterowniki S7-300 wraz z modułami wejść i wyjść analogowych i cyfrowych kontrolujące prace (odpowiednio dla każdej linii): skrzyń wodnych, rolek dociskowych oraz obszaru formera. Do bezpośredniego sterowania silnikami napędów rolek i formerów zostały użyte przekształtniki firmy VACON z serii NX.



Rys. 4. Przykładowy napęd walcowni walcówki



Rys. 5. Przykładowe napędy główne walcarek walcowni walcówki



Rys. 6. Widok nowej szafy sterującej dla napędów głównych linii walcowniczej po modernizacji. Po lewej sterownik LOGIDYN D2 firmy ALSTOM wraz z modułami wejść, wyjść cyfrowych. Po prawej wyprowadzenia przewodów z kart impulsów do bloków tyrystorowych.



Rys. 7. Widok szaf sterowniczych dla napędów rejonu pieca po modernizacji.



Rys. 8. Systemy kontrolujące prace skrzyń wodnych, rolek dociskowych oraz formera. Do bezpośredniego sterowania silnikami napędów rolek i formerów zostały użyte przekształtniki firmy VACON z serii NX.

Połączenia pomiędzy sterownikami, stanowiskami do wizualizacji oraz modułami wyniesionymi zostały wykonane w technologii światłowodowej z wykorzystaniem switch'y przemysłowych firmy Siemens. [7]

4. WNIOSKI

Podjęte działania przyniosły oczekiwany skutek. Obniżono wskaźnik awaryjności, podniesiono poziom gotowości napędów walcowni walcówki. Dodatkowo poprzez zastosowanie nowoczesnego systemu sterowania, praca operatorów prowadzenia procesu jest wydajniejsza. Zauważono również podniesienie wskaźników wydajnościowych walcowni.

Przedstawione tutaj działania dotyczą obszarów napędów i sterowania, jednakże należy zaznaczyć, że czynności te były częścią większego projektu obejmującego swym działaniem cały proces walcowania. Poprzez kompleksową modernizację całej struktury walcowni, osiągnięto zamierzone efekty: poprawa wskaźników wydajnościowych, podniesienie poziomu gotowości całego procesu, obniżenie kosztów jednostkowych produkcji.

Instalacje przemysłowe wymagają indywidualnego rozpatrywania, jednakże kompleksowe spojrzenie na cały proces oraz działania podjęte w obszarze dotyczącym napędów mogą być przykładem do zastosowania również na innych liniach produkcyjnych o podobnej charakterystyce.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Dobrucki W.: *Podstawy konstrukcji i eksploatacji walcowni*, Katowice, Wyd. „Śląsk” 1972.
- [2] Jaglarz Z., Leskiewicz W., Morawiecki M.: *Technologia i urządzenia walcownicze*, Katowice, Wyd. „Śląsk” 1971.
- [3] Szpytko J., Gliwiński M.: *DEPENDABILITY SHAPING APPROACH OF DEVICES USED IN PRODUCTION PROCESS*, Warszawa, Journal of KONES v. 18, 2011
- [4] Szpytko J.: *Kształtowanie procesu eksploatacji środków transportu bliskiego*. Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji, Kraków-Radom, 2004.
- [5] Gliwiński M., Szpytko J.: *Approach to increase both operators' safety and devices' availability on the example of production process*. Journal of Kones, v.17, no 1, p. 143-147, 2010 (ISSN 1231 4005).
- [6] Danchenko V., Dyja H., Lesik L., Mashkin L., Milenin A.: *Technologia i modelowanie procesów walcowania w wykrojach*. Wydawnictwo Wydziału Inżynierii Procesowej, Materiałowej i Fizyki Stosowanej Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2002.
- [7] Lauks A., Gliwiński M.: *Ewolucja napędów walcowni wyrobów długich*. Mat. Konf. Napędy Maszyn Transportowych. Ustroń 2011.