

**WYBRANE PRZYCZYNY WYSTĘPOWANIA WAD WYROBÓW KONSTRUKCYJNYCH ORAZ METODY ICH
USUWANIA W ZAKŁADZIE REMONTOWO-PRODUKCYJNYM**

**SELECTED CAUSES OF DEFECTS IN PRODUCT DESIGN AND METHODS OF THEIR DEPARTMENT IN RE-
PAIR-PRODUCTION**

Jacek SITKO
Politechnika Śląska

Streszczenie:

Artykuł przedstawia wybrane czynniki wpływające na ilość wybrakowanych elementów konstrukcji stalowych stosowanych w pojazdach transportowych. Przeanalizowano wyroby z lat 2007-2009 produkowane w istniejącym zakładzie remontowo- produkcyjnym. W wyniku badań zaproponowano szereg sposobów ograniczenia wpływu analizowanych przyczyn na powstawanie wad wyrobów konstrukcyjnych.

Słowa kluczowe: wada, konstrukcja, stal, koszt

Keywords: defect, construction, steel, cost

WPROWADZENIE

Zakład remontowo-produkcyjny (rys. 1) zajmuje się m.in. produkcją konstrukcji stalowych:

- maszyn i urządzeń dźwigowych:
 - podwozia i nadwozia żurawi samojezdnych (rys. 2): FR LTM 1040-2.1, FR LTM 1220-5.1
 - podpory stałe i wysuwne żurawi,
 - elementy dźwigów kontenerowych i żurawi portowych,
- pieców dla hutnictwa,
- zbiorników dla przemysłu chemicznego,
- hal przemysłowych ,
- urządzeń specjalistycznych na platformy wiertnicze,
- innych urządzeń przemysłowych.



Rys. 1. Widok hali produkcyjnej

Fig. 1. View of factory floor

Źródło: <http://www.zpk.pl/pl/foto3pl.html>

Możliwości firmy w zakresie realizacji wyrobów przedstawiają się następująco:

- średnia zdolność produkcyjna to ok. 700 ton/mies.,
- przetwarzanie blach o maksymalnej grubości do 100 mm i maksymalnym ciężarze arkusza 10 ton oraz profili hutniczych o długości do 12 m,
- maksymalne wymiary gabarytowe wykonywanych konstrukcji są uzależnione od warunków transportu samochodowego. Po uzgodnieniach związanych z organizacją transportu ponadgabarytowego istnieje możliwość montażu wyrobów o ciężarze do 22 ton i wymiarach gabarytowych 2,5 x 3,5 x 16 m,
- tolerancja wykonania jest zgodna z normami EN obowiązującymi dla danego typu konstrukcji,
- wykonywanie konstrukcji ze stali: S235 - S355, S690QL - S960QL, oraz nierdzewnych i kwasoodpornych.



Rys. 2. Przykładowy wyrób (element podwozia typu B)

Fig. 2. Model product (element of chassis type B)

KRÓTKA CHARAKTERYSTYKA PROCESU PRODUKCJI

Proces produkcji jest odpowiednio planowany i realizowany zgodnie z dokumentacją wyrobu. Realizacja procesu jest monitorowana i oceniana. Wyniki są analizowane i w przypadku wystąpienia od założonego planu podejmowane są działania korygujące. Po zakończeniu działań przygotowawczych przebieg procesu produkcji obejmuje następujące fazy:

- sprawdzenie kompletności dokumentacji dostarczonej na wydział produkcyjny,
- pobranie materiałów i ich czyszczenie wstępne,
- trasowanie i wykonanie elementów wyrobu z ewentualną obróbką mechaniczną,
- oznaczenie wykonanych elementów i ich kontrola międzyoperacyjna,
- montaż zespołów elementów,
- spawanie i czyszczenie złożonego wyrobu,
- ochrona antykorozyjna i malowanie wyrobu,
- przygotowanie wyrobu do wysyłki.

Po każdej z wymienionych faz przeprowadzana jest kontrola międzyoperacyjna, po zakończeniu realizacji wyrobu kontrola końcowa.

Przygotowanie elementów wyrobu obejmuje:

1. Operacje przygotowawcze: cięcie, ukosowanie i obróbka plastyczna.
2. Przygotowanie materiałów – wyznaczony pracownik na podstawie dokumentu Rw pobiera materiały z magazynu, które są potrzebne do realizacji zamówienia. Pobrane materiały są transportowane na odpowiednie stanowiska pracy lub do śrutownia. Po śrutowaniu materiały są oczyszczane i transportowane na stanowiska cięcia na sekatorach i nożycach.
3. Wycinanie elementów – cięcie blach na sekatorach przeprowadzają pracownicy, którzy posiadają odpowiednie szkolenia. Materiały walcowe (rury, pręty, kształtowniki) są cięte na nożycach. Wycięte elementy po ich oznaczeniu są układane na palety i transportowane na kolejne stanowiska.
4. Komplectowanie elementów – polega na składaniu na paletę elementów lub też zespołów elementów, z których powstanie gotowy wyrób.
5. Rozpoczęcie procesu produkcji na wydziale montażowym- operacje, które wchodzi w skład montażu to: prasowanie, składanie, szepianie. Rozpoczęcie prac na stanowisku montażu następuje, gdy zostaną dostarczone skompletowane elementy i materiały oraz dokumentacje technologiczne.
6. Montaż podzespołów – elementy, które zostały wykonane na wcześniejszych stanowiskach są skompletowane i oznakowane zgodnie z procedurą, są transportowane na montaż, gdzie są szepiane i składane poszczególne podzespoły wchodzące w skład danego wyrobu. Po wykonaniu składania i szepiania ślusarze wyplenają i dołączają do wykonanego wyrobu kartę podzespołu, na której ślusarze potwierdzają wykonaną pracę. Karta ta towarzyszy podzespołowi, aż do zmontowania go w gotowy wyrób i stanowi część karty wyrobu.
7. Spawanie wyrobów – po operacjach szepiania i składania są wykonywane operacje spawalnicze. Wykonywane działania odnotowywane są w „Karcie wyrobu”.
8. Obróbka mechaniczna wyrobów – w przypadku potrzeby wykonania obróbki skrawaniem wyrób jest

transportowany na stanowiska obróbki skrawaniem. Wyrób zostaje oczyszczony i przygotowany do malowania

9. Końcowa kontrola wyrobu
10. Malowanie – pokrycie farbą wyrobu
11. Przygotowanie do wysyłki

WYBRANE ELEMENTY SYSTEMU KONTROLI JAKOŚCI

Kontrola jakości prowadzona jest na każdym etapie realizacji wyrobu począwszy od dostaw materiału, przez kontrolę międzyoperacyjną po odbiór końcowy i zwolnienie wyrobu.

Większość pracowników kontroli jakości posiada uprawnienia TÜV II-go stopnia wg EN 473 w zakresie badań nieniszczących materiałów i spoin. Ponadto w swojej strukturze organizacyjnej spółka posiada certyfikowane laboratorium zakładowe, do prowadzenia badań niszczących i nieniszczących oraz wzorcowania przyrządów pomiarowych.

Kontrola końcowa- jakości

Działalność produkcyjna wymaga stałej kontroli jakości produkowanych wyrobów, która polega na ciągłym i systematycznym sprawdzaniu wyników pracy i odpowiednim reagowaniu na zaistniałe sytuacje [1]. We współczesnym przemyśle stosowane są zautomatyzowane metody wytwarzania. Fakt, że produkcja staje się coraz bardziej nowoczesna, wpływa na zmianę podejścia do kontroli jakości. Prowadzona kontrola końcowa, po zakończeniu produkcji pozwala wykryć, jaki element wyrobu jest wadliwy, lub w jakim jego miejscu znajduje się wada. Kontrola końcowa sprawdza się przy produkcji elementów o małym stopniu skomplikowania. Przy bardziej złożonych wyrobach stosuje się kontrolę międzyoperacyjną, aby jak najwcześniej wykryć wadę. Wada, która jest wcześniej wykryta nie pociąga za sobą wysokich kosztów. Monitorowanie miejsc, w których powstają wady przyczynia się do tego, że można zapobiegać powstaniu wad najczęściej występujących na danych etapach produkcji [2].

Badania nieniszczące

Badania nieniszczące (NDT– non – destructive testing lub NDE - nondestructive examination; nieniszcząca ocena właściwości materiałów) – postępowanie w wyniku którego uzyskuje się informację o występowaniu nieciągłości materiałowych w obiektach o właściwościach materiałów obiektów badanych i wymiarach obiektów bez naruszenia ciągłości ich makrostruktury i mikrostruktury i powodowania zmian lub wpływania na ich właściwości użytkowe. Nieniszczące metody badań mają bardzo duży obszar zastosowań. Są one stosowane:

- w technice, badaniach, diagnostyce (materiałów wejściowych do procesów, elementów i podzespołów maszyn i urządzeń),
- w kryminalistyce (do wykrywania narkotyków),
- diagnostyce medycznej,
- w ochronie środowiska (wykrycie przecieków z rurociągu).

Cele, dla których przeprowadza się badania można podzielić na:

- cele bezpośrednie- analiza stanu materiału dokonywana przez wykrycie, rozpoznanie, opis nieciągłości jaka występuje,
- cele odległe, przyszłościowe – (prognozowanie przez ocenę ryzyka pęknięcia, trwałości elementu poddanemu zmiennemu obciążeniu).

Powodem stosowania badań nieniszczących są awarie urządzeń i konstrukcji różnego rodzaju. Wymienione obiekty są poddawane kontroli, badaniom i diagnostyce za pomocą badań nieniszczących, aby zapobiec wystąpieniu awarii w przyszłości. Badania nieniszczące mogą być stosowane, jeśli to jest konieczne do badania elementów o znaczeniu krytycznym. Prowadzenie tych badań wiąże się z ponoszeniem kosztów na wprowadzenie systemu zarządzania jakością, zakup i wzorcowanie aparatury, zakup środków do badań, szkolenie i opłacenie pracowników za wykonana przez nich pracę [3].

REJESTR BRAKÓW WEWNĘTRZNYCH

W zakładzie jest prowadzony rejestr braków wewnętrznych, który jest uzupełniany po przeprowadzeniu kontroli międzyoperacyjnej lub też kontroli końcowej wyrobu. Gdy wyrób nie spełnia założonych wymagań, określana jest wada, która wystąpiła w tym wyrobie. Podczas prowadzonych kontroli brane są pod uwagę podczas badania, tylko te miejsca w wyrobie, na które wskazuje karta technologiczna wyrobu. Wskazuje ona miejsca, określone przez różnych specjalistów, w których mogą znajdować się błędy lub też uchybienia. Podczas kontroli zwraca się również szczególną uwagę na miejsca wskazane przez klienta, są to zwykle te miejsca, które mają być wykonane ze szczególną uwagą i dokładnością. Pozostałe miejsca badane są tylko wrywkowo, gdyż dokładne badanie każdego miejsca wyrobu wiąże się ze wzrostem kosztów produkcji. Przeprowadzając kontrolę wyrobu w trakcie produkcji podejmowana jest decyzja, czy wycofać wyrób, czy też naprawić zauważoną wadę.

Rejestr braków wewnętrznych jest wewnętrznym dokumentem, z którego wynika, na jakim stanowisku popełniane są błędy i na jakie miejsca trzeba zwracać szczególną uwagę podczas produkcji kolejnych wyrobów.

WADY WYSTĘPUJĄCE W ELEMENTACH KONSTRUKCYJNYCH

Najwięcej wad wystąpiło w podwoziu A (rys. 3), w roku 2007, co wiąże się z tym, że produkcja tego wyrobu w danym roku była najwyższa. Braki występujące w dwóch pozostałych wyrobach kształtowały się na niskim poziomie wa-

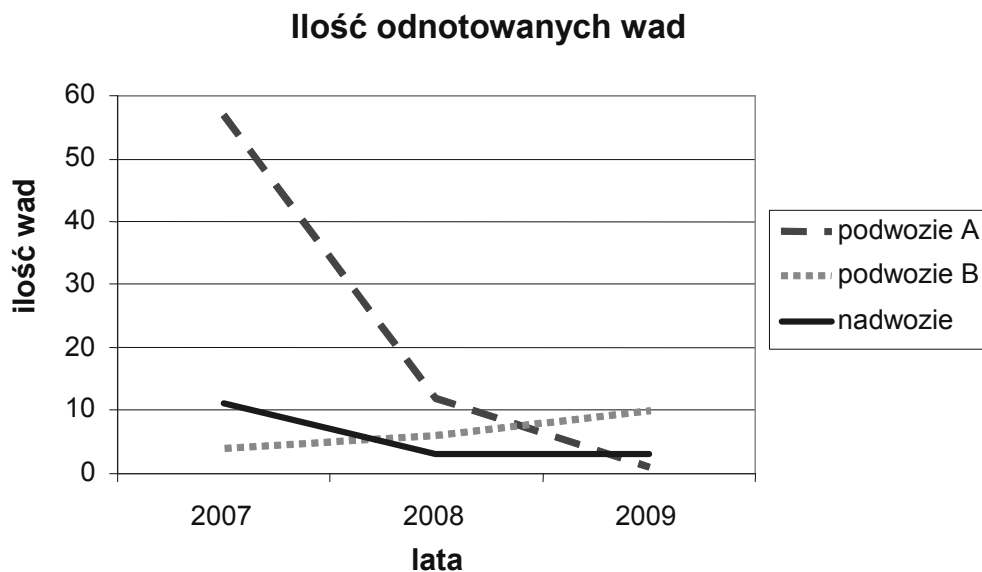
dliwości. W jednym wyrobie może pojawić się kilka wad, co jest bardzo niekorzystne. Dzięki kontroli międzyoperacyjnej jak i kontroli końcowej można je wykryć i wcześniej wyeliminować, co pozwała uniknąć dodatkowych kosztów. Dlatego ważne jest prowadzenie kontroli na różnym etapie produkcji. Wada wcześniej wykryta nie pociąga za sobą dużych nakładów finansowych. Dzięki prowadzonym zapisom w kartach technologicznych, w łatwy sposób można określić w jakim dziale powstają wady.

Z powyższego wykresu wynika, że najwięcej wad powstaje podczas prac ślusarskich. Prace te wiążą się z przecinaniem i wycinaniem fragmentów z blach, z których tworzyony jest element. Wymagają one precyzji i umiejętności obsługi maszyn. Pracownicy posiadający kilkuletni staż pracy są i doświadczeni i swoją pracę wykonują bardzo precyzyjnie. Podczas prac ślusarskich wady powstają również z błędnie ustawionych programów cięcia, za co odpowiada operator oraz osoba, która ten program opracowała. Jeżeli chodzi o kooperanta to dostarcza on elementy, które wchodzą w skład wyrobu gotowego. Stwierdzenie, że dany element jest brakiem wynika najczęściej podczas montażu elementów. Wtedy to okazuje się, że element, który miał być zamocowany w danym miejscu nie pasuje do niego. Zdarza się również, że podczas montażu zostaje wychwycona wada elementu, którą można wyeliminować jeszcze przed zamocowaniem go w wyrobie.

Przyczyny powstania wad wg stanowisk:

1. Montaż: nieumiejętność pracownika (100%).
2. Obróbka mechaniczna: inne przyczyny (100%).
3. Sekator: nieuwaga pracownika (100%).
4. Prasa: nieuwaga pracownika (60%), nieprzestrzeganie technologiczne (40%).
5. Prace ślusarskie: nieuwaga pracownika (50%), nieumiejętność pracownika (50%).
6. Inne wady: nieumiejętność pracownika (100%).
7. Kooperacja: wina kooperanta (100%).

Według zapisu rejestru braków wewnętrznych głównymi przyczynami powstawania wad jest nieuwaga pracownika jak i wina kooperanta. Tuż za tymi dwiema dominującymi przyczynami powstawania wad znajduje się kolejna, jaką jest nieumiejętność pracownika.



Rys. 3. Ilość odnotowanych wad
Fig. 3. Amount of defects note

Wina kooperanta, polega na dostarczeniu nieodpowiednich elementów, co zostaje zauważone już przy odbiorze danego elementu od dostawcy lub też podczas montażu. Na każdy element niezgodny, określany jako brak, dostarczony przez kooperanta wystawiana jest dokument zaistniałego braku. Dostawca powinien w ramach zawartej umowy, jak najszybciej odebrać wadliwy wyrób lub gdy jest to możliwe naprawić go, ale w takim terminie, który nie powodowałby opóźnień w produkcji. Nieuwaga pracownika jest drugą przyczyną powstawania wad, które zapisywane są na kartach wyrobu i klasyfikowane jako braki. Ta przyczyna, wiąże się z kilkoma elementami, które zostaną rozpatrzone w dalszej części pracy.

Wg rejestru braków wewnętrznych poszczególne czynniki kształtują przyczyny powstawania wad:

1. Nieuwaga pracownika
 - pozycja wykonana niezgodnie z rysunkiem,
 - pozycja źle wykonana.
2. Inne przyczyny
 - uszkodzony gwint,
 - pęknięcia spoin.
3. Nieumiejętność pracownika
 - pozycja źle wykonana,
 - niezgodny wymiar.
4. Wady technologiczne
 - pozycja wykonana, niezgodnie z rysunkiem,
 - pęknięcia elementu podczas zabiegu wyginania
5. Wina kooperanta
 - detale wycięte niezgodnie z rysunkiem,
 - nieprawidłowo wycięty element,
 - półwyroby uszkodzone podczas transportu.

KOSZTY POWSTAŁYCH WAD

Koszty wad, które zostały zauważone przez kontrolę wewnętrzną są niższe niż te, które po dostarczeniu wyrobu zauważy klient [4]. Koszty najwyższe wystąpiły w roku 2007. A wyrób, którego wady są najbardziej kosztowne to podwozie B (rys. 4). Ważne jest też, czy wyrób z zauważoną wadą da się naprawić lub trzeba go w całości przetransportować do wydzielonego miejsca, gdzie składowane są wyroby, które nie spełniają wymagań. W obu tych przypadkach ważne jest dotrzymanie terminów uzgodnionych z klientem.

Należy zawsze mieć na uwadze fakt, że za każde opóźnienie trzeba zapłacić i to również wlicza się w koszty wad wyrobów.

Przeprowadzając eliminację zauważonej wady w danym wyrobie należy mieć pamiętać, iż dokonując poprawek w wyrobie wzrasta koszt jego wytworzenia. To samo dotyczy wyrobu, który został uznany za nienaprawialny. Ten wadliwy wyrób należy ze złomować, a na jego miejsce wytworzyć nowy – tu koszty rosną prawie podwójnie. Jeżeli dojdzie do tego jeszcze nieodległy termin dostawy wyrobu do klienta, należy dołożyć wszelkich starań, aby wyrób był wykonany w terminie i nie trzeba było płacić kary za opóźnienie dostawy.

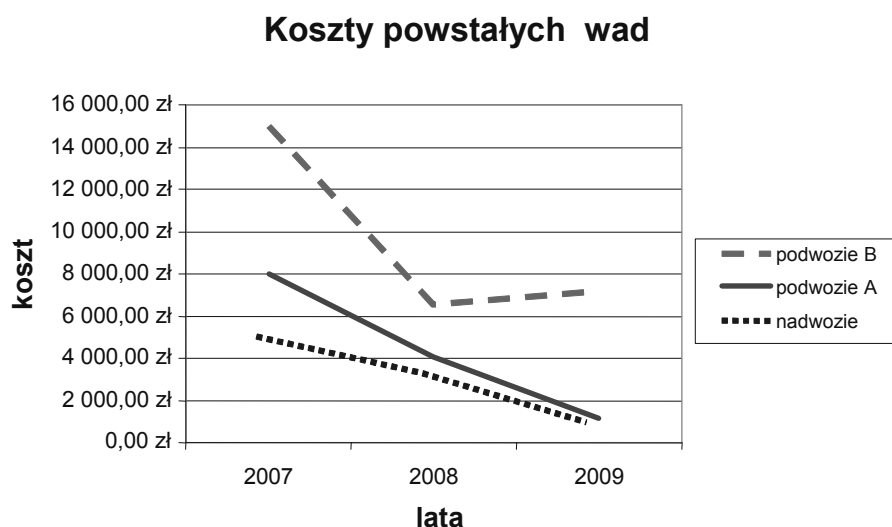
PRZEGLĄD POTENCJALNYCH SKUTKÓW WAD

Do potencjalnych skutków wad można zaliczyć między innymi:

- koszty reklamacji – klient upomina się o dotrzymanie warunków umowy, tak więc, jeżeli wyrób, który otrzymał nie spełnia jego oczekiwań, wystawia reklamację, a dostawca, jako iż posiada certyfikat zgodności ISO 9001 oraz dbając o swoje dobre imię, przyjmuje ją i pokryje koszty związane z usunięciem wady,
- opóźnienia terminów dostaw – wyrób niezgodny został odesłany do dostawcy i tam naprawiany, lub też klient usuwa niezgodność, na co potrzeba czasu,
- konieczność dokonywania poprawek – w wyrobach, w których zostanie wykryta jakaś niezgodność należy ją wyeliminować poprzez wprowadzenie poprawek,
- dodatkowa praca – gdy w wyrobie zostanie zauważona wada należy ją wyeliminować, a to wiąże się z dodatkową pracą,
- zwiększenie kosztów produkcji – każda wada, nawet najmniejsza powoduje wzrost kosztów produkcji.

PROPOZYCJE ZMIAN OGRANICZAJĄCE LUB ELIMINUJĄCE PRZEDSTAWIONE PROBLEMY W PROCESIE PRODUKCYJNYM

Hałas jest jednym z głównych powodów nieuwagi pracownika. Specyfika pracy na stanowisku montażu wiąże się z występującym hałasem. Hałas, który występuje podczas wykonywanej pracy wpływa na wydajność pracy. Zaburza



Rys. 4. Koszty powstałych wad
Fig. 4. Costs of defects arising

on możliwość skoncentrowania uwagi, obniżając w ten sposób wydajność pracy.

Jedną z możliwości ograniczenia narażenia pracowników na nadmierny hałas są rozwiązania organizacyjne. W wyniku odpowiedniego zaplanowania produkcji możliwe jest, aby na hali produkcyjnej przebywała jak najmniejsza liczba pracowników. Im mniej pracowników przebywa na hali produkcyjnej, tym mniej jest ich narażonych na hałas.

Kolejnym działaniem jest taka rotacja pracowników, aby pracowali oni przez różne dni tygodnia na różnych zmianach. Rotacja ta nie powoduje zmniejszenia wartości hałasu, kory dociera do pracownika, ale pozwala na obniżenie średniej wartości hałasu, jaka dociera do pracownika podczas pracy.

Jeżeli chodzi o osobiste ochronniki słuchu, to każdy pracownik powinien posiadać indywidualne. Ważne jest aby ochronniki były dobrze przechowywane i konserwowane. Należy prowadzić kontrole ochronników słuchu, gdyż z czasem tracą one swoje właściwości tłumiące i zmniejsza to ochronę przed działaniem hałasu. Należy również pamiętać, że istnieją ochronniki o różnych parametrach, dlatego należy dobrać je odpowiednio dla pracowników

Zła komunikacja z przełożonymi – kierownicy powinni dążyć do poprawy kontaktu z pracownikami. Powinni również uczestniczyć w specjalnych szkoleniach, podczas których nauczyliby się traktować pracowników jak partnerów, którym przyświeca jeden wspólny cel; wykonanie założonego planu bez żadnych nieporozumień.

Zmęczenie. Jest kilka czynników, które wpływają na zmęczenie, można do nich zaliczyć m.in. hałas, monotonię wykonywanej pracy, brak perspektyw na poprawę warunków pracy, nieodpowiedni system wynagradzania. Kolejne przyczyny wiążą się głównie z postrzeganiem pracownika jako osoby, która dzięki wkładowi swojego czasu i wysiłku przyczynia się do realizacji założonych celów przedsiębiorstwa. Należy również wprowadzić ankietę, która pomoże kierownictwu ocenić, jakie czynniki należy poprawić, aby praca stała się dla pracowników mniej uciążliwa. Specjalne szkolenia, nie tylko w zakresie BHP, pracy na stanowisku ale także takie, które pozwolą pracownikom lepiej zrozumieć, jaki jest ich wkład w produkcję końcowego wyrobu.

Presja czasu. Zdarzają się sytuacje, że pracownik nie zdąży wykonać zadania z różnych powodów. Próbuje później nadrobić czas, jaki stracił, co może prowadzić do nie-

zgodności powstających w wyrobie. Należy prowadzić pomiary, jaką wielkość pracy pracownik jest w stanie podczas zmiany wykonać. Wiadomo, że pracownik o większym stażu pracy wykona pracę szybciej. Nie należy zapominać o pracownikach, którzy zostali niedawno zatrudnieni, gdyż oni nie mają takiego doświadczenia i określone zadania wykonują wolniej.

Zbyt dużo obowiązków. Zdarza się często, że pracownicy podczas pracy muszą wykonać więcej zabiegów produkcyjnych niż podczas przeciętnej zmiany. Podczas prób szybszego wykonania pracy pojawiają się błędy związane z niedokładnością jak i możliwością wystąpienia wypadku przy pracy. Dlatego obowiązki na każdym stanowisku powinny być dokładnie monitorowane, w taki sposób, aby pracownicy nie czuli nadmiernego obciążenia wynikającego z wykonywanej pracy. Dodatkowo należy przeprowadzać ankietę wśród pracowników, aby porównać wartości liczbowe z odczuciami pracowników.

PODSUMOWANIE

W artykule zaprezentowano charakterystykę zakładu remontowo-produkcyjnego. Dokonano analizy wybranych czynników wpływających na występowanie wad w konstrukcjach stalowych stosowanych w pojazdach samochodowych, produkowanych w latach 2007-2009.

Zaproponowano również sposoby ograniczenia ilości wybraków wpływających na wzrost kosztów produkcji i spadek popytu na rynku.

Celem ograniczenia występujących problemów, wzięto pod uwagę głównie takie czynniki hałas, nadmiar zadań itp. wpływające na poziom jakości pracy, bezpieczeństwo i komfort pracowników.

LITERATURA

- [1] Gawlik J., Kietbus A.: Metody i narzędzia w analizie jakości wyrobów. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej. Kraków 2008.
- [2] Lewińska-Romicka A.: Badania nieniszczące. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne. Warszawa 2001.
- [3] Liwowski B., Kozłowski R.: Podstawowe zagadnienia zarządzania produkcją. Wolters Kluwer Polska Sp. z o. o. Kraków 2007.
- [4] Szczepańska K.: Koszty jakości dla inżynierów. Wydawnictwo PLACAET. Warszawa 2009.