

Andrzej Marek Lasota

Międzywydziałowe Centrum Edukacyjno-Badawcze,
Uniwersytet Zielonogórski
ul. Prof. Szafrana 4, 65-516 Zielona Góra

Obciążenie układu mięśniowo-szkieletowego operatorów w procesie produkcji części samochodowych

Postural workload on operators in the
production of automotive parts

Streszczenie

Tło badań: System produkcji jest układem złożonym z elementów fizycznych takich jak: maszyny i urządzenia, narzędzia pracy i (co najważniejsze) ludzi. Ponadto systemy zależne od człowieka-operatora są szczególnie podatne na problemy związane z: bezpieczeństwem pracy, uciążliwościami, zapewnieniem produkcji, jakości i ze wzrostem kosztów szkolenia i nieobecności w pracy.

Materiał i metody: Badanie przeprowadzono w zakładzie przemysłu motoryzacyjnego. Celem pracy była ocena obciążenia i ryzyka wystąpienia mięśniowo-szkieletowego dyskomfortu (MSD) u pracowników w procesie produkcji detalu „A_1”, analiza czynników ryzyka z zastosowaniem metody OWAS. Oceniono proces produkcji półproduktu jako wyrobu finalnego realizowanego na trzech stanowiskach: tłoczenia, zgrzewania zgrzewarką garbową, zgrzewania robotem zgrzewalniczym. Grupę badawczą stanowiło osiemnastu mężczyzn; średni wiek: 25,8 lat, odchylenie standardowe (Sd) 4,1 lat, staż pracy: 3,7 lat (Sd=1,6). W skład grupy wchodziło: sześciu operatorów pras; siedmiu operatorów zgrzewarek garbowych oraz pięciu operatorów robotów zgrzewalniczych.

Wyniki: na stanowisku tłoczenie obciążenie układu mięśniowo-szkieletowego oszacowano jako duże, na stanowisku zgrzewania zgrzewarką garbową – duże, na stanowisku zgrzewania za pomocą robota zgrzewalniczego – średnie. Ramiona były utrzymywane poniżej linii barków, obciążenie zewnętrzne nie przekraczało 10 kilogramów.

Wnioski i rekomendacje: proces produkcji detalu „A_1” związany był z dużym obciążeniem statycznym i wysokim ryzykiem wystąpienia MSD. Głównymi czynnikami ryzyka były: wymuszone pozycje pracy przez konstrukcje stanowisk, algorytm wykonywania zadań oraz czas trwania czynności. Zaleca się reorganizację stanowisk pracy ze szczególnym uwzględnieniem pobierania elementów jak również składowania detali oraz normatywów czasowych; opracowanie i wdrożenie systemu rotacji pracowników w celu zapewnienia zmienności obciążenia pracą.

Słowa kluczowe: *OWAS, ergonomia, ryzyko, układ mięśniowo-szkieletowy*

Abstract

Background: The production system is a system composed of physical elements such as machinery and equipment, tools, and (most importantly) people. In addition, systems dependent on the human-operator are particularly prone to problems related to work safety, discomfort, ensuring production quality and the increases in training costs and absenteeism.

Material and methods: The study was conducted at production plant in the automotive industry. The aim of the study was to evaluate the workload and the risk of musculoskeletal discomfort (MSD's) among workers in the process of production of item "A_1", conducting an analysis of risk factors using the OWAS method. The evaluation was conducted for the production process for three intermediate components of the final product implemented at three stations: pressing, spot welding and robot welding. The study group consisted of eighteen men; mean age: 25.8 years, standard deviation (sd) 4.1 years, work experience: 3.7 years (sd = 1.6). The group consisted of: six press operators, seven spot welding and five welding robots operators.

Results: A high static load occurred at pressing and spot welding stations. The arms were kept below the shoulders, and external load did not exceed 10kg.

Conclusions and recommendations: the production process was associated with a high static load and a high risk of MSD's. The main risk factors were: the position of working required during construction, the algorithm for performing the tasks and the duration of actions. Reorganization of the work is recommended, with particular attention to retrieving items and storage of parts, along with time standards; development and implementation of staff rotation system to ensure variation in workload.

Keywords: *OWAS, ergonomics, risk, musculo-skeletal system*

1. Wstęp

Systemy produkcji są określane jako układ złożony z elementów fizycznych takich jak: maszyny i urządzenia, narzędzia pracy i (co najważniejsze) ludzi. Pracownicy pracujący w systemie wytwarzania są „wewnętrznymi konsumentami” i system musi być tak zaprojektowany aby spełniał ich potrzeby. Jednocześnie system wytwarzania musi produkować dobra, które spełnią oczekiwania „konsumentów” zewnętrznych. Z punktu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia, system produkcji jest tak zaprojektowany,

aby zaspokoić potrzeby wewnętrzne, jak i zewnętrzne zarówno konsumentów wewnętrznych oraz zewnętrznych [1]. Ponadto systemy produkcji zależne od człowieka-operatora są szczególnie podatne na problemy związane z: bezpieczeństwem pracy, uciążliwościami, zapewnieniem produkcji, jakości i wzrostem kosztów szkolenia oraz nieobecności w pracy [2].

Pracy wykonywanej przez człowieka towarzyszy wysiłek fizyczny, który może powodować pojawianie się mięśniowo-szkieletowego dyskomfortu (MSD) u pracowników [3, 4] w postaci dolegliwości zdrowotnych [5-7]. Badania wykazały, że pozycja pracownika podczas pracy, zakres ruchów, siła, powtarzalność i czas trwania muszą być brane pod uwagę podczas kategoryzowania poziomu wysiłku fizycznego [8]. Pozycja i ruchy operatora podczas pracy są istotnymi zmiennymi, które należy brać pod uwagę w bezpieczeństwie pracy, ponieważ są to dwa najważniejsze czynniki, które determinują obciążenie pracownika. Na pozycję pracownika podczas pracy wpływają takie czynniki jak: realizowane zadanie, stanowisko pracy, narzędzia pracy, ich projekt i cechy antropometryczne pracowników [3].

Techniki badawcze, zaproponowane do oszacowania poziomu dyskomfortu i obciążenia sylwetki pracownika związanej z przyjmowaniem różnych pozycji podczas pracy można podzielić na obserwacyjne i bazujące na urządzeniach. W przypadku technik obserwacyjnych katowe odchylenie segmentów ciała od położenia neutralnego uzyskuje się za pomocą obserwacji wzrokowej. Natomiast w technikach opartych na instrumentach, ciągłe monitorowanie postawy ciała odbywa się przez urządzenia podłączone do pracownika. Ze względu na brak integracji w proces pracy, niski koszt, łatwość użycia techniki obserwacyjne są bardziej powszechnie stosowane w przemyśle [9].

Wśród metod o charakterze obserwacyjnym stosowanych do oceny obciążenia posturalnego pracownika można wymienić: Owako Working posture Analysing System (OWAS) [10], Rapid Upper Limb Assessment (RULA) [11], Rapid Entire Body Assessment (REBA) [12, 13]. Zostały one opracowane do różnych celów i w związku z tym stosowane są w ramach różnych warunków w miejscu pracy [14]. Każda technika ma swój własny system klasyfikacji postawy operatora, który różni się od innych technik; co może powodować rozbieżności w wyniku końcowym obciążenia, który zależy od użytej techniki.

Od czasu ich publikacji badania naukowe wykazały ich przydatność w ocenie pozycji pracownika podczas pracy w różnych środowiskach pracy takich jak: magazyny [15], budownictwo [16], branża drobiarska [17], obsługa i utrzymaniu statków [18], w centrum dystrybucji napojów [19], przy obróbce metali [20], drewna [21], przetwórstwie ryb [22], w przemyśle stalowym, elektronicznym, motoryzacyjnym i chemicznym [23-29, 4], itp.

Celem pracy była ocena obciążenia i ryzyka wystąpienia mięśniowo-szkieletowego dyskomfortu u pracowników w procesie produkcji detalu „A_1”, analiza czynników ryzyka z zastosowaniem metody OWAS.

2. Metoda i materiał

2.1. Metoda OWAS

Metoda OWAS została opracowana przez fińskich autorów w przedsiębiorstwie Ovako Oy [10] do oceny narażenia na ryzyko MSD związanego z pozycją operatora podczas pracy i została upowszechniona w wielu krajach. Kompleksowo ujmuje zagadnienie opierając się na technice obserwacji pracownika podczas wykonywania pracy. Uwzględniono w niej przyjmowane przez pracownika pozycje podczas pracy wyróżniając następujące segmenty ciała: tułów (plecy), ramiona, nogi oraz obciążenie zewnętrzne w kilogramach, które posiada znaczący wpływ na ryzyko. Podstawę oceny narażenia na MSD stanowi stopień łącznego obciążenia pozycją ciała z uwzględnieniem obciążenia zewnętrznego. Metoda OWAS ukierunkowana jest na identyfikację problemów oraz działania korekcyjne co znajduje swój wyraz w kategoriach oceny. Głównym celem oceny staje się zatem ujawnienie i ewentualna korekta niepożądanych pozycji.

W metodzie, w modelu człowieka, wyróżniono trzy segmenty ciała, które mogą przyjmować różne położenia oraz obciążenie zewnętrzne. Metoda OWAS bierze pod uwagę obciążenie pochodzące od czterech czynników:

- pozycja pleców (cztery zakodowane pozycje: 1 – wyprostowane, 2 – zgięte do przodu, 3 – skrzyżowane, 4 – zgięte i skrzyżowane),
- położenie ramion (trzy pozycje: 1 – obydwa poniżej stawu ramiennego, 2 – jedno powyżej stawu ramiennego, 3 – obydwa powyżej stawu ramiennego),
- położenie nóg (siedem pozycji: 1 – pozycja siedząca, 2 – stojąca z nogami wyprostowanymi, 3 – stojąca z jedną nogą wyprostowaną, 4 – stojąca z nogami zgiętymi, 5 – stojąca z jedną nogą zgiętą, 6 – klęczenie na jednym lub obu kolanach, 7 – chodzenie),
- obciążenie zewnętrzne w kg (trzy kody: 1 – mniejsze od 10kg, 2 – 10 do 20kg, 3 – powyżej 20kg).

Na sumaryczny kod obciążenia pozycji operatora składają się kody: położenia pleców, położenia ramion, położenia nóg i obciążenia zewnętrznego; tworząc czterocyfrowy kod. Ich kombinacja tworzy kategorie oceny opisujące ryzyko narażenia na MSD oraz kategorie działań (KD) niezbędnych do poprawy warunków pracy na badanym stanowisku. Autorzy wyróżnili:

- KD 1 – bez ryzyka, pozycja prawidłowa, bez szczególnego szkodliwego wpływu na układ mięśniowo-szkieletowy operatora, działania interwencyjne nie są wymagane.
- KD 2 – występuje niewielkie ryzyko, pozycja robocza ma niewielki szkodliwy wpływ na układ mięśniowo-szkieletowy, występuje lekkie obciążenie, natychmiastowa interwencja nie jest wymagana, ale korekta ergonomiczna powinna być wzięta pod uwagę w przyszłych działaniach.
- KD 3 – znaczne ryzyko, pozycja robocza posiada znaczny szkodliwy wpływ na układ mięśniowo-szkieletowy, interwencja ergonomiczna powinna być przeprowadzona możliwie jak najszybciej.

- KD 4 – bardzo wysokie ryzyko, pozycja robocza ma bardzo duży szkodliwy wpływ na układ mięśniowo-szkieletowy, interwencja ergonomiczna wymagana jest natychmiast.

2.2. Oceniany system

Badania zostały wykonane w zakładzie przemysłu motoryzacyjnego na wydziale produkcji. Oceniono proces produkcji detalu „A_1” jako produktu finalnego, który był realizowany na trzech stanowiskach:

- Tłoczenia za pośrednictwem prasy transferowej. Operator posiadał pośredni udział, ponieważ cały proces tłoczenia odbywał się automatycznie w prasie, szyny transferowe przekładały arkusz blachy na poszczególne segmenty przyrządu, aż do momentu wytworzenia finalnego produktu, który umieszczany był na taśmociągu prasy. Głównym zadaniem operatora było pobranie detalu z taśmociągu w celu dokonania kontroli wzrokowej i następnie umieszczenie w pojemniku zgodnie z instrukcją pakowania. Pracownik pracował w pozycji stojącej.
- Zgrzewania na zgrzewarce garbowej. Praca operatora polegała na pobraniu detalu z pojemnika, ułożeniu go w przyrządzie urządzenia, pobraniu i ułożeniu dodatkowych komponentów w przyrządzie a następnie zgrzaniu w całość. Po zgrzaniu operator wyjmował detal i umieszczał go na pojemniku aż zebrano się 10 sztuk. Następnie umieszczał je w pojemniku zgodnie z instrukcją pakowania. Operator pracował w pozycji siedzącej, natomiast pakowanie do pojemnika odbywało się w pozycji stojącej.
- Zgrzewanie za pomocą robota zgrzewalniczego. Operator robota pobierał dwa detale z pojemnika i umieszczał je w cechowniku. Po nadaniu numeru detalu, umieszczał je w przyrządzie robota, następnie dokładał dwa kolejne detale i zamykał je za pomocą dźwigni. Tak przygotowane detale po uruchomieniu robota były zgrzewane w całość. Po zgrzaniu operator wyjmował i umieszczał w pojemniku. Praca była wykonywana w pozycji stojącej.

Pracownicy pracowali w systemie 3-zmianowym, 8 godzin dziennie z 25 minutową przerwą na posiłek. Grupę badawczą stanowiło osiemnastu mężczyzn, średni wiek wynosił 25,8 lat, odchylenie standardowe (Sd) 4,1 lat; staż pracy na podobnych stanowiskach 3,7 lat (Sd=1,6). W skład grupy wchodziło: sześciu operatorów pras w średnim wieku 25,8 lat (Sd=4,6), stażu pracy 3,8 lat (Sd=1,9); siedmiu operatorów zgrzewarek garbowych w średnim wieku 25,1 lat (Sd=3,5), stażu pracy 3,6 lat (Sd=1,5) oraz pięciu operatorów robotów zgrzewalniczych w średnim wieku 26,6 lat (Sd=4,9), stażu pracy 3,6 lat (Sd=1,5).

3. Wyniki i omówienie

Proces produkcji detalu „A_1” odbywał się na trzech kolejnych stanowiskach: tłoczenia na prasie transferowej, zgrzewania za pośrednictwem zgrzewarki garbowej oraz zgrzewania za pomocą robota zgrzewalniczego uzyskując w ten sposób finalną postać. Technologia, projekt poszczególnych stanowisk pracy wymagały od

pracowników odmiennych aktywności. Na każdym z ocenianych stanowisk dokonano po piętnaście pomiarów czasu trwania każdej z czynności uwzględniając wszystkich operatorów, wyznaczono średni czas trwania, który przedstawiono w: Tab.1., Tab. 3., Tab. 5. Dla każdego z pracowników dokonano oceny przyjmowanych pozycji podczas wykonywanych czynności metodą OWAS, której wyniki zamieszczono w: Tab. 2., Tab. 4., Tab. 6. Szkice wybranych pozycji zamieszczono na Rys1., Rys. 2., Rys.3. Wyposażenie stanowiska pracy, algorytm zadania roboczego determinował sposób wykonywania pracy przez operatorów.

Tabela 1. Chronometraż czynności na stanowisku tłoczenia (N=15)

Table 1. Timing of actions at the pressing station (N=15)

Nr	Czynność	Średni czas trwania (Sd) [s]	% czasu trwania
1	Pobranie detalu	2,0 (0,2)	13
2	Kontrola	9,8 (0,7)	62
3	Umieszczenie w pojemniku	4,1 (0,4)	26
Razem		15,9	100

Tabela 2. Ocena OWAS na stanowiskach tłoczenia (N=6)

Table 2. OWAS rating for pressing stations (N=6)

Nr	Czynność	Kod pozycji ciała				KD
		Plecy (1-4)	Ramiona (1-3)	Nogi (1-7)	Obciążenie (1-3)	
1	Pobranie detalu	1	1	2	1	1
2	Kontrola	2	1	2	1	2
3	Umieszczenie w pojemniku	4	1	3	1	2

Na stanowisku tłoczenia oceniono prace sześciu operatorów. Zadanie składało się z trzech czynności (Tab. 1., Tab. 2.). Pobieranie detalu z taśmociągu trwało 13% czasu pracy a pozycja przyjmowana przez operatorów była prawidłowa i zakwalifikowano ją do KD 1. W przypadku pozostałych dwóch czynności dotyczących kontroli oraz umieszczenia detalu w pojemniku operacje wykonywane przez operatorów zakwalifikowano do KD 2. Kontrola trwała 62% czasu pracy, podczas której operatorzy umieszczali sprawdzian w detalu znajdującym się na blacie stołu roboczego; trzymając go oburącz sprawdzali poprawność wytłoczenia pochylając przy tym plecy do przodu (Rys.1.). Z kolei umieszczanie detalu w pojemniku stojącym na posadzce trwało 26% czasu pracy, podczas którego operatorzy pochylali i jednocześnie skręcali plecy przenosząc ciężar ciała na jedną wyprostowaną nogę w celu ułożenia kolejnego detalu. Ponadto biorąc pod uwagę łączny czas wykonywania dwóch ostatnich czynności równy 88% czasu pracy, KD 2 oraz wymuszoną pozycję pracy operatorów [31] obciążenie statyczne układu mięśniowo-szkieletowego oszacowano jako duże.



Rys. 1. Kontrola detali na stanowisku tłoczenia

Fig. 1. Parts control at the pressing station

Tabela 3. Chronometraż czynności na stanowisku zgrzewania zgrzewarką garbową (N=15)

Table 3. Timing of actions at the spot welding station (N=15)

Nr	Czynność	Średni czas trwania (Sd) [s]	% czasu trwania
1	Pobranie detalu	2,1 (0,2)	13
2	Ułożenie w przyrząd	1,9 (0,2)	12
3	Dołożenie komponentu	4,0 (0,4)	25
4	Uruchomienie urządzenia	3,1 (0,2)	19
5	Wyjęcie detalu	2,0 (0,3)	12
6	Odłożenie detalu	2,1 (0,3)	13
7	Umieszczenie detali w pojemniku	1,0 (0,2)*	6
Razem		16,2	100

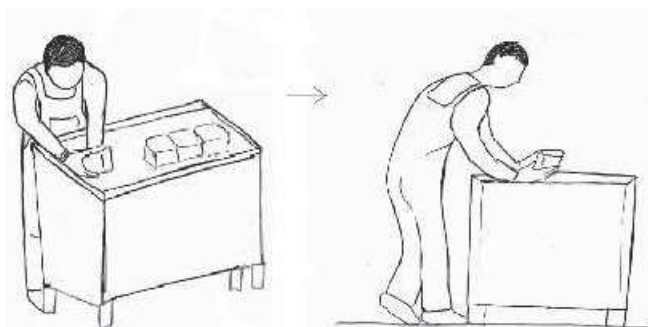
* umieszczenie detali w pojemniku (czynność nr 7) występowało raz na 10 cykli; czas trwania czynności = 1,0 0,2) został przeliczony na 1 cykl

Tabela 4. Ocena OWZAS na stanowisku zgrzewania zgrzewarką garbową (N=7)

Table 4. OWZAS rating the spot welding station (N=7)

Nr	Czynność	Kod pozycji ciała				KD
		Plecy (1-4)	Ramiona (1-3)	Nogi (1-7)	Obciążenie (1-3)	
1	Pobranie detalu	3	1	1	1	1
2	Ułożenie w przyrząd	1	1	1	1	1
3	Dołożenie komponentu	1	1	1	1	1
4	Uruchomienie urządzenia	1	1	1	1	1
5	Wyjęcie detalu	2	1	1	1	2
6	Odłożenie detalu	3	1	1	1	1
7	Umieszczenie detali w pojemniku	4	1	3	1	2

Na stanowisku zgrzewania za pomocą zgrzewarki garbowej (Tab. 3., Tab. 4.) wyróżniono 7 czynności, z czego sześć wykonywanych było w pozycji siedzącej natomiast umieszczanie detali w pojemniku odbywało się w pozycji stojącej; oceniono pracę 7 operatorów. Pięć czynności zakwalifikowano do KD 1 natomiast dwie do KD 2. Pobieranie detali trwało 13% czasu pracy, odłożenie detali również 13% czasu pracy. Podczas obu czynności plecy operatorów były skrzyścone, gdyż zarówno pojemnik z częściami jak i blat odkładczy znajdował się obok pracownika. Operatorzy siedząc skrzyścali tułów w lewo (pobranie) i kierowali wzrok na detal lub w prawo (odłożenie). Z kolei wyjmowanie detalu trwało 12% czasu pracy, operatorzy pochyłali się do przodu wyjmując gotową część z przyrządu urządzenia.



Rys. 2. Umieszczanie detali w pojemniku na stanowisku zgrzewania zgrzewarką garbową
Fig. 2. Placing of parts in the container on a bench at the spot welding station

Natomiast umieszczania detali w pojemniku ustawionym na posadzce trwało 6% czasu pracy. Operatorzy stojąc umieszczali zgodnie z instrukcją detale we wnętrzu pojemnika skrzyścąc i jednocześnie pochyłając plecy (Rys. 2.). Przy pozostałych czynnościach pracownicy przyjmowali prawidłowe pozycje. Łączny czas trwania czynności zakwalifikowanych do KD 1 wynosił 82%, ponadto pozycje operatorów były wymuszone co skutkowało dużym obciążeniem statycznym układu mięśniowo-szkieletowego. Natomiast łączny czas czynności z KD 2 wynosił 18% co jest charakterystyczne dla małego obciążenia statycznego.

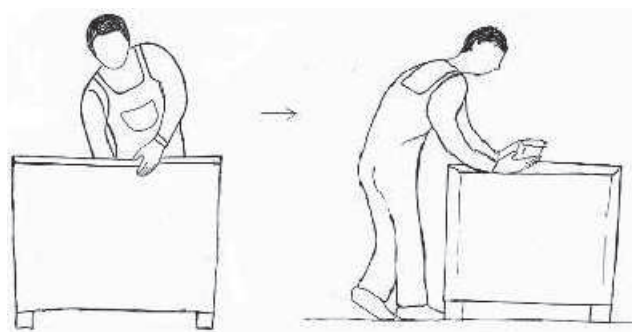
Tabela 5. Chronometraż czynności na stanowisku zgrzewania robotem zgrzewalniczym (N=15)
Table 5. Timing of actions at the robot welding station (N=15)

Nr	Czynność	Średni czas trwania (Sd) [s]	% czasu trwania
1	Pobranie detali	4,4 (0,4)	14
2	Umieszczenie w cechowniku	2,1 (0,3)	6
3	Ułożenie detali w przyrząd	9,4 (0,7)	29
4	Zamknięcie detali	4,9 (0,4)	15
5	Uruchomienie robota	1,9 (0,2)	6
6	Wyjęcie detali z robota	4,1 (0,3)	13
7	Włożenie detali do pojemnika	5,5 (0,4)	17
Razem		32,4	100

Tabela 6. Ocena OWAS na stanowisku zgrzewania robotem zgrzewalniczym (N=5)
Table 6. OWAS rating the robot welding station

Nr	Czynność	Kod pozycji ciała				
		Plecy (1-4)	Ramiona (1-3)	Nogi (1-7)	Obciążenie (1-3)	KD
1	Pobranie detali	4	1	3	1	2
2	Umieszczenie w cechowniku	1	1	2	1	1
3	Ułożenie detali w przyrząd	1	1	2	1	1
4	Zamknięcie detali	1	1	2	1	1
5	Uruchomienie robota	1	1	2	1	1
6	Wyjęcie detali z robota	1	1	2	1	1
7	Włożenie detali do pojemnika	4	1	3	1	2

W przypadku zgrzewania detali za pomocą robota zgrzewalniczego (Tab. 4., Tab. 5.) oceniono pracę 5 operatorów i wyróżniono siedem czynności, z których pięć zakwalifikowano do KD 1, natomiast dwie czynności związane z pobraniem detali oraz z umieszczeniem zgrzanych detali w pojemniku zakwalifikowano do KD 2. Pobieranie detali trwało 14% czasu pracy natomiast układanie detali w pojemniku – 17%. W obu przypadkach plecy operatorów były pochylone i jednocześnie skręcone oraz ciężar ciała był przenoszony na jedną wyprostowaną w stawie kolanowym nogę (Rys. 3.).



Rys. 3. Umieszczanie detali w pojemniku na stanowisku zgrzewania robotem zgrzewalniczym
Fig. 3. Placing of parts in the container at the robot welding station

Łączny czas trwania czynności należących do KD 2 wynosił 31% czasu pracy, operatorzy przyjmowali wymuszone pozycje stąd obciążenie statyczne układu mięśniowo-szkieletowego oszacowano jako średnie. Pozostałe czynności były zakwalifikowane do KD 1 i odbywały się w pozycji wymuszonej oprócz umieszczania detalu w cechowniku i trwały łącznie 63% czasu.

W trakcie wykonywania wszystkich czynności na trzech ocenianych stanowiskach operatorzy ramiona utrzymywali poniżej linii barków a masa detali nie przekraczała 10kg.

4. Wnioski i rekomendacje

Istotnym elementem w systemach produkcji oprócz składników fizycznych jest czynnik ludzki, który wpływa na wydajność, koszty, jakość [31]. Doskonalenie systemu wytwarzania nie może obejmować wyłącznie sfery technicznej ale również sferę związaną ze środowiskiem i ergonomią pracy. Celem pracy była ocena obciążenia i ryzyka wystąpienia mięśniowo-szkieletowego dyskomfortu u pracowników procesie produkcji detalu „A_1”, analiza czynników ryzyka z zastosowaniem metody OWAS.

W ocenianym procesie produkcji na stanowisku tłoczenie obciążenie statyczne układu mięśniowo-szkieletowego oszacowano jako duże, na stanowisku zgrzewania zgrzewarką garbową – duże, natomiast na stanowisku zgrzewania robotem zgrzewalniczym – średnie. Proces wytwarzania związany jest z dużym ryzykiem wystąpienia MSD u operatorów. Głównymi czynnikami ryzyka były: wymuszone pozycje pracy przez konstrukcje stanowisk pracy, algorytm wykonywania zadań oraz czas trwania czynności.

Inżynierowie produkcji oraz specjaliści z zakresu BHP powinni zwrócić szczególną uwagę na organizację stanowiska pracy a zwłaszcza na czynności związane z pobieraniem i odkładaniem detali. Interwencja ergonomiczna powinna być związana z:

- reorganizacją stanowisk pracy ze szczególnym uwzględnieniem pobierania elementów jak również składowania detali oraz normatywów czasowych,
- opracowaniem i wdrożeniem systemu rotacji pracowników w celu zapewnienia zmienności obciążenia pracą.

Po dokonaniu zmian na badanych stanowiskach zaleca się ponowną ocenę metodą OWAS w celu weryfikacji skuteczności wprowadzonych zmian.

Podziękowanie

Autor składa podziękowania Dyrekcji przedsiębiorstwa oraz pracownikom za współpracę i pomoc w przeprowadzeniu oceny. Pani Urszuli Kiziuk za pomoc w opracowaniu rysunków.

LITERATURA

- [1] Black J.T.: *Design rules for implementing the Toyota Production System*, International Journal of Production Research, 45(16), 2007, pp. 3639-3664.
- [2] Kasvi J.J.J., Vartiainen M., Pulkkis A., Nieminen M.: *The role of information support systems in the joint optimization of work systems*, Human Factors and Ergonomics in Manufacturing, 10(2), 2000, pp. 193-221.
- [3] Vieira E.R., Kumar S.: *Working postures: a literature review*, Journal of Occupational Rehabilitation, 14(2), 2004, pp.143-59.
- [4] Wang H., Hwang J., Lee K-S., Kwag J-S., Jang J-S., Jung M-C.: *Upper body and finger posture evaluations at an electric iron assembly plant*, Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries, 24(2), 2014, pp. 161-171.

- [5] Lasota A.: *Dolegliwości mięśniowo-szkieletowe szwaczków maszynowych*, w: Obciążenie układu ruchu. Przyczyny i skutki, red. R. Paluch i in., Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2008, s.151-161.
- [6] Lasota A.: *Dolegliwości zdrowotne projektantów pracujących na stanowiskach pracy wyposażonych w komputery*, Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Organizacja i Zarządzanie, 33, 2001, s. 73-77
- [7] Lasota A.: *Ergonomiczna ocena dolegliwości mięśniowo-szkieletowych operatorów stanowisk dyspozytorskich* w: Dolegliwości zdrowotne a warunki pracy, red. E. Kowal, Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego, Zielona Góra 2008, s. 21-25
- [8] Kumar S.: *A conceptual model of overexertion, safety, and risk of injury in occupational settings*, Human Factors, 36(2), 1994, s. 197-209.
- [9] Genaidy A.M., Al-Shed A.A., Karwowski W.: *Postural stress analysis in industry*, Applied Ergonomics, 25(2), 1994, pp. 77-87.
- [10] Karhu O., Kansj P., Kuorinka I.: *Correcting working postures in industry: a practical method for analysis*, Applied Ergonomics, 8(4), 1977, pp. 199–201.
- [11] McAtamney L., Corlett E.N.: *RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders*, Applied Ergonomics, 24(2), 1993, pp. 91-99.
- [12] Hignett S., McAtamney L.: *Rapid Entire Body Assessment (REBA)*, Applied Ergonomics, 31(2), 2000, pp. 201-205.
- [13] Lasota A.: *REBA - metoda oceny obciążenia i ryzyka zawodowego spowodowanego sposobem wykonywania pracy* w: Zarządzanie ryzykiem zawodowym w miejscu pracy, red. A. Rabenda, Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego, Zielona Góra 2006, s. 127-140.
- [14] Kilbom A.: *Assessment of physical exposure in relation to work-related musculoskeletal disorders – what information can be obtained from systematic observations?*, Scandinavian Journal of Work, Environment & Health, 20, 1994, pp. 30-45, Special issue.
- [15] Torres Y., Viña S.: *Evaluation and redesign of manual material handling in a vaccine production centre's warehouse*, Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation, 41, 2012, pp. 2487-2491.
- [16] Li K. W., Lee C-L.: *Postural analysis of four jobs on two building construction sites: an experience of using the OWAS method in Taiwan*, Journal of Occupational Health, 41, 1999, pp. 183-190.
- [17] Scott G.B., Lambe N.R.: *Working practices in a perchery system, using the OVAKO Working Posture Analysing System (OWAS)*, Applied Ergonomics, 27(4), 1996, pp. 281-284.
- [18] Joode B.W., Burdorf A., Verspuy C.: *Physical load in ship maintenance: hazard evaluation by means of a workplace survey*, Applied Ergonomics, 28(3), 1997, pp. 213-219.
- [19] Wright E.J., Haslam R.A.: *Manual handling risks and controls in a soft drinks distribution centre*, Applied Ergonomics, 30(4), 1999, pp. 311-318.
- [20] Gonzalez B.A., Adenso-Diaz B., Torre P.G.: *Ergonomic performance and quality relationship: an empirical evidence case*, International Journal of Industrial Ergonomics, 31(1), 2003, s. 33-40.
- [21] Jones T., & Kumar S.: *Comparison of ergonomic risk assessments in a repetitive high-risk sawmill occupation: Saw-filer*, International Journal of Industrial Ergonomics, 37(9), 2007, pp. 744-753.

- [22] Quansah R.: *Harmful postures and musculoskeletal symptoms among fish trimmers of a fish processing factory in Ghana: a preliminary investigation*, International journal of occupational safety and ergonomics (JOSE), 11(2), 2005, pp. 181-90.
- [23] Kee D., Karwowski W.: *A Comparison of three observational techniques for assessing postural loads in industry*, International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE), 13(1), 2007, pp. 3-14.
- [24] Lasota A. M.: *Analiza obciążenia pracą metodą OWAS*, Zarządzanie Przedsiębiorstwem, 16(3), 2013, s. 35-39.
- [25] Lasota A. M.: *Packer's Workload Assessment using the OWAS Method*, Logistics and Transport, 18(2), 2013, pp. 25-32.
- [26] Lasota A. M., Ścigaj M.: *Workload analysis of assembly positions*, in: ed. G. Dudarski, J. Martinka, M. Rybakowski, I. Turekova: *Modern trends in ergonomics and occupational safety : selected problems: scientific monograph*, Zielona Góra 2013, Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego, pp. 45-54.
- [27] Lasota A. M.: *A Reba-based analysis of packers workload: a case study*, LogForum, 10(1), 2014, pp. 87-95.
- [28] Muthukumar K., Sankaranarayananasamy K., Ganguli A.K.: *Analysis of frequency, intensity, and interference of discomfort in computerized numeric control machine operations*, Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries, 24(2), 2014, pp. 131-138.
- [29] Sesek R., Gilkey D., Rosecrance J., Guzy A.: *The Utility of OWAS in Auto Manufacturing Assembly Job Evaluations*, 2nd Annual Regional National Occupational Research Agenda (NORA) Young/New Investigators Symposium, Salt Lake City 2004.
- [30] Konarska M., Roma-Liu D.: *Zasady ergonomii w optymalizacji czynności roboczych*, [w:] *Bezpieczeństwo pracy i ergonomia*, prac. zbior. pod red. D. Koradecka, CIOP, Warszawa 1999, s. 9919-920.
- [31] *Istota inżynierii produkcji*, Komitet Inżynierii Produkcji Polska Akademia Nauk, Warszawa 2012, <http://www.kip.pan.pl/images/stories/zdjecia/wydawnictwa/ekspertyza.pdf>, 2014.04.11.