



Przemysław Rajca

Katedra Pieców Przemysłowych i Ochrony Środowiska

Wydział Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów

Politechnika Częstochowska

Armii Krajowej 19, 42-200 Częstochowa

e-mail: przemek16m@wp.pl

ANALIZA ZAGROŻEŃ W PRZEMYŚLE METALURGICZNYM NA PRZYKŁADZIE WYBRANYCH STANOWISK PRACY HUTY STALI

Streszczenie. W artykule przedstawiono analizę zagrożeń w przemyśle metalurgicznym na przykładzie huty stali wraz z oceną stanu bezpieczeństwa na wybranych stanowiskach tego zakładu, ze szczególnym uwzględnieniem hałasu i szkodliwych czynników chemicznych, a także zaproponowaniem rozwiązań zmniejszających wpływ ww. czynników na pracownika.

Słowa kluczowe: huta stali, zagrożenia, hałas, zapylenie, wskaźnik częstotliwości wypadków, ryzyko zawodowe, bezpieczeństwo pracy.

ANALYSIS OF HAZARDS IN THE METALURGICAL INDUSTRY ON EXAMPLE OF SELECTED POSITIONS OF STEEL WORKS

Abstract. The article presents an analysis of the hazards in the steelmaking industry on the example of the steelworks together with the safety assessment at selected sites of this plant, with particular regard to noise and harmful chemical factors, and to propose measures to reduce the impact of these factors on the worker.

Keywords: steelworks, hazards, noise, dustiness, accident frequency index, occupational risk, occupational safety.

Środowisko pracy osób zatrudnionych w przemyśle ciężkim, do którego zalicza się przemysł hutniczy, wiąże się ze specyficznymi warunkami pracy, ponieważ występuje tam znaczna liczba zagrożeń zawodowych. Dotyczy to zwłaszcza istotnego dla tej branży zagrożenia hałasem, wysokiej temperatury prowadzonych procesów, a także obecności szkodliwych substancji chemicznych i pyłów [1].

Specyfika środowiska pracy hutnika

Miejscem pracy osób zatrudnionych w hutach żelaza i stali jest hala produkcyjna, lecz również magazyn i składowisko usytuowane na zewnątrz obok zabudowań. Piece hutnicze oddają duże ilości ciepła, toteż w hali występuje wysoka temperatura. Natomiast w okresie zimowym poza halą utrzymuje się niska temperatura, co pokazuje zmienność warunków pracy w zależności od pory roku. Wewnątrz obiektu hali produkcyjnej znajdują się maszyny do produkcji i obróbki stali, stanowiące źródło znacznego hałasu i wibracji. Ponadto podczas procesów metalurgicznych ma miejsce emisja szkodliwych substancji chemicznych, występujących w postaci pyłów i dymów. Dodatkowe zagrożenia stwarzają urządzenia w ruchu, środki transportu wewnątrzzakładowego, czy też wąskie przejścia i nierówne powierzchnie. W związku z tym istnieje ryzyko kolizji bądź upadku, a przez to odniesienia poważnych obrażeń lub nawet śmierci. Praca hutnika zwykle ma charakter fizyczny i najczęściej wykonywana jest indywidualnie. Na rys. 1 przedstawiono hutnika podczas pracy [2, 3].



Rys. 1. Hutnik / wytapiacz stali [3]

Dominujące zagrożenia występujące w zakładzie przemysłu hutniczego

W zakładach zajmujących się produkcją i przetwórstwem metali, pracownicy często są ekspozycy na oddziaływanie hałasu o wartościach ponadnormatywnych, tzn. o poziomie ekspozycji powyżej 85 dB. Największe oddziaływanie dotyczy osób zatrudnionych przy obsłudze pieców hutniczych (szczególnie elektrycznych pieców łukowych, gdzie hałas zmienia się w zależności od fazy topienia). Dominującym źródłem hałasu w tego rodzaju piecach jest łuk elektryczny, pulsujący proporcjonalnie do chwilowej wartości prądu (tzw. model pulsującego cylindra). Dzięki temu emituje on dźwięki o częstotliwości 100 Hz, a także przemieszcza się w kierunku bocznym między elektrodą a złomem (tzw. model pulsującej struny). W ten sposób jest generowany hałas szerokopasmowy w zakresie 300–1000 Hz. EAF (Electric Arc Furnaces) mogą być także źródłem drgań i dźwięków z zakresu niskich częstotliwości (poniżej 100 Hz). Najczęściej sytuacja ta ma miejsce, gdy dochodzi do wzbudzenia drgań własnych ścian, sklepień i fundamentów pieca. Natomiast w przypadku konwertyzacji tlenowych, głównym źródłem hałasu jest strumień tlenowy, wytwarzający hałas aerodynamiczny (powstający podczas wypływu gazu z dysz) i uderzeniowy (podczas kontaktu strumienia z kadzią). Wyróżniamy również hałas kawitacyjny (podczas powstawania pęcherzyków gazu w kąpielu), a także hałas gazów spalinowych uchodzących z wnętrza urządzenia [4, 5, 6].

Ogólnie rzecz biorąc, na stanowiskach pracy przy produkcji wyrobów ze stopów metali występuje ekspozycja na wiele substancji chemicznych, mogących przybierać postać pyłów, dymów i par, a także substancji gazowych. Niektóre substancje mogą ujemnie wpływać na zdrowie pracownika, m.in. przyczyniając się do rozwoju chorób nowotworowych. Wspomniana gałąź przemysłu wywołuje emisję wielu substancji, których źródłem mogą być materiały będące półproduktem dla wyrobów, czyli stopów metali, ale również komponenty wykorzystywane w procesie produkcji, np. chłodziwa, otuliny elektrod spawalniczych, farby i kąpiele galwaniczne, formy do odlewania detali, itd. Substancje chemiczne mogą powstawać także w czasie samego procesu produkcyjnego wyrobów metalowych, np. podczas zalewania form skorupowych gorącym metalem wydzielają się substancje powstałe podczas termicznego rozkładu żywic fenolowoformaldehydowych. Praktycznie każdy metal wchodzący w skład odlewu, a także jego związki, mogą zalegać w powietrzu otaczającym stanowisko pracy. Wysoka temperatura procesu odlewania sprawia, że metale obecne w obrębie stanowiska są widoczne w postaci dymów. Kolejnym istotnym efektem odlewania detali metalowych jest emisja pyłów zawierających wolną krzemionkę krystaliczną (WKK), na którą ekspozycja występuje podczas obsługi pieców i kadzi odlewniczych. Nie można również zapomnieć o powsta-

jących w czasie tego procesu substancjach gazowych, tworzonych głównie przez tlenek węgla, ponadto dwutlenek siarki, dwutlenek węgla, tlenki azotu, formaldehyd i inne. Oprócz wspomnianych wcześniej metali oraz pyłów krzemionki, powietrze w zakładach przemysłu metalurgicznego może zawierać także wiele związków organicznych. Badania przeprowadzone w odlewniach żeliwa i staliwa wykazały obecność około 140 związków organicznych, w szczególności są to: węglowodory alifatyczne (do 19 atomów węgla), węglowodory aromatyczne, związki karbonylowe: formaldehyd, acetaldehyd, aceton, substancje rakotwórcze: benzen, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA). W produkcji odlewów ze stopów metali, do głównych źródeł związków rakotwórczych zalicza się masy formierskie oraz stopy posiadające w swoim składzie rakotwórcze metale [7].

O gorącym środowisku pracy mówi się wówczas, gdy temperatura powietrza mieści się w zakresie 20–65°C, przy wilgotności względnej od 10 do 80%. Praca w przemyśle ciężkim wiąże się często z oddziaływaniem gorącego środowiska pracy, a także narażeniem na znaczące promieniowanie cieplne. Wielokierunkowe działanie promieniowania cieplnego może pochodzić od:

- powierzchni wytwarzanych elementów o temperaturze od 500 do 1500°C,
- źródeł otwartego ognia.

W takiej sytuacji intensywność promieniowania nierzadko jest większa od $1000 \frac{W}{m^2}$. Poza tym w gorącym środowisku pracownicy narażeni są na czynniki niebezpieczne, takie jak: rozpryski i odpryski gorącego metalu, gorące powierzchnie, a w przypadku prac z instalacjami elektrycznymi, zakłócenie łuki elektryczne, stwarzające ponadto ryzyko termiczne. Najczęściej na gorący mikroklimat środowiska pracy są ekspozowane osoby zatrudnione m.in. w przetwórstwie przemysłowym (przy produkcji i przetwórstwie metali), górnictwie itp. Oprócz gorącego mikroklimatu pracownik narażony jest na wiele innych zagrożeń, do których można zaliczyć: płomień, promieniowanie podczerwone, ciepło konwekcyjne, rozpryski roztopionych metali [8].

Analiza zagrożeń i ocena stanu bezpieczeństwa pracy w zakładzie przemysłu hutniczego na wybranych stanowiskach pracy - analiza własna

W związku z mnogością zagrożeń, występujących podczas pracy w zakładach zajmujących się produkcją i przetwórstwem metali, w części badawczej pracy skupiono się na kluczowych zagrożeniach, dotyczących hałasu i zapylenia w środowisku pracy huty stali. Następnie dokonano analizy wypadkowości w zakładzie na przestrzeni ostatnich lat, wraz z zaproponowaniem programu

działań zmniejszających ryzyko zawodowe i jednocześnie zwiększających poziom bezpieczeństwa pracy.

Analiza zagrożenia hałasem na podstawie pomiarów tego czynnika w środowisku pracy

Pomiary hałasu zostały przeprowadzone na wybranych stanowiskach zakładu przemysłu hutniczego, zgodnie z normami: PN-N-1307:1994 oraz PN-EN ISO 9612:2011. Obejmowały one typowe dla zagrożenia hałasem stanowiska pracy, a także uwzględniały narażenie tym czynnikiem innych pracowników przebywających na danym wydziale huty. W analizowanym zakładzie pomiary hałasu przeprowadzono metodą pośrednią, z uwzględnieniem charakterystycznych miejsc przebywania pracownika, a także sprzętu wykorzystywanego na danym stanowisku pracy. Przyrządem pomiarowym użytym do pomiarów był miernik poziomu dźwięku SVAN 955, o klasie dokładności wynoszącej 1.

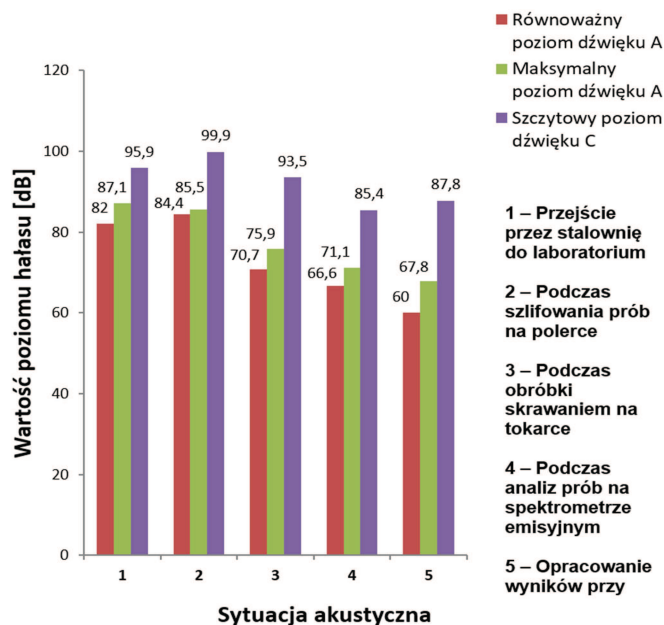
Stanowisko pracy: laborant- kwalifikator

Miejsce pracy: Hala Stalowni, Laboratorium

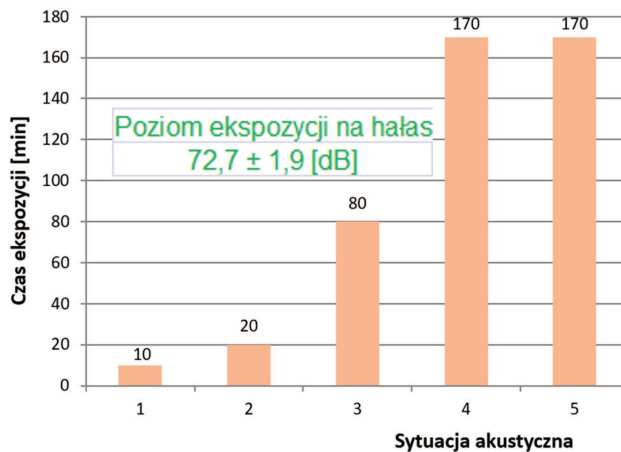
Do kompetencji pracownika zatrudnionego na powyższym stanowisku należy przygotowanie i analiza prób. Laborant-kwalifikator jest narażony zarówno na hałas występujący w hali stalowni (szczególnie podczas obsługi szlifierki i tokarki), jak i generowany przez spektrometr emisyjny w laboratorium. Natomiast kluczowym zagadnieniem w aspekcie zagrożenia hałasem jest czas ekspozycji na hałas, ponieważ na jego podstawie oblicza się poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy. Na rys. 2 zestawiono wyniki pomiarów hałasu dla stanowiska laborant-kwalifikator usytuowanego na wydziale stalowni.

Jak można zaobserwować, największe poziomy hałasu odnotowano dla dwóch pierwszych sytuacji akustycznych (odpowiednio: Przejście przez stalownię do laboratorium oraz Podczas szlifowania prób na polerce). Na rys. 3 pokazano, jak czas ekspozycji na hałas wpływa na poziom ekspozycji na wskazany czynnik środowiska pracy.

Wspomniane sytuacje akustyczne charakteryzowały się krótkim czasem ekspozycji (zaledwie 10 min oraz 20 min), co w niewielkim stopniu przełożyło się na zwiększenie poziomu ekspozycji na hałas, która nie przekroczyła wartości dopuszczalnej (85 dB). Ze względu na powyższe, rozpatrywane stanowisko pracy spełnia normy dla hałasu w miejscu pracy i żadne działania nie są wymagane.



Rys. 2. Zestawienie wyników pomiarów hałasu na stanowisku: laborant-kwalifikator (wydział stalowni)



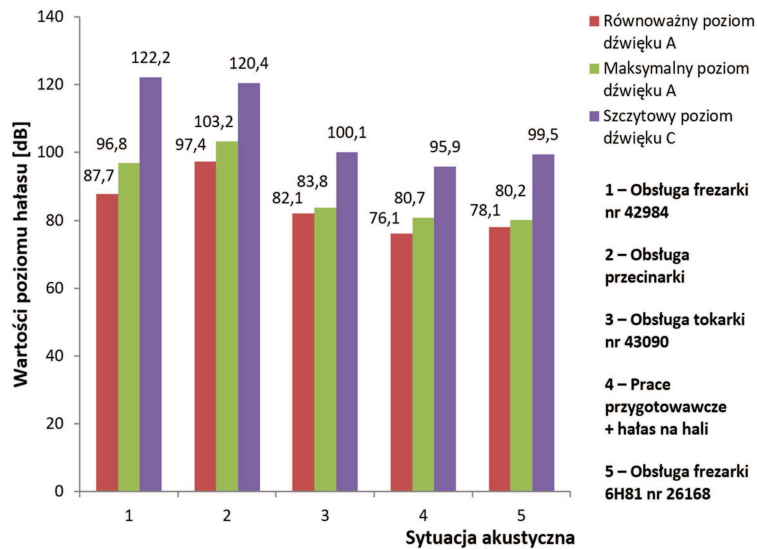
Rys. 3. Wpływ czasu ekspozycji na poziom ekspozycji na hałas na analizowanym stanowisku pracy

Stanowisko pracy: frezer, tokarz

Miejsce pracy: Warsztat tokarsko-frezerski, Hartownia

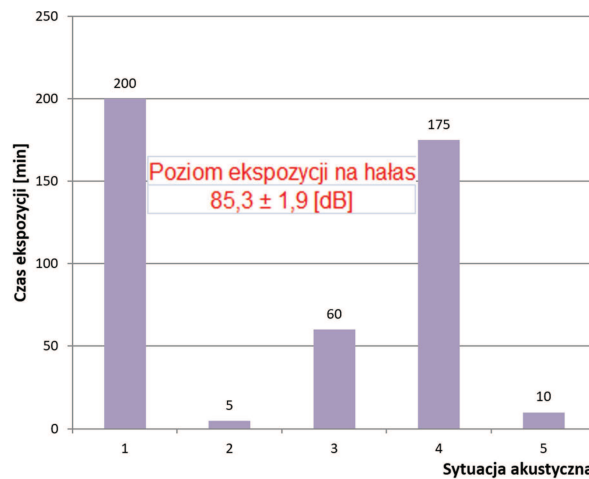
Do obowiązków pracownika zatrudnionego na powyższym stanowisku należy przygotowanie i analiza prób. Tokarz, frezer jest ekspozowany na hałas emitowany głównie przez obrabiarki t. j.: przecinarka, tokarka nr 43090, frezar-

ka nr 42984, frezarka 6H81nr 26168. Na rys. 4 przedstawiono wyniki pomiarów hałasu dla stanowiska frezer, tokarz.



Rys. 4. Zestawienie wyników pomiarów hałasu na stanowisku: frezer, tokarz

Ze względu na specyfikę powyższego stanowiska pracy, występują wyższe poziomy hałasu, generowane przez maszyny do obróbki skrawaniem. Największe wartości parametrów hałasu odnotowano podczas obsługi frezarki nr 42984 oraz obsługi przecinarki (odpowiednio 1 i 2 sytuacja akustyczna). Na rys. 5 ukazano wpływ czasu ekspozycji na poziom ekspozycji na hałas na stanowisku frezer, tokarz.



Rys. 5. Wpływ czasu ekspozycji na poziom ekspozycji na hałas na ww. stanowisku

Wysokie wartości poziomu hałasu, łącznie z długimi czasami ekspozycji na ten czynnik, przełożyły się na wysoki poziom ekspozycji na hałas dla analizowanego stanowiska pracy (powyżej 85 dB). Ze względu na to, że poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dnia pracy przekracza ustalone normy dla hałasu w miejscu pracy, należy podjąć działania korygujące. Do takich działań można zaliczyć:

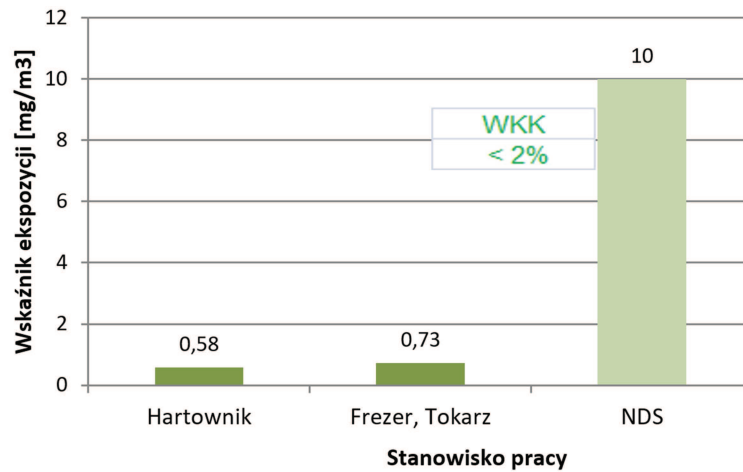
- regulację obrabiarek obejmującą dobranie właściwych parametrów pracy,
- sprawdzenie i ewentualną naprawę obudów,
- odpowiednie odizolowanie maszyn od podłoża,
- zaopatrzenie pracowników w ochronniki słuchu.

W przypadku posiadania dodatkowych środków finansowych można także wziąć pod uwagę zmiany konstrukcyjne w obrabiarkach, pozwalające na zmniejszenie szkodliwego wpływu hałasu na pracownika, np. zamontowanie dodatkowej osłony z tworzywa dźwiękochłonnaizolacyjnego. Uwzględniając zasadność tego rozwiązania, należy porównać poniesione koszty i uzyskane efekty.

Ocena narażenia na pyły w oparciu o pomiary zapylenia w omawianej hucie stali

We wspomnianym wcześniej zakładzie dokonano również pomiarów czynników chemicznych występujących w postaci pyłów z uwzględnieniem zawartości wolnej krzemionki krystalicznej (WKK). Próbkę powietrza do pomiarów pobrano zgodnie z normami PN-Z-04008-7:2002 oraz PN-EN 689:2002. Analizie zapylenia poddano stanowiska pracy: hartownik oraz frezer, tokarz. Do głównych obowiązków pracowników zatrudnionych na wskazanych stanowiskach pracy należy przygotowywanie prób. Zidentyfikowano źródła emisji pyłu w postaci prób oraz urządzeń do ich mechanicznej obróbki. Dodatkowo zasygnalizowano także brak wentylacji mechanicznej. Na rys. 6 przedstawiono wskaźniki ekspozycji na pyły na ww. stanowiskach.

Średnie stężenie ważone frakcji wdychalnej pyłu na badanych stanowiskach pracy nie przewyższało odpowiadającej mu wartości najwyższego dopuszczalnego stężenia (NDS), a obliczony wskaźnik ekspozycji stanowi zaledwie 0,06 NDS (hartownik) oraz 0,07 NDS (frezer, tokarz). Po analizie powyższych stanowisk pracy stwierdzono spełnienie wymagań norm dla czynników pyłowych w miejscu pracy, a tym samym brak przeciwwskazań do jej bezpiecznego wykonywania.



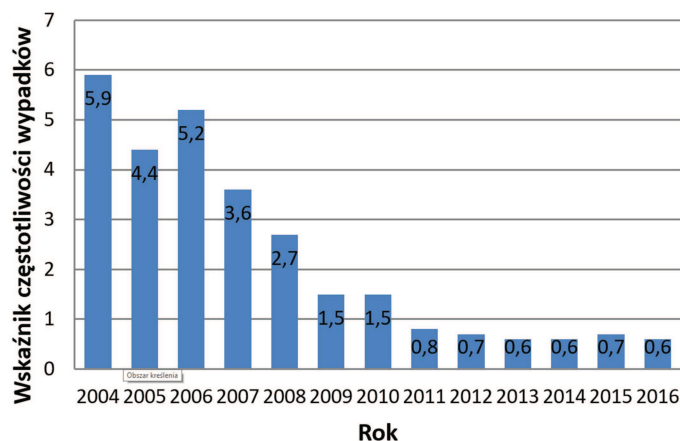
Rys. 6. Zestawienie wskaźników ekspozycji na pyły dla wybranych stanowisk huty stali na tle wartości NDS

Analiza stanu bezpieczeństwa pracy na podstawie wskaźnika wypadkowości w przytoczonym wcześniej zakładzie przemysłu hutniczego

W omawianym zakładzie przemysłu hutniczego zmniejszanie wskaźnika wypadkowości oraz podnoszenie poziomu bezpieczeństwa pracy stanowi priorytet. Pomocnym narzędziem w realizacji tego celu okazuje się sukcesywnie wdrażany system zarządzania świadomością w dziedzinie bhp, a także kształtowanie wśród pracowników dobrych nawyków. Sami zatrudnieni coraz częściej dostrzegają korzyści wynikające z prawidłowego stosowania odzieży roboczej i ochronnej oraz użytkowania sprzętu ochrony osobistej, dlatego niejednokrotnie angażują się w prace nad poprawą ich jakości. Pokazuje to wysoki poziom ergonomii w zakładzie. Na uwagę zasługuje także dbałość pracodawcy o zatrudnionych poza miejscem pracy, poprzez organizowanie akcji szczepień ochronnych lub badań przesiewowych oraz dotyczących propagowania zdrowego trybu życia. Na rys. 7 pokazano dynamikę zmian wskaźnika częstotliwości wypadków w analizowanej hucie stali.

Wskaźnik częstotliwości wypadków wylicza się ze wzoru:

$$W = \frac{\text{liczba wypadków}}{\text{liczba zatrudnionych}} \cdot 1000$$



Rys. 7. Wskaźnik częstotliwości wypadków

Analizując wykres, można dostrzec niemal dziesięciokrotne zmniejszenie się wskaźnika częstotliwości wypadków za rok 2016 w porównaniu do roku 2004. Od 2006 r. wskaźnik ten sukcesywnie się zmniejszał lub pozostawał na zbliżonym poziomie. W ostatnich latach słyszy się o intensywnym rozwoju technologii w przemyśle ciężkim, niemniej jednak to od samego pracownika zależy najwięcej, a błędy ludzkie są uważane za jedne z najczęstszych przyczyn wypadków przy pracy. W związku z tym, w analizowanej hucie kładzie się duży nacisk na rozwijanie świadomości bezpieczeństwa oraz kształtowanie dobrych nawyków w pracy zawodowej. Jest to realizowane poprzez szkolenia pracowników, a także zaangażowanie pionu kierowniczego w poprawę warunków bhp.

W omawianym zakładzie przemysłu hutniczego pracę wykonuje wielu wykonawców, dlatego pracodawcy zależy na równym traktowaniu wszystkich i zapewnieniu jednakowego poziomu bezpieczeństwa pracy. W tabeli 1 zamieszczono dane dotyczące poziomu bhp wśród wykonawców za 2014 r.

Wskaźnik częstości wypadków jest w tej grupie znacznie wyższy niż u pracowników rodzimych. Niestety, w roku 2014 odnotowano jeden wypadek śmiertelny z udziałem pracownika podwykonawcy.

Tab. 1. Dane liczbowe dotyczące wykonawców

	Kobiety	Mężczyźni	Ogółem
Liczba wypadków przy pracy ogółem	0	24	24
Liczba wypadków śmiertelnych	0	0	0
Liczba wypadków zbiorowych i ciężkich	0	1	1
Łączna liczba dni niezdolności do pracy z tytułu wypadków przy pracy	0	1070	1070
Wskaźnik częstotliwości wypadków	0	2,21	2,21
Wskaźnik ciężkości wypadków ($C_w = \text{liczba dni niezdolności} / \text{liczba wypadków}$)	0	44,58	44,58
Liczba stwierdzonych chorób zawodowych	1	11	12
Liczba wypadków wykonawców ogółem	0	28	28
Liczba wypadków śmiertelnych, zbiorowych i ciężkich wykonawców	0	1	1

Po analizie tych niepokojących danych postanowiono wprowadzić szereg rozwiązań, mających na celu zwiększenie poziomu bezpieczeństwa firm partnerskich. Do priorytetowych postulatów zaliczono:

- konieczność przeszkolenia pracowników wykonawców przed wejściem na teren huty,
- audytowanie pracy tych pracowników przez rodzimych pracowników zakładu, a następnie przesyłanie raportów z audytów do pracodawcy,
- zachęcanie kierownictwa firm wykonawczych do większego dozoru oraz audytowania podległych pracowników na terenie huty, z którą została nawiązana współpraca,
- przygotowanie instrukcji bezpieczeństwa dla podwykonawców,
- organizowanie spotkań dyrektora zakładu z przedstawicielami wykonawców, w celu wymiany spostrzeżeń i lepszej współpracy na rzecz poprawy bezpieczeństwa pracy wszystkich zatrudnionych.

Podsumowanie

Przemysł hutniczy jest zaliczany do przemysłu ciężkiego i stanowi jego ważną gałąź, ale niestety, wiąże się także ze znaczną liczbą zagrożeń zawodowych. W związku z tym, w części badawczej pracy dokonano analizy kluczo-

wych zagrożeń dotyczących hałasu oraz zapylenia w środowisku pracy huty stali, a także poddano ocenie poziom wypadkowości w zakładzie na przestrzeni ostatnich lat, wraz z zaproponowaniem programu działań ograniczających ryzyko zawodowe, a tym samym zwiększających poziom bezpieczeństwa pracy. Po przeanalizowaniu pomiarów hałasu na wybranych stanowiskach huty stali stwierdzono na jednym z nich odchylenie od normy dla tego czynnika, a także zaproponowano działania korygujące z wykorzystaniem metod technicznych. Po przeprowadzeniu analizy zagrożeń czynnikami pyłowymi na wybranych stanowiskach pracy zakładu przemysłu hutniczego stwierdzono spełnienie wymagań norm dla pyłów i brak przeciwwskazań do bezpiecznego wykonywania pracy na badanych stanowiskach. Po dokonaniu analizy bezpieczeństwa pracy w zakładzie przemysłu hutniczego stwierdzono dużą skuteczność ograniczania wskaźnika częstotliwości wypadków, a także podnoszenia poziomu bezpieczeństwa pracy poprzez sukcesywne wdrażanie systemu zarządzania świadomością w dziedzinie bezpieczeństwa oraz kształtowanie dobrych nawyków, zarówno wśród rodzimych pracowników, jak i podwykonawców. W związku z powyższym, w analizowanej hucie stali w odpowiedni sposób potraktowano konieczność reagowania na występujące zagrożenia oraz sukcesywnego zwiększania poziomu bezpieczeństwa pracy.

Literatura

- [1] Witryna internetowa Polskiej Unii Dystrybutorów Stali: <http://www.puds.pl/aktualnosci/wiadomosc-dnia/czolowka-swiatowej-branzy-stalowej>, 6.02.21017 r.
- [2] Przewodnik po zawodach - Wydanie II, Tom IV, Ministerstwo Gospodarki, Pracy i polityki społecznej, Warszawa, 2003 r., dokument elektroniczny: <http://psz.praca.gov.pl>, 6.02.17 r.
- [3] Edukacyjne forum kwalifikacji zawodowych. Multimedialny katalog zawodów. Zawód: Technik hutnik, Program operacyjny kapitał ludzki, Priorytet III Wysoka jakość systemu oświaty, dokument elektroniczny: <https://zasobyip2.ore.edu.pl/pl/publications/download/42978>, 6.02.2017 r.
- [4] Mikulski W., Karczmarska A., Koton J.: *Hałas na stanowiskach pracy*, Zakład Wibroakustyki i Bio-Dynamiki Systemów, Politechnika Poznańska, dokument elektroniczny: <http://neur.am.put.poznan.pl>, 06.02.2017 r.
- [5] Witryna internetowa Centralnego Instytutu Ochrony Pracy: <http://archiwum.ciop.pl/1718.html>, 6.02.2017 r.
- [6] Pawlas K., Boroń M., Pawlas N., *Hałas z udziałem hałasu niskoczęstotliwościowego. Broszura informacyjna dla pracodawców*, Instytut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego, Sosnowiec, 2013 r.

- [7] Gawęda E.: Zagrożenia chemiczne i pyłowe w procesach produkcji wyrobów metalowych, *Bezpieczeństwo Pracy*, nr 4, 2008, s. 7-11.
- [8] Bartkowiak G., Marszałek A.: Obciążenie cieplne pracowników w gorącym środowisku pracy i sposoby jego redukcji, *Bezpieczeństwo Pracy*, nr 10, 2012, s. 28-32.