

Natężenie hałasu na stanowisku do poziomego odlewania ciągłego aluminium

T. Wróbel ^{a*}, D. Gonsz ^b, Ł. Kozakiewicz ^a

^a Katedra Odlewnictwa, Politechnika Śląska, ul. Towarowa 7, 44-100 Gliwice, Polska

^b Instytut Metrologii, Elektroniki i Automatyki, Politechnika Śląska, ul. Akademicka 10, 44-100 Gliwice, Polska

* Corresponding author. E-mail address: tomasz.wrobel@polsl.pl

Otrzymano 20.11.2014; zaakceptowano do druku 12.12.2014

Streszczenie

Hałas jest zjawiskiem niepożądanym, występującym zarówno w życiu prywatnym jak i zawodowym człowieka, który w niesprzyjających warunkach może prowadzić do nieszczęścia. Celem niniejszej publikacji jest określenie poziomu natężenia hałasu emitowanego przez pracujący piec indukcyjny do poziomego ciągłego odlewania aluminiowego wlewka o średnicy 30 mm, chłodnicy oraz współpracującej piły tarczowej wykorzystywanej do cięcia wytworzonego wyrobu. Analiza wyników pozwoli na wskazanie, które spośród stanowisk roboczych operatora linii technologicznej mieści się w granicach normatywów higienicznych dotyczących dopuszczalnego natężenia hałasu, a które przekracza dozwolone wartości. Pozwoli to na dobór odpowiednich i skutecznych metod zabezpieczenia operatora przed niekorzystnym wpływem warunków pracy na jego zdrowie oraz przyczyni się do poprawy warunków pracy w ramach przyjętych standardów BHP.

Słowa kluczowe: hałas, natężenie hałasu, ciągłe odlewanie aluminium

1. Wprowadzenie

Na przestrzeni lat hałas stał się zjawiskiem globalnym, traktowanym jako element uciążliwy dnia codziennego. Ten sam hałas w warunkach pracy staje się zjawiskiem niebezpiecznym, mogącym i powodującym realne zagrożenia dla życia i zdrowia człowieka. Przyczyn jego powstawania jest wiele, lecz do najważniejszych zalicza się rozwój nowoczesnej techniki, w szczególności maszyn, urządzeń i przemysłu.

Zgodnie z definicją za hałas uznaje się wszelkie niepożądane, nieprzyjemne, dokuczliwe, uciążliwe lub szkodliwe dźwięki oddziałujące na narząd słuchu i inne zmysły oraz części organizmu człowieka [1]. Pod względem ekologicznym hałasem określa się zanieczyszczenie środowiska, które odznacza się mnogością źródeł i powszechnością występowania we wszystkich ekosystemach biosfery [2].

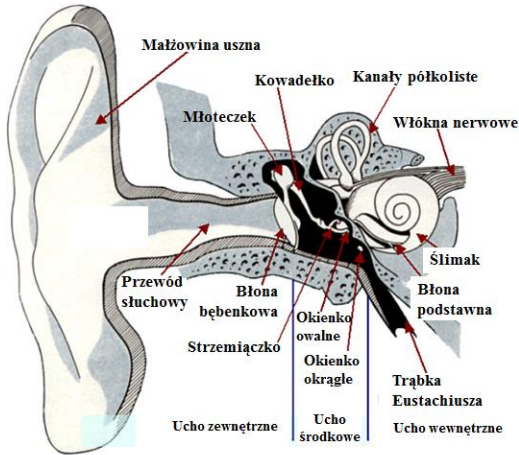
Szczegółowej klasyfikacji hałasu dokonać można na wiele sposobów, które przedstawiono w tabeli 1.

Analiza zagadnień związanych z wpływem hałasu na organizm ludzki jest procesem złożonym i wynika z wieloaspektowości działań człowieka oraz prowadzonego trybu życia. Szkodliwe skutki oddziaływania hałasu na organizm człowieka przedstawić można w dwóch aspektach:

- 1) negatywnego wpływu na narząd słuchu,
- 2) szkodliwego, pozasłuchowego wpływu na organizm.

W pierwszym przypadku uszkodzeniu ulega cały aparat słuchu, który przedstawiono na rysunku 1. Przejawem tego jest zahamowanie prawidłowego funkcjonowania komórek rzęsatych, których zanik powoduje, iż narząd słuchu całkowicie traci swoją funkcję. Bardzo niebezpieczne jest zbyt długo przebywanie w wysokim hałasie, które przyczyniać może się do ostrego lub przewlekłego urazu akustycznego. Szczególnie groźny wydaje się być hałas impulsowy, charakteryzujący się szybkim i gwałtownym

narastaniem ciśnienia akustycznego do takiego poziomu, przed którym ludzkie ucho nie jest w stanie się obronić ze względu na swoją bezwładność.



Rys. 1. Budowa ucha ludzkiego [8]

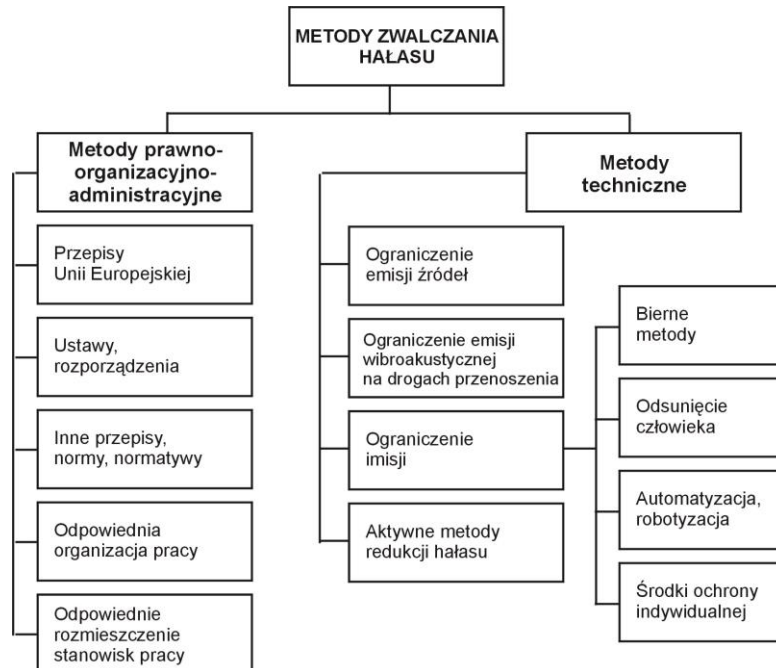
Pozasłuchowe skutki działania hałasu są wynikiem powiązań drogi słuchowej z innymi układami centralnymi i wegetatywnymi [9]. Wszystkie docierające do człowieka sygnały (impulsy) mają istotny wpływ na funkcjonowanie jego organizmu, m.in. oddziałują na układ krążenia, układ oddechowy i przewód pokarmowy. Nagłe zmiany natężenia hałasu wywołują skurcze mięśni wpływające na postawę ciała, powodując nachylenie tułowia, otwarcie ust, grymas twarzy, zamknięcie powiek oraz zgięcie kolan i ramion. Udowodniono, iż hałas wpływa na orientację w środowisku pracy i życia, ujemnie wpływa na poczucie bezpieczeństwa i niezależności [9] oraz wydajność i jakość pracy. Przy wysokim natężeniu hałasu ciężko o prawidłową koncentrację uwagi,

następuje utrata energii, a występujące zmęczenie uniemożliwia utrzymanie odpowiedniej zdolności do pracy.

Z punktu widzenia ochrony zdrowia oraz potrzeby zapewnienia odpowiednich warunków akustycznych, niezbędnych zarówno do efektywnej działalności jak i odpoczynku ludzi, konieczne jest istotne zmniejszenie poziomu hałasu w środowisku pracy, życia i wypoczynku [9]. Schematyczny podział metod zwalczania hałasu przedstawiono na rys. 2.

Zwalczanie nadmiernego hałasu w głównej mierze polega na ograniczeniu energii wibroakustycznej pochodzącej od źródła i docierającej do ludzkiego ucha. Ważne jest, aby wszelkie podjęte kroki były zgodne z obowiązującymi normatywnymi prawa oraz rozwiązaniami organizacyjnymi i technicznymi danego przedsiębiorstwa. Przyjęta systematyka działań, powinna być zgodna z następującym schematem [10]:

- 1) eliminacja zagrożenia hałasem poprzez jego redukcję u źródła powstawania – dla całkowicie nowych urządzeń lub maszyn oznacza eliminację nadmiernie emitowanego natężenia hałasu już na etapie procesu projektowego, dla istniejących i działających – konieczność dostosowania emisji hałasu do obowiązujących uregulowań prawnych przyjętych w Unii Europejskiej,
- 2) stosowanie środków ochrony zbiorowej przed hałasem – zmniejszenie energii wibroakustycznej docierającej do środowiska, w którym przebywają ludzie, np. przez zamianę postaci tej energii na ciepło lub stworzenie bariery pomiędzy źródłem hałasu i miejscem przebywania ludzi,
- 3) wykorzystanie przedsięwzięć o charakterze administracyjnym i organizacyjnym – występują wówczas, gdy istniejący hałas nie można zredukować żadnymi środkami technicznymi i dotyczy wykorzystania takich zabiegów jak przerwy w pracy lub rotacja/przesunięcie pracownika na inne stanowisko pracy o mniejszym narażeniu na ekspozycję hałasem,



Rys. 2. Podział metod zwalczania hałasu w środowisku pracy [9]

Tabela 1.

Typologia pochodzenia źródeł hałasu [1, 3÷7]

ze względu na zakres częstotliwości	infradźwiękowy (1÷20 Hz)
	słyszalny (16 Hz÷16 kHz lub 20 Hz÷20 kHz)
	ultradźwiękowy (częstotliwości słyszalne >10 kHz, niesłyszalne ≤40 kHz)
ze względu na źródło powstawania	aerodynamiczny
	mechaniczny
	z urządzeń elektrycznych
	z procesów technologicznych
	z innych źródeł
ze względu na charakter narażenia pracownika i przebieg czasowy	ustalony
	nieustalony
	ciągły
	przerywany
	impulsowy
ze względu na środowisko	quasi-impulsowy
	przemysłowy
	komunalny
ze względu na urządzenia i maszyny wytwarzające hałas	komunikacyjny
	maszyny stanowiące źródło energii
	narzędzia i silniki pneumatyczne
	maszyny do obróbki plastycznej
	maszyny do rozdrabniania, kruszenia, przesiewania, przecinania, oczyszczania
	obrabiarki skrawające do metali
	obrabiarki skrawające do drewna
	maszyny włókiennicze
	urządzenia przepływowe
urządzenia transportu wewnątrzzakładowego	

- 4) stosowanie środków ochrony indywidualnej przed hałasem – najprostsza i najszybsza metoda przeciwdziałania negatywnemu wpływowi na aparat słuchu zbyt wysokiego natężenia hałasu, „ostatnia linia walki” ze zjawiskiem hałasu, mająca na celu poprawę warunków pracy na danym stanowisku.

2. Badania własne

Celem pracy jest określenie poziomu natężenia hałasu emitowanego przez pracujący piec indukcyjny do ciągłego poziomego odlewania aluminiowego wlewka o średnicy 30 mm oraz współpracującą chłodnicę i pilę tarczową wykorzystywaną do cięcia wytworzonego wyrobu.

Do badań wykorzystano całkujący miernik poziomu dźwięku SON-50 posiadający świadectwo typu nadane przez Główny Urząd Miar oraz posłużono się metodą pomiaru poziomów ciśnienia akustycznego.

Wykonano dwa pomiary natężenia hałasu dla opisywanych stanowisk pracy. Pierwsze (wstępne) wykonano w otoczeniu źródła dźwięku w celu ustalenia kierunku odpowiadającego największej wartości ciśnienia akustycznego. Pomiar drugi (właściwy) przeprowadzono miernikiem poziomu dźwięku SON-50 według zaleceń zawartych w stosownych normach.

2.1. Stanowisko do poziomego odlewania ciągłego Al i jego stopów

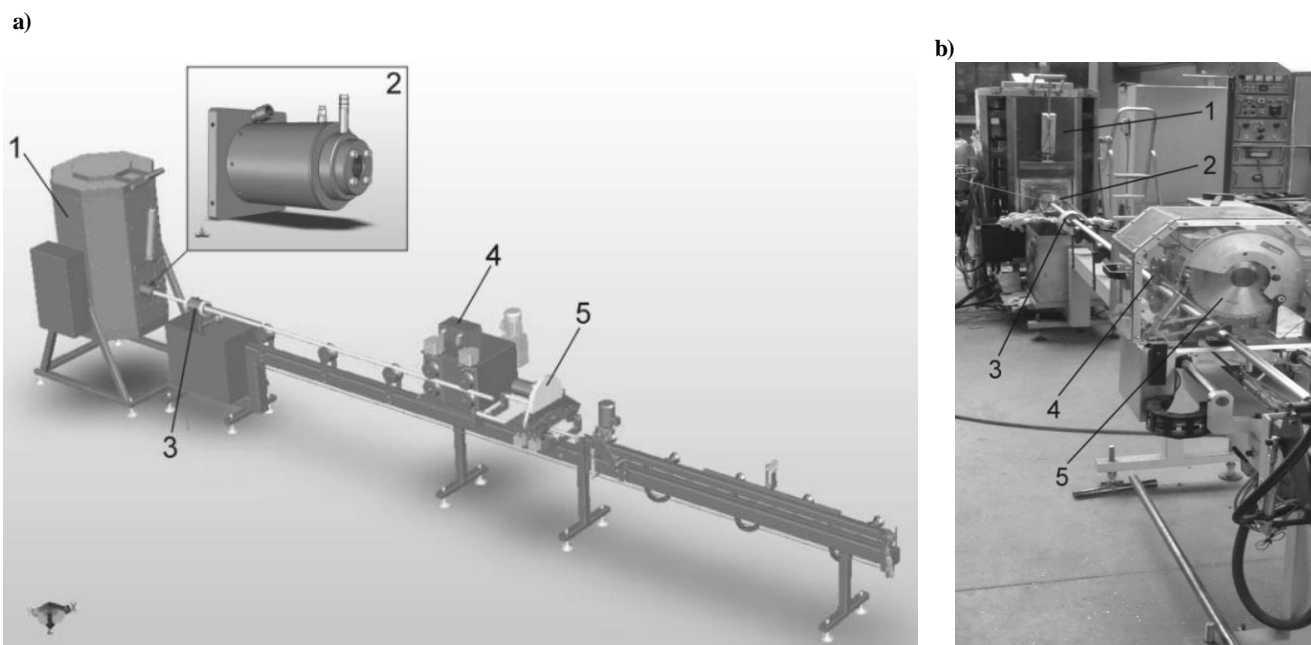
Na rysunku 3 przedstawiono schemat i widok stanowiska do poziomego odlewania ciągłego wlewka o przekroju kołowym i średnicy od 20 do 40 mm z Al i jego stopów.

Przedstawione stanowisko badawcze umożliwia realizację procesu odlewania ciągłego (rys. 4) z maksymalną prędkością 100 mm wlewka na 1 min, tj. 6 m na 1 h. Półwyrob w postaci wlewka z Al lub jego stopu (rys. 5) jest przycinany na wymaganą długość przy użyciu systemu cięcia, w skład którego wchodzi m.in. piła tarczowa.

2.2. Zestawienie wyników pomiarowych

Pomiar hałasu emitowanego przez urządzenie wykonano metodą wymagającą w analizie poprawki uwzględniającej hałas tła oraz lokalnej poprawki środowiskowej. Zasada pomiaru i przekształceń analitycznych jest zgodna z zaleceniami zawartymi w normach [11÷13].

Badania przeprowadzono na stanowiskach pracy 1SP (stanowisko pomocnicze), 2SP i 3SP (stanowiska główne) w obecności operatora urządzenia (rys. 6). Mikrofon umieszczono w odległości $0,2 \text{ m} \pm 0,02 \text{ m}$ od środka płaszczyzny głowy operatora, na jednej linii z oczami, z kierunkiem odniesienia mikrofonu równoległym do linii widzenia operatora i po tej stronie, po której była obserwowana większa wartość poziomu ciśnienia akustycznego skorygowanego charakterystyką częstotliwościową A.



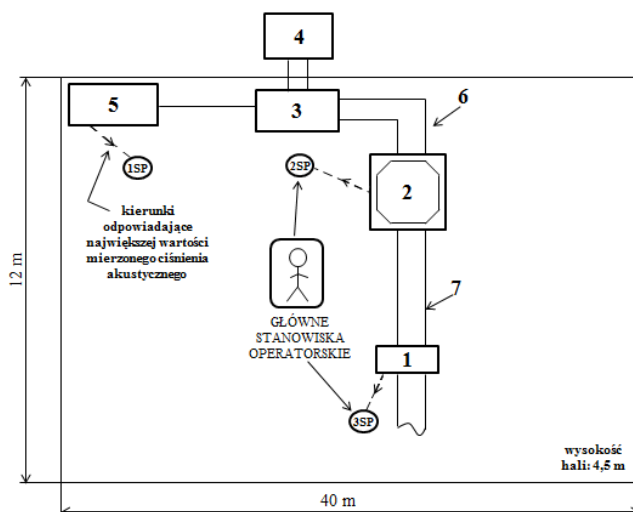
Rys. 3. Schemat (a) i widok (b) stanowiska do poziomego odlewania ciągłego: 1 - piec elektryczny indukcyjny, 2 - krystalizator, 3 - układ chłodzenia wtórnego, 4 - system wyciągania wlewka, 5 - system cięcia wlewka [14]



Rys. 4. Widok procesu poziomego odlewania ciągłego Al o czystości 99,5%



Rys. 5. Przykładowy widok aluminiowego wlewka ciągłego o średnicy 30 mm



Rys. 6. Schemat pomiarowy: 1 - system cięcia wlewka ciągłego, 2 - piec odlewniczy, 3 - układ sterowania i przełączania mocy, 4 - przetwornica tyrystorowa (zasilacz), 5 - chłodnica, 6 - szyny prądowe, 7 - system wyciągania odlewanej wlewka ciągłego

W czasie pomiarów zmierzono:

- 1) równoważny poziom dźwięku (ciśnienia akustycznego) L_{pAeq} , skorygowany charakterystyką częstotliwościową A – uśredniony poziom dźwięku w czasie pomiaru miernikiem, który wyniósł 120 s,
- 2) maksymalny szczytowy poziom dźwięku od początku pomiaru L_{Cpeak} , skorygowany charakterystyką częstotliwościową C .

Pomiary wykonano w opisanych wcześniej punktach na stanowiskach pracy 1SP, 2SP i 3SP przy całkowicie wyłączonym urządzeniu (pomiar hałasu tła) oraz przy włączonym urządzeniu. Wyniki zestawiono w tabelach 2÷4.

Tabela 2. Wyniki natężenia hałasu dla stanowiska 1SP

**$a = 0,7$ m (odległość od stanowiska 1SP do głównego źródła dźwięku – wentylatora)
czas pomiaru: 120 s**

Urządzenie wyłączone (hałas tła)		Urządzenie włączone (praca samej chłodnicy)	
L_{pAeq}^b [dB]	L_{Cpeak}^b [dB]	L'_{pAeq} [dB]	L'_{Cpeak} [dB]
53,9	72,2	81,8	102,1

Tabela 3. Wyniki natężenia hałasu dla stanowiska 2SP

**$a = 1,8$ m (odległość od stanowiska 2SP do głównego źródła dźwięku – wzbudnika)
czas pomiaru: 120 s**

Urządzenie wyłączone (hałas tła)		Urządzenie włączone (praca chłodnicy i generatora wraz ze wzbudnikiem)	
L_{pAeq}^b [dB]	L_{Cpeak}^b [dB]	L'_{pAeq} [dB]	L'_{Cpeak} [dB]
54,0	78,8	78,3	97,1

Tabela 4. Wyniki natężenia hałasu dla stanowiska 3SP

**$a = 0,6$ m (odległość od stanowiska 3SP do głównego źródła dźwięku – pilarki)
czas pomiaru: 120 s**

Urządzenie wyłączone (hałas tła)		Urządzenie włączone (praca chłodnicy, generatora wraz ze wzbudnikiem i pilarki)	
L_{pAeq}^b [dB]	L_{Cpeak}^b [dB]	L'_{pAeq} [dB]	L'_{Cpeak} [dB]
54,4	71,4	91,7	102,2

W celu uwzględnienia w dalszej analizie poprawki środowiskowej K_{3A} , zwymiarowano halę, na której zostało zainstalowane urządzenie. Poziom dźwięku wyznaczany jest ostatecznie według zależności:

$$L_{pAeq} = L'_{pAeq} - K_{1A} - K_{3A} \quad (1)$$

Poprawka związana z hałasem tła wynosi:

$$K_{1A} = -10 \log(1 - 10^{-0,1 \cdot \Delta L}) \quad [dB] \quad (2)$$

gdzie różnica poziomów ciśnienia akustycznego ΔL na (SP) dla urządzenia pracującego i wyłączonego jest równa:

$$\Delta L = L'_{pAeq} - L_{pAeq}^b \quad (3)$$

Wartości ΔL oraz wartości poprawek K_{1A} dla poszczególnych stanowisk SP, zestawiono w tabeli 5. W każdym przypadku spełniony jest warunek poprawności pomiaru: $\Delta L > 3$ [dB] zgodnie z [13].

Lokalna poprawka środowiskowa obliczana jest z zależności:

$$K_{3A} = 10 \log\left(1 + 4 \cdot \frac{S}{A}\right) \quad [dB] \quad (4)$$

gdzie:

$S = 2\pi a^2$, zaś a jest odległością [m] od stanowiska (SP) do głównego źródła dźwięku,

$A = \alpha \cdot S_V$ – równoważna chłonność akustyczna pomieszczenia,

α – współczynnik pochłaniania pomieszczenia, dobierany na podstawie tabeli z normy ISO 3746,

S_V – całkowita powierzchnia hali (ściany, sufit i podłoga), na której zostało zainstalowane urządzenie.

Tabela 5. Wartości ΔL oraz K_{1A} dla poszczególnych stanowisk

Stanowisko pracy	Wartość ΔL [dB]	Poprawka K_{1A} [dB]
1SP	27,9	0,00705
2SP	24,3	0,01617
3SP	37,7	0,00081

W analizie przyjęto następujące wartości niezbędnych do obliczeń parametrów: a (wg danych z tabel 2, 3 i 4), $\alpha = 0,2$, $S_V = 1428$ m². Obliczone lokalne poprawki środowiskowe dla poszczególnych stanowisk pracy SP zestawiono w tabeli 6.

Tabela 6. Lokalne poprawki środowiskowe dla poszczególnych stanowisk pracy SP

Stanowisko pracy	Poprawka K_{3A} [dB]
1SP	0,183
2SP	1,089
3SP	0,135

Poziom dźwięku (ciśnienia akustycznego) emitowanego przez badane urządzenie, po wyeliminowaniu wpływu tła i uwzględnieniu lokalnych poprawek środowiskowych, przedstawiono w tabeli 7.

Tabela 7. Wyniki pomiarów po naniesieniu poprawek

1SP	$L_{pAeq} = 81,6$ dB
2SP	$L_{pAeq} = 77,2$ dB
3SP	$L_{pAeq} = 91,6$ dB

3. Wnioski i zalecenia

Wartości ciśnienia akustycznego emitowanego przez urządzenie do poziomego odlewania ciągłego na stanowiskach pracy 1SP i 2SP znajdują się poniżej dopuszczalnego poziomu ekspozycji na hałas, odniesionego do 8 godzinnego dnia pracy. Na stanowisku pracy 3SP poziom hałasu przekracza wartość dopuszczalną i zaleca się stosowanie przez personel pracujący na tym stanowisku ochronników słuchu.

Pomiary przeprowadzono zgodnie z zasadami analizy przyjętej w normach i dokumentacji formalno-prawnej dotyczącej bezpieczeństwa i higieny pracy na stanowiskach pracy.

Pomiary przeprowadzono w miejscu zainstalowania źródła hałasu (metoda in-situ).

Literatura

- [1] <http://www.ciop.pl/6466.html>, 07.11.2013
- [2] Prawo ochrony środowiska Wspólnoty Europejskiej. Hałas. Tom 5. Ministerstwo Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa
- [3] Grabowska-Wawrzeniecka, K. (red.) (2012). *Meritum, bezpieczeństwo i higiena pracy*. Warszawa: Wydawnictwo ABC Wolters Kluwer Polska Sp. z o.o.
- [4] Engel, Z., Pleban, D. (2001). *Hałas maszyn i urządzeń – źródła, ocena*. Warszawa: Wydawnictwo CIOP
- [5] Uzarczyk, A. (2006). *Czynniki szkodliwe i uciążliwe w środowisku pracy*. Gdańsk: Wydawnictwo ODiDK Sp. z o.o.
- [6] Zawieski, W. M. (red.) (2004). *Ocena ryzyka zawodowego, wyd. III*. Warszawa: Wydawnictwo CIOP
- [7] Koradecka, D. (red.) (2008). *Bezpieczeństwo i higiena pracy*. Warszawa: Wydawnictwo CIOP-PIB
- [8] <http://www.serwis.wypadek.pl/index.php?site=1012>, 12.11.2013
- [9] Engel Z., Zawieszka W. M. (2012). *Hałas i drgania w procesach pracy – źródła, ocena, zagrożenia*. Warszawa: Wydawnictwo CIOP-PIB
- [10] Makarewicz, G. (2012). Hałas w środowisku pracy. *Promotor BHP*. 5, 18-26
- [11] PN-EN ISO 11200 „Akustyka - Hałas emitowany przez maszyny i urządzenia - Wytyczne stosowania podstawowych norm dotyczących wyznaczania poziomów ciśnienia akustycznego emisji na stanowisku pracy i w innych określonych miejscach”
- [12] PN-EN ISO 11201 „Akustyka - Hałas emitowany przez maszyny i urządzenia - Wyznaczanie poziomów ciśnienia akustycznego emisji na stanowisku pracy i w innych określonych miejscach w warunkach zbliżonych do pola swobodnego nad płaszczyzną odbijającą dźwięk z pomijalnymi poprawkami środowiskowymi”
- [13] PN-EN ISO 11202 „Akustyka - Hałas emitowany przez maszyny i urządzenia - Pomiar poziomów ciśnienia akustycznego emisji na stanowisku pracy i w innych określonych miejscach z zastosowaniem przybliżonych poprawek środowiskowych”
- [14] Wróbel, T. (2013). Odlewanie Al99,5 sposobem ciągłym. *Archives of Foundry Engineering*. 13(2), 106-111

Noise Level at the Stand to a Horizontal Continuous Casting of Aluminum

Abstract

The noise is undesirable effect, occurring in private and professional life of a man which in unfavourable conditions can lead to disaster. The aim of the paper is to determine the level of noise emitted by induction furnace working for horizontal continuous casting of aluminium ingot with a diameter of 30 mm, a cooler and mating circular saw used to cut the manufactured product. Analysis of the results will indicate which of the operator workstations technological line is in the range of hygienic standards relating to the permissible noise level, which exceeds the allowed values. This will allow the selection of appropriate and effective methods to protect the operator from the adverse effects of working conditions on the health and contribute to the improvement of working conditions within accepted safety standards.