

Dr Małgorzata BŁASIAK, dr inż. Marzena MIĘSIKOWSKA,
dr inż. Łukasz NOWAKOWSKI (Politechnika Świętokrzyska):

ANALIZA ZMIAN POZIOMU CIŚNIENIA AKUSTYCZNEGO WRZECIONA OBRABIARKI W STREFIE PRACY OPERATORA

Streszczenie

Przedmiotem artykułu jest analiza zmian poziomu ciśnienia akustycznego w strefie prac operatora, które jest emitowane przez wrzeciono obrabiarki CNC pracujące bez obciążenia z różnymi prędkościami obrotowymi oraz podczas skrawania z prędkością 10 000 obr/min. Istotą przeprowadzonych badań było sprawdzenie, czy poziom hałasu emitowanego przez obrabiarkę CNC nie przekracza wartości dopuszczalnej. Wykonano je zgodnie z zapisem badania hałasu podanym w normie ISO 230-5 oraz z wykorzystaniem norm ISO 3744 i ISO 11203. Badania pokazały, że podczas głębszej obróbki materiału pojawiają się dźwięki o charakterze impulsowych. Poziom dźwięku wzrasta wówczas do wartości 92,2 dB, a więc na stanowisku pracy następuje przekroczenie dopuszczalnego poziomu dźwięku. Dla różnych prędkości obrabiarki poziom dźwięku A utrzymuje się na stałym poziomie: 71÷72 dB(A) – dla prędkości do 5000 obr/min, 80 dB(A) – dla wyższych prędkości.

Słowa kluczowe: ciśnienie akustyczne, hałas, obrabiarki CNC

ANALYSIS OF SOUND LEVELS OF SPINDLE OF CNC MACHINE TOOL IN THE OPERATOR WORK AREA

Abstract

The subject of the study was to analyze sound pressure levels at the operator work area, emitted by a CNC machine tool working in different speeds of spindle and during process of cutting with a speed of 10,000 rev / min. The essence of the study was to find out if the noise level emitted by the CNC machine tool exceeds the acceptable sound level. The study was carried out according to the specified standards in documents ISO 230-5, ISO 3744 and ISO 11203 [set of standards]. Obtained results indicate the appearance of an impulse sound at a deeper treatment of the material- deeper cutting causes the appearance of impulse noise. Under such conditions, the sound level rises to the value of 92.2 dB, which indicates a sound level that exceeds the acceptable sound measure levels. A sound level for different speeds of the machine is maintained at a constant level row 71/72 dB(A) up to 5000 rev / min, and increases for higher speeds of the machine tool to the value of 80 dB(A).

Keywords: sound pressure level, noise, CNC machine tool

ANALIZA ZMIAN POZIOMU CIŚNIENIA AKUSTYCZNEGO WRZECIONA OBRABIARKI W STREFIE PRACY OPERATORA

Małgorzata BŁASIAK¹, Marzena MIĘSIKOWSKA¹, Łukasz NOWAKOWSKI¹

1. WPROWADZENIE

Drgania mechaniczne ośrodka sprężystego (gazu, ciała stałego lub cieczy), czyli ruch cząstek danego ośrodka względem położenia równowagi, to inaczej dźwięki. Drgania te wywołują zmianę ciśnienia danego ośrodka (np. powietrza) w porównaniu do wartości ciśnienia statycznego (atmosferycznego), tworząc falę akustyczną. Różnicę pomiędzy wartością chwilowego ciśnienia powietrza z propagującą się falą akustyczną a wartością ciśnienia atmosferycznego określamy mianem ciśnienia akustycznego [2], [3,4]. Poziom wielkości ciśnienia akustycznego jest podstawowym czynnikiem określającym emisję hałasu maszyny.

W literaturze można spotkać wiele prac, w których autorzy badają wpływ hałasu na organizm człowieka w środowisku pracy, np.: w środkach komunikacji miejskiej [7], [8], [10], w zakładach przemysłowych [1], w lotnictwie [5].

Przedmiotem pracy jest analiza zmian poziomu ciśnienia akustycznego w strefie prac operatora, emitowanego przez wrzeciono obrabiarki CNC pracujące bez obciążenia z różnymi prędkościami obrotowymi oraz podczas skrawania z prędkością 10000 obr/min. Istotą przeprowadzonych badań było sprawdzenie, czy poziom hałasu emitowanego przez obrabiarkę CNC nie przekracza dopuszczanego poziomu dźwięku. Badania zostały przeprowadzone zgodnie z zapisem badania hałasu podanym w normie ISO 230-5, z wykorzystaniem norm ISO 3744 i ISO 11203 [11].

Operator obrabiarki CNC na stanowisku pracy może być narażony na działanie różnych czynników zagrażających zdrowiu a nawet życiu. Jednym z wielu szkodliwych czynników są fale akustyczne emitowane nie tylko przez obrabiarkę, ale również fale

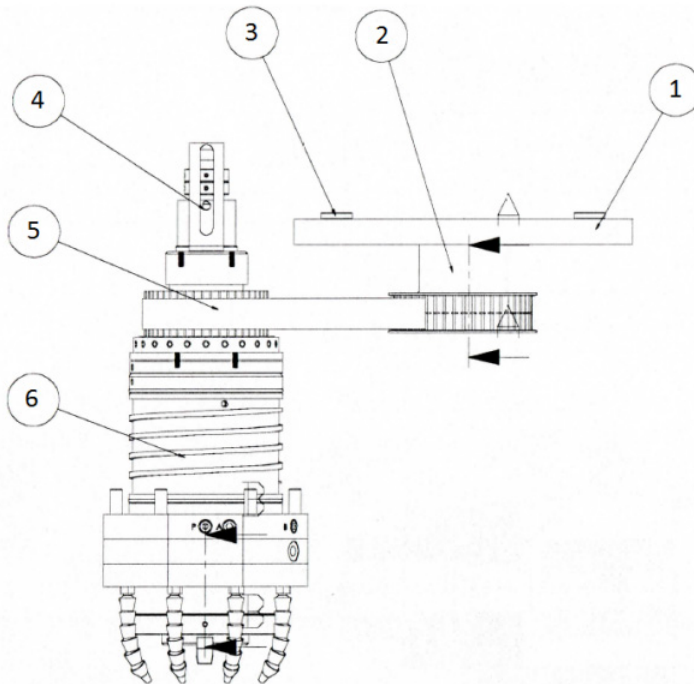
¹ Politechnika Świętokrzyska, ul. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce

odbite oraz fale pochodzące od innych źródeł hałasu znajdujących się w danym pomieszczeniu [9]. Hałas zaburza koncentrację uwagi, wpływa niekorzystnie na narząd słuchu oraz układ nerwowy człowieka, a także na rozpoznawalność mowy [3,4],[13].

2. PRZEDMIOT I METODA BADAŃ



Głównym obiektem badań jest pionowe centrum obróbkowe z serii VMC produkowanym przez FOP „AVIA S.A.

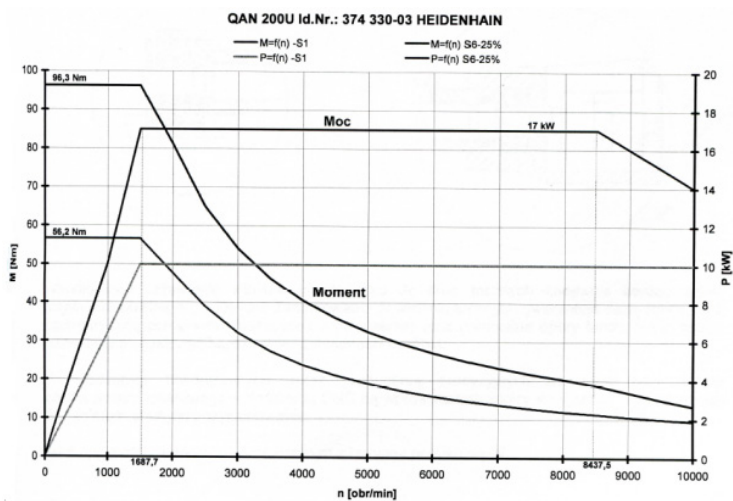
Napęd główny pionowego centrum obróbczego składa się z pręryjnie wyważanego wrzeciona typu „cartrige”, które jest łożyskowane na łożyskach skośnych - co ma zapewnić długotrwałą pracę z wysoką prędkością obrotową, silnika firmy HEIDENHAIN (rys. 2) oraz przekładni pasowej z pasem zębatym (POWERGRIP GT2) pomiędzy silnikiem i wrzecionem (rys.1) [6], [14].



Rys.1. Widok zespołu napędu wrzeciona. 1 – płyta wrzeciona, 2 – koło pasowe silnika napędu wrzeciona, 3 – podkładka, 4 – wspornik czujnika obecności narzędzia, 5 – pas zębaty 920-8MGT-30, 6 – jednostka wrzecionowa [6]

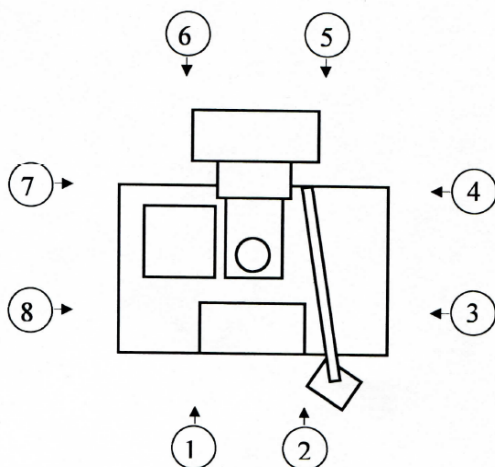
Tabela 1. Widok i podstawowe parametry pionowego centrum obróbkowego AVIA VMC 800 [6], [14]

Widok ogólny	Rozwiązanie konstrukcyjne
	
Wrzeciono	
Typ	cartridge
końcówka wrzeciona	ISO 40 wg PN-92/M55085/01
obroty wrzeciona	50 - 10000 obr/min
moc napędu głównego	10 / 17 kW



Rys. 2. Wykres mocy i momentu wrzeciona pionowego centrum obróbkowego VMC 800 [6], [14]

Producent obrabiarki w instrukcji użytkownika Pionowe Centrum Obróbkowe VMC 800 podaje wartość maksymalnego natężenia hałasu przy zamkniętej kabinie i maksymalnych obrotach wrzeciona na poziomie 79 dB. Dodatkowo w wyciągu z metryki obrabiarki podaje deklarowane dwuliczbowe wartości emisji hałasu zgodnie z ISO 4871 - pomiary zostały przeprowadzone przy użyciu przyrządu pomiarowego: Brüel&Kjaer typ: 2233m 1421943 mikrofon typ: 4155 nr 1453551 zgodnie ze schematem zaprezentowanym na rysunku 3.



Rys. 3. Schemat stanowiska pomiarowego [12]

Tabela 2. Podstawowe dane emisji hałasu wymagane normą zarejestrowane u producenta obrabiarki [12]

Wyznaczana wartość	Praca bezobciążenia, na biegu luzem
Hałas tła skorygowany charakterystyką częstotliwościową, $A, dB < A L_{pA}$ $\neq \min 10, dB$	63
Średni poziom ciśnienia akustycznego skorygowany charakter. częstotliwościową A (wartość odniesienia $20 \mu Pa$) na stanowisku pracy, L_{pA}, dB	77,8
Max. poziom ciśnienia akustycznego skorygowany charakterystyką częstotliwościową $C L_{pC}, dB$	81
Niepewność K_{pA}, dB	2,5
Poziom mocy akustycznej skorygowany charakterystyką częstotliwościową A (wartość odniesienia $1 pW$) L_{WA}, dB	87,7
Niepewność K_{WA}, dB	2,5
Wartości wyznaczono zgodnie z przepisami badania hałasu podanymi określonymi w normie ISO 230-5, z wykorzystaniem norm ISO 3744 i ISO 11203.	

Pomiary i analiza zmian poziomu ciśnienia akustycznego w strefie prac operatora, emitowanego przez wrzeciono pionowego centrum obróbkowego z serii VMC800 zostały przeprowadzone w Laboratorium Obrabiarek Sterowanych Numerycznie Politechniki Świętokrzyskiej.

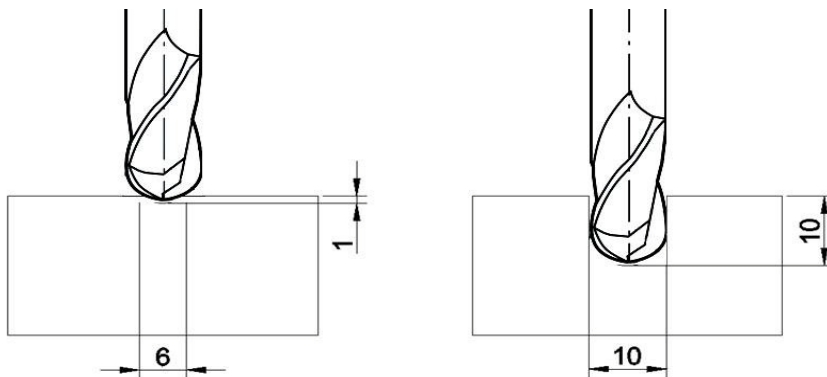


Rys. 4. Stanowisko pomiarowe w strefie pracy operatora Obrabiarki CNC

Pomiar poziomu dźwięku został wykonany za pomocą analizatora NOR140 firmy NORSONIC, którego mikrofon znajdował się na wysokości 1,7m od podłoża i w odległości 0,8m od badanej obrabiarki VMC800 (rysunek 4). Poziom dźwięku emitowanego przez obrabiarkę zarejestrowany został dla 10 różnych prędkości obrotowych wrzeciona obrabiarki bez obciążenia w zakresie od 1000 do 10000 obr/min, co 1000 obrotów. Czas pomiaru dla każdego wariantu prędkości wynosił 1 min.

Przeprowadzono również dwa pomiary poziomu dźwięku wytwarzanego przez obrabiarkę podczas frezowania kanałka o wymiarach 365x10x10 w duraluminium 2017 (PA6) dwuostrzowym frezem kulistym $\phi 10$ typu R216.42-10030-AC19P1620. Oba pomiary zostały przeprowadzone przy prędkości

obrotowej wrzeciona $n=10000$ obr/min, posuw $f_i=1000$ mm/min, głębokość skrawania $a_p=1$ mm, czas pomiaru 3 min. Pierwszy pomiar przeprowadzono dla narzędzia na głębokości 1mm (szerokość frezowania 6mm), a drugi na głębokości 10mm (szerokość frezowania 10mm) rys. 5.

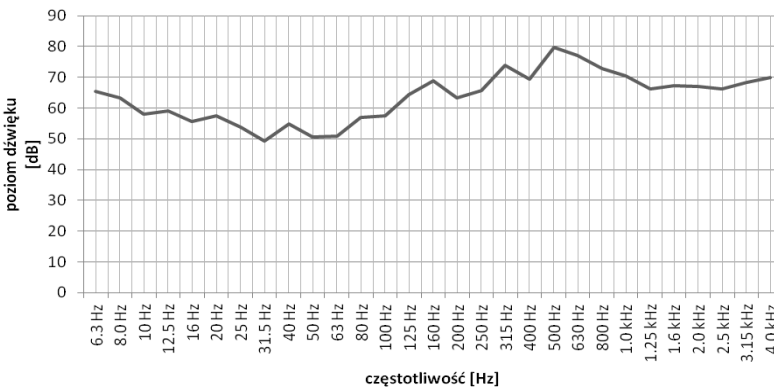


Rys. 5. Schemat przedstawiający warunki pracy narzędzia dla pierwszego i ostatniego przejścia narzędzia podczas frezowania kanałka

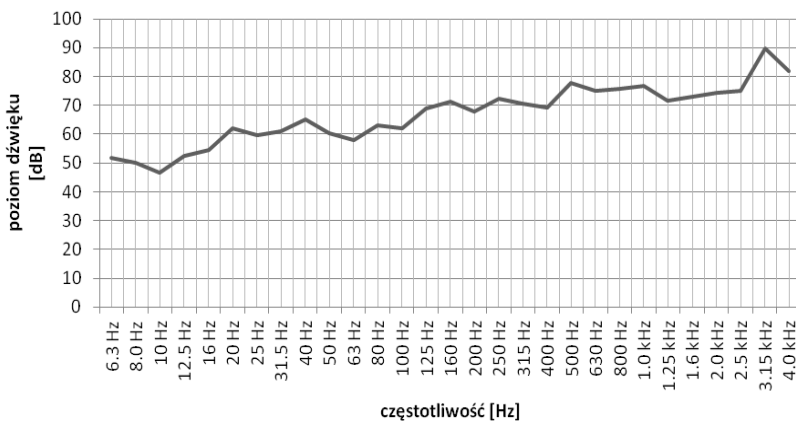
3. WYNIKI

Poziom dźwięku A generowany przez obrabiarkę podczas obróbki materiału wyniósł 84 dB(A). Poziom dźwięku wyrażony w dB wytwarzany przez obrabiarkę podczas obróbki materiału zarejestrowany przy 10000 obr/min przedstawia rysunek 6.

Poziom dźwięku w pasmach tercjowych zawiera się w zakresie od 50 do 80 dB. Poziom dźwięku zarejestrowany w trybie impulsowym I miernika NOR140 podczas obróbki materiału i wyraźnego zwiększenia głębokości obróbki, gdzie pojawił się charakter impulsowy dźwięku, wyniósł $L_{Aeq}=92,2$ dB. Pasma tercjowe dla tego charakteru przedstawia rysunek 7. Poziom dźwięku w pasmach tercjowych przyjmuje wartości w przedziale od 50 do 90 dB.



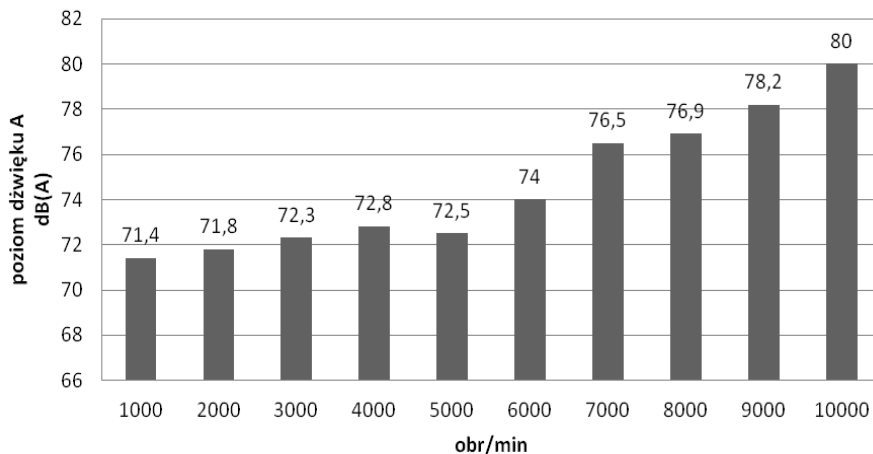
Rys. 6. Poziom dźwięku w pasmach tercjowych – zakres 6.3Hz - 4kHz, podczas pierwszego przejścia narzędzia na głębokości 1mm. Parametry skrawania: $n=10000$ obr/min, $f_t=1000$, $a_p=1$ mm



Rys. 7. Poziom dźwięku w pasmach tercjowych – głębiej obrabiany ostatniego przejścia na głębokości 10mm. Parametry skrawania: $n=10000$ obr/min, $f_t=1000$, $a_p=1$ mm,

Poziom dźwięku A wytwarzany przez obrabiarkę dla 10 różnych prędkości przedstawiono na rysunku 8.

Poziom dźwięku A utrzymuje się na niemalże tym samym poziomie w zakresie 1000 do 5000 obr/min. Przy prędkości 6000 obr/min następuje wyraźny wzrost poziomu dźwięku, który zwiększa się dla kolejnych prędkości uzyskując wartość 80 dB(A) dla 10000 obr/min.



Rys. 8. Poziom dźwięku A obrabiarki zarejestrowany dla różnych prędkości wrzeciona

4. WNIOSKI

W pracy przedstawiono analizę poziomu ciśnienia akustycznego emitowanego przez wrzeciono obrabiarki CNC pracujące bez obciążenia, zbadanego na stanowisku pracy operatora obrabiarki CNC oraz podczas skrawania z prędkością 10000 obr/min. Poziom dźwięku A dla prędkości obrotowych wrzeciona pracującego bez obciążenia w zakresie 1000 do 5000 obr/min utrzymuje się na stałym poziomie rzędu 71/72 dB(A). Po przy czym wzrasta dla wyższych prędkości pracy obrabiarki do wartości 80 dB(A). Otrzymane wyniki dla różnych prędkości obrotowych wrzeciona przedstawiono w postaci dwuwymiarowych wykresów. Poziom dźwięku obrabiarki dla pierwszego przejścia podczas frezowania kanałka w duraluminium wyniósł 84 dB(A). Podczas frezowania ostatniego przejścia w kanałku na głębokości 10mm zaobserwowano pojawianie się dźwięków impulsowych. Dla takich warunków obróbki poziom dźwięku wzrasta do wartości 92,2 dB, co wskazuje na przekroczenie poziomu dźwięku na stanowisku pracy. Przyczyną pojawienia się dźwięków impulsowych mogą być niekorzystne warunki pracy narzędzia tj. pełny kąt opasania narzędzia, kontakt ostrza narzędzia z materiałem na dłuższej długości, które powodują jego drgania. Dłuższa ekspozycja

zycja operatora obrabiarki bez odpowiednich środków ochronnych na takie warunki pracy może być uciążliwa dla operatora.

Hałas na stanowisku pracy operatora obrabiarki CNC można próbować redukować poprzez dokładne wyważenie dynamiczne i statyczne tych części maszyny, które się obracają, np. wrzeciona. Pomocne może się okazać również systematyczne sprawdzanie i dokręcanie obluźwanych elementów (śrub) oraz smarowanie. Ponadto osłony maszyny lub pomieszczenie w którym znajduje się obrabiarka, można wyłożyć materiałem dźwiękochłonnym oraz zastosować ekrany tłumiące hałas.

LITERATURA

- [1] BARAN S. IGNYŚ A., IGNYŚ I.: *Narażenie na hałas - możliwości ograniczenia ryzyka zawodowego*, vol.LX, SUPPL. XVI, 9, 2005, 30-33.
- [2] CEMPEL C.: *Wibroakustyka stosowana*. PWN, Warszawa, 1989.
- [3] ENGEL Z.: *Ochrona środowiska przed drganiami i hałasem*. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 1993
- [4] ENGEL Z., Pleban D.: *Hałas Maszyn i Urządzeń – źródła, ocena*. CIOP, Warszawa, 2001.
- [5] GIRVIN R.: *Aircraft noise-abatement and mitigation strategies*. J. of Air Transport Management 15, 2009 r., 14-22.
- [6] INSTRUKCJA UŻYTKOWNIKA PIONOWE CENTRUM OBRÓBKOWE VMC 800.
- [7] KOTON J., MAJEWSKI A.: *Drgania i hałas na stanowiskach pracy w środkach komunikacji miejskiej – badania dozymetryczne*. Bezpieczeństwo Pracy 7-8, 2004
- [8] MIĘSIKOWSKA M., DE RUITER E.: *Automatic recognition of voice commands in a car cabin*. PAK, vol. 60, nr 8/2014
- [9] MIKO E., NOWAKOWSKI Ł.: *Vibrations In the Machining System of the Vertical Machining Center*. XIIIth International Scientific And Engineering Conference Hermetic Sealing, Vibration Reliability And Ecological Safety Of Pump And Compressor Machinery-Hervicon, 2012, Tom: 39, 405-413
- [10] NADRI F., et al: *An Investigation on Occupational Noise Exposure in Kerman Metropolitan Bus Drivers*, Int. J. of Occupational Hygiene, 2012
- [11] ZESTAW NORM: PN-EN ISO 11200 ÷ PN-EN ISO 11204, *Akustyka – Hałas emitowany przez maszyny i urządzenia*
- [12] Wyciąg z metryki obrabiarki FOP „AVIA” S.A. *Pionowe Centrum obróbkowe VMC-800*, Warszawa 2008
- [13] <http://archiwum.ciop.pl/16403.html>
- [14] <http://www.avia.com.pl>