

prof. dr hab. inż. ZBIGNIEW ENGEL  
dr inż. JAN SIKORA  
mgr inż. JADWIGA TURKIEWICZ  
Akademia Górniczo-Hutnicza

## **Zintegrowane obudowy dźwiękochłonna-izolacyjne**

W ograniczaniu nadmiernej hałaśliwości maszyn i urządzeń stosuje się cztery rodzaje obudów dźwiękochłonna-izolacyjnych [1,2]: fragmentaryczne, częściowo zamknięte, całkowicie zamknięte i zintegrowane.\*)

Najczęściej stosowane są pierwsze trzy rodzaje obudów [3, 4, 5]. Ich funkcja sprowadza się do ograniczenia hałasu emitowanego przez oryginalne korpusy maszyn i urządzeń, a także nie osłonięte węzły funkcjonalne maszyn. Obudowy takie stanowią więc w pewnym sensie drugi dodatkowy korpus maszyny. Najskuteczniejsze są obudowy całkowicie zamknięte, lecz można je stosować zasadniczo tylko wtedy, gdy maszyny nie wymagają bezpośredniej i ciągłej obsługi przez operatora. Najczęściej więc stosuje się całkowicie zamknięte obudowy agregatów pompowych, sprężarek, napędów maszyn itp. oraz w niektórych przypadkach maszyn realizujących procesy produkcyjne w sposób automatyczny (np. prasy automatyczne, automaty tokarskie). Obudowy te nie mają natomiast praktycznego zastosowania w ograniczaniu nadmiernej aktywności akustycznej takich maszyn, jak obrabiarki do metalu, obrabiarki do drewna, prasy, maszyny włókiennicze, kablówce czy obuwnicze.

Tego typu maszyny mogą mieć (dotychczas rzadko stosowane) obudowy zintegrowane [6]. Obudowy zintegrowane stanowią składową część korpusu hałaśliwej maszyny lub cały jej korpus odpowiednio opracowany pod względem akustycznym (zwiększenie izolacyjności akustycznej ścian korpusu oryginalnego). Na ogół rolę obudowy zintegrowanej spełnia wykonana z uwzględnieniem wymagań przeciwhałasowych zamknięta konstrukcja, stanowiąca element korpusu maszyny, osłaniająca albo newralgiczny węzeł funkcjonalny (np. narzędzie, zespół narzędzi skrawających lub wykonujących inne czynności technologiczne) przed wpływem warunków zewnętrznych, albo samego operatora pod kątem bezpieczeństwa pracy. Ten element korpusu maszyny jest zazwyczaj otwierany, podnoszony lub rozsuwany (ręcznie lub automatycznie), co umożliwia szybki i prosty dostęp. Zasada rozwiązania zintegrowanej obudowy dźwiękochłonna-izolacyjnej stwarza możliwość dokonywania modyfikacji w rozwiązaniach konstrukcyjnych korpusów maszyn w celu zwiększenia ich izolacyjności akustycznej.

Elementy obudów zintegrowanych mogą mieć więc zastosowanie w projektowaniu korpusów nowych maszyn, charakteryzujących się obniżoną, do obowiązujących norm, aktywnością akustyczną.

### **Badania nad nowymi rozwiązaniami obudów zintegrowanych**

W 1996 roku rozpoczęto w Katedrze Mechaniki i Wibroakustyki AGH realizację trzyletniego projektu badawczego [9], którego zasadniczym celem było opracowanie nowych rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych przegród (ścianek) o zwiększonej izolacyjności akustycznej w stosunku do aktualnie stosowanych rozwiązań, przeznaczonych do konstruowania zintegrowanych obudów dźwiękochłonna-izolacyjnych. Punktem wyjścia do realizacji projektu były wyniki przeprowadzonych przez autorów badań doświadczalnych nad określeniem wpływu wybranych rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych na skuteczność akustyczną obudów dźwiękochłonna-izolacyjnych [6].

Opracowanie nowego rozwiązania ścianki obudowy zintegrowanej, a w dalszej kolejności korpusu maszyny, charakteryzującego się zwiększonym pochłanianiem energii wibroakustycznej, miałyby bardzo istotne znaczenie w ograniczaniu nadmiernej hałaśliwości maszyn zainstalowanych w halach produkcyjnych oraz na zewnątrz obiektów produkcyjno-technologicznych w zakładach przemysłowych.

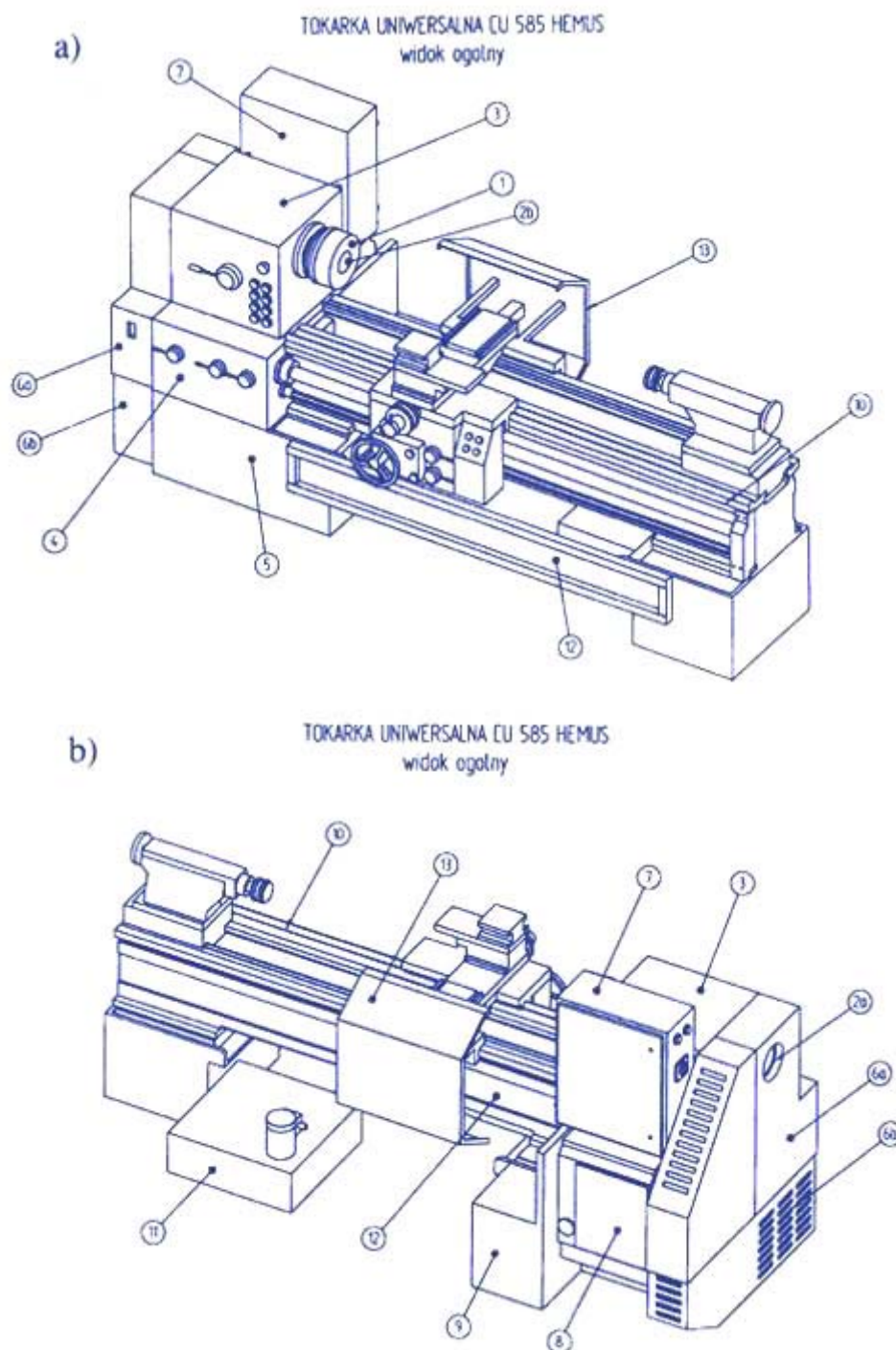
Założono, że w wyniku opracowania projektu zostaną osiągnięte następujące cele badawcze: - opracowanie rozwiązania materiałowo-konstrukcyjnego przegrody, charakteryzującej się zwiększonym pochłanianiem energii wibroakustycznej, przeznaczonej do konstruowania korpusu zintegrowanego z oryginalną obudową maszyny;

- opracowanie rozwiązania materiałowo-konstrukcyjnego przegrody przeznaczonej jako warstwa dodatkowa, mająca za zadanie zwiększenie izolacyjności akustycznej istniejącego korpusu maszyny;
- zastosowanie prototypów opracowanych przegród dla wybranej maszyny lub urządzenia oraz przeprowadzenia badań uzyskanej skuteczności akustycznej skonstruowanej zintegrowanej obudowy dźwiękochłonno-izolacyjnej;
- opracowanie wstępnych założeń do projektu nowej generacji korpusu dla wybranej maszyny, charakteryzującego się zwiększonym pochłanianiem energii wibroakustycznej.

Opracowując nowe prototypowe rozwiązania przegród dźwiękoizolacyjnych korzystano z wyników badań teoretycznych i doświadczalnych wpływu czynników materiałowych i konstrukcyjnych na izolacyjność akustyczną przegród budowlanych oraz przegród stosowanych w projektowaniu zabezpieczeń ograniczających hałas przemysłowy.

Do badań eksperymentalnych opracowano próbki przegród zaliczanych - z punktu widzenia własności akustycznych - do przegród pojedynczych (jednorodnych i niejednorodnych) oraz przegród wielokrotnych (złożonych z przegród jednorodnych, mieszanych i warstwowych). Zasadnicze rozwiązanie stanowiły przegrody podwójne z komorami powietrznymi pustymi oraz wypełnionymi materiałami dźwiękochłonnymi sztywnymi, elastycznymi, a także materiałami ziarnistymi, tłumiącymi dźwięki powietrzne i materiałowe.

Na podstawie uzyskanych wyników [8] wyselekcjonowano przegrody (o najkorzystniejszych charakterystykach izolacyjności akustycznej oraz parametrach technicznych) do zastosowania w projektowanych elementach obudowy zintegrowanej. Wybrano dwa typy przegród: - charakteryzującą się zwiększonym pochłanianiem energii wibroakustycznej, przeznaczoną do konstruowania elementów korpusu zintegrowanego z oryginalną obudową maszyny lub zastępujących elementy korpusu oryginalnego; - przeznaczoną jako warstwa dodatkowa, mająca za zadanie zwiększenie izolacyjności akustycznej istniejącego korpusu maszyny.



**Rys. 1.** Tokarka uniwersalna CU 585 HEMUS widok ogólny: a) widok z przodu, b) widok od tyłu: 1 - uchwyt samosterujący, 2a - wrzeciono (otwór cylindryczny wrzeciona), 2b - wrzeciono (otwór stożkowy wrzeciona), 3 - skrzynka prędkości obrotów (wrzeciennik), 4 - skrzynka prędkości posuwów (skrzynka Nortona), 5 - stopa tokarki (komora silnika napędowego), 6a - osłona górna przekładni zębatej (gitara) i pasowej (sprzęgła elektromagnetyczne -skrzynka obrotów), 6b - osłona dolna przekładni pasowej (silnik napędowy - sprzęgła elektromagnetyczne), 7 - skrzynka zasilania, 8 - skrzynka sprzęgieł elektromagnetycznych, 9 - osłona silnika i pompy olejowej wraz z przewodami hydraulicznymi, 10 - łożo tokarki, 11 - zbiornik na chłodziwo z pompą wodną, 12 - wanna na odpady z obróbki skrawaniem, 13 - osłona zabezpieczająca przed odpryskami wiórów

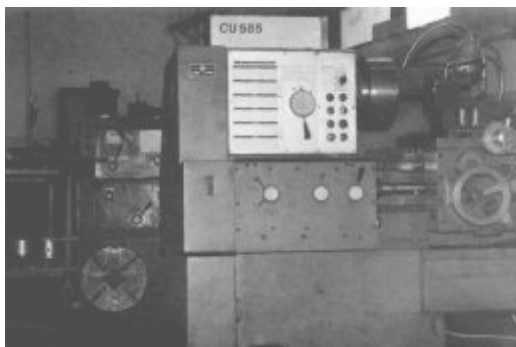
## Zintegrowana obudowa prototypowa w tokarce uniwersalnej

Do zastosowania zintegrowanej obudowy prototypowej wybrano tokarkę uniwersalną CU 585 HEMUS (produkcji bułgarskiej). Znajduje się ona w Katedrze Mechaniki i Wibroakustyki AGH (w pomieszczeniu warsztatowym, które pełni m.in. funkcję laboratorium hałasu przemysłowego na stanowiskach pracy). Budowę tokarki z oznaczeniem zespołów i elementów konstrukcyjnych (zaznaczono szczególnie te zespoły, dla których zastosowano elementy obudowy zintegrowanej) przedstawiono na rysunku [1a i b](#). Wyboru tokarki do badań testowych dokonano kierując się następującymi względami:

- stosunkowo dużą hałaśliwością maszyn występujących w wydziałach obróbki mechanicznej (automaty tokarskie: 92-96 dB, szlifierki: 96 dB, frezarki: 93-97 dB),
- przekroczenia wartości dopuszczalnej poziomu dźwięku A na stanowiskach pracy operatorów (i podobnego typu maszyn) spowodowane są zarówno hałasem mechanicznym (silnik, przekładnie, sprzęgła), jak i technologicznym (podczas obróbki),
- stanowiska pracy w wydziałach obróbki mechanicznej nie są łatwe do wyciszenia,
- spośród zabezpieczeń przeciwhałasowych (w metodach biernych ograniczania hałasu) możliwych do zastosowania w przypadku obrabiarek, najbardziej przydatne wydają się obudowy zintegrowane,
- wybrana do badań tokarka charakteryzowała się niskim poziomem emisji hałasu mechanicznego (poziom dźwięku A poniżej 85 dB), co stwarzało dodatkową trudność w zmniejszeniu emisji do jeszcze niższego poziomu.

Poza wymienionymi argumentami przemawiającymi za zastosowaniem prototypowego rozwiązania obudowy zintegrowanej, tokarkę można było wyłączyć z eksploatacji na czas przeprowadzania zmian modernizacyjnych.

Rysunki [2](#) i [3](#) przedstawiają tokarkę uniwersalną CU 585 HEMUS przed zastosowaniem elementów obudowy zintegrowanej.



**Rys. 2.** Tokarka uniwersalna CU 585 HEMUS (widok z przodu) w pomieszczeniu laboratorium hałasu przemysłowego Katedry Mechaniki i Wibroakustyki AGH



**Rys. 3.** Tokarka uniwersalna CU 585 HEMUS (widok z tyłu)

Po dokonaniu remontu bieżącego tokarki przeprowadzono badania akustyczne pod kątem określenia jej aktywności akustycznej oraz identyfikacji głównych źródeł hałasu mechanicznego. Uzyskane wyniki badań [9] stanowiły podstawę doboru poszczególnych elementów zintegrowanej obudowy dźwiękochłonna-izolacyjnej. Opracowany i wdrożony projekt zintegrowanej obudowy prototypowej zawiera następujące rozwiązania:

- zwiększenie izolacyjności akustycznej ścianek skrzynki prędkości obrotów 3 (rys. 1), skrzynki prędkości posuwów 4 oraz komory silnika napędowego 5 w wyniku zastosowania dodatkowych płyt (przegród) warstwowych dźwiękochłonna-izolacyjnych, połączonych ze ściankami korpusu oryginalnego tokarki;
- pierścień dźwiękoizolacyjny (dwuczęściowy, rozbieralny) mocowany między uchwytem samocentrującym 1 a ścianką skrzynki prędkości obrotów 3, uszczelniający korpus tokarki od strony wrzeciona;
- korpus dodatkowy osłaniający silnik wraz z pompą olejową 9;
- korpus dodatkowy z wykładziną dźwiękochłonną osłaniający skrzynkę sprzęgieł elektromagnetycznych 8;
- nowy korpus osłony bocznej od strony przekładni pasowych oraz zębatej, zastępujący oryginalny 6a i 6b;
- wytłumienie komory silnika 5 za pomocą wykładziny dźwiękochłonnej;
- chłodzenie wymuszone silnika napędowego tokarki (wentylator zainstalowany w dolnej części korpusu osłony bocznej 6b);
- tłumiki hałasu w elementach obudowy zintegrowanej (w układzie chłodzącym silnik pompy olejowej 9 oraz na wlocie 5 i wylocie 6b układu chłodzenia silnika napędowego tokarki);
- korki gumowe do otworów 2a i 2b wrzeciona, tłumiące hałas z wrzeciennika;
- wykładziny gumowe tłumiące hałas odbijający się od powierzchni stalowych wanny na odpady z obróbki skrawaniem 12, osłony zabezpieczającej przed odpryskami wiórów 13 oraz zbiornika na chłodziwo z pompą wodną 11.

Na rysunkach 4 i 5 przedstawiono tokarkę po zmianach modernizacyjnych z zastosowanym prototypowym rozwiązaniem zintegrowanej obudowy dźwiękochłonna-izolacyjnej. W tle rysunku 5 widać zastosowane elementy przemysłowej adaptacji akustycznej stanowiska obsługi tokarki. W miejscu zainstalowania tokarki wyłożono dwie ściany płytami z wełny szklanej (Gullfiber 6335). Na stanowisku pracy zawieszono strop podwieszony z tzw. plastra miodu. Sposób rozwiązania konstrukcyjnego pierścienia dźwiękoizolacyjnego ograniczającego emisję hałasu z wrzeciennika pokazano na rysunku 6.

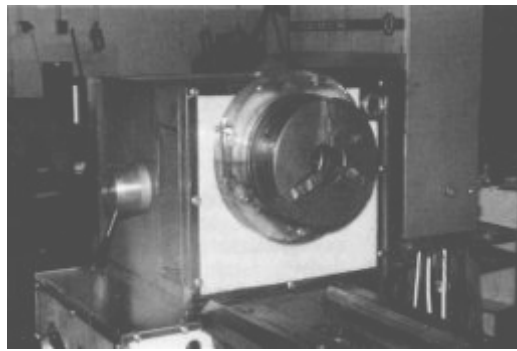


**Rys. 4.** Tokarka uniwersalna CU 585 HEMUS z zastosowaną zintegrowaną obudową dźwiękochłonna-izolacyjną (widok z przodu)



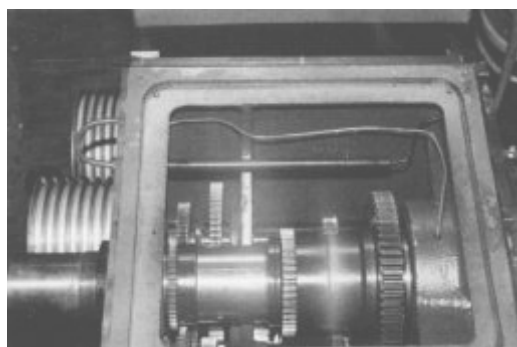


Rys. 5. Tokarka uniwersalna CU 585 HEMUS z zastosowaną obudową zintegrowaną (widok z tyłu), w tle elementy przemysłowej adaptacji akustycznej

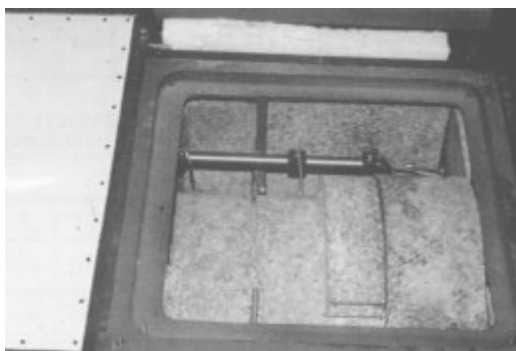


Rys. 6. Pierścień dźwiękoizolacyjny (rozbieralny, dwuczęściowy) mocowany między uchwytem samosterującym a ścianą korpusu skrzynki prędkości obrotów tokarki

Wytlumienie nadmiernej hałaśliwości kół zębatach w skrzynce prędkości obrotów ([rys. 7](#)) rozwiązano dwoma sposobami: zwiększono izolacyjność akustyczną ścianek korpusu oraz dodatkowo wytlumiono wewnątrz skrzynki ([rys. 8](#)). Wytlumienie od wewnątrz uzyskano stosując warstwowe wykładziny dźwiękochłonne z korka naturalnego odpowiednio wyprofilowane. Zmieniono sposób rozmieszczenia przewodów doprowadzających olej we wrzecienniku, aby zapewnić prawidłowe smarowanie kół zębatach.

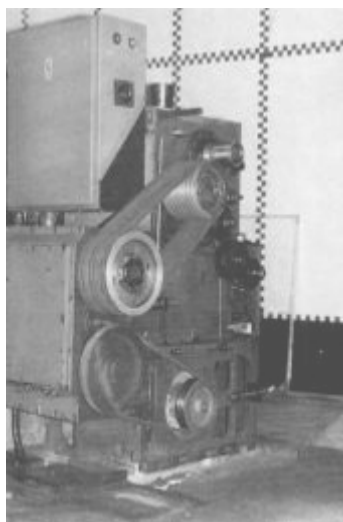


Rys. 7. Wnętrze skrzynki prędkości obrotów tokarki przed zmianami modernizacyjnymi

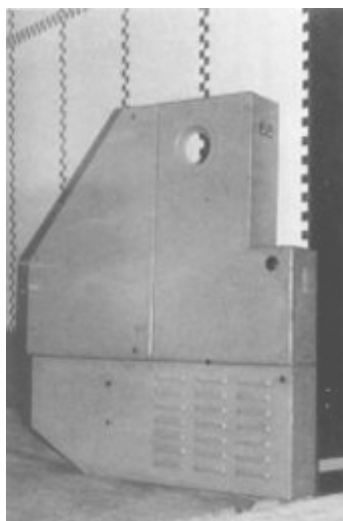


Rys. 8. Zastosowanie wykładzin dźwiękochłonnych w skrzynce prędkości obrotów tokarki

Do nowego rozwiązania korpusu osłony bocznej łańcuchów kinematycznych napędowych tokarki ([rys. 9](#)) wykorzystano wyniki badań izolacyjności akustycznej przegród dwuciennych (podwójnych) z przestrzenią powietrzną wypełnioną materiałami ziarnistymi [[7](#), [8](#)] ([rys. 10](#), [11](#), [12](#), [13](#)). Ścianka korpusu nowej osłony wykonana została z następujących warstw: blachy stalowej ( $g = 1$  m) wyklejonej miękką gumą ( $g = 2$  mm), drobnoziarnistego granulatu z tarmamidu ( $g = 8$  mm) oraz trzech sklejonych blach aluminiowych o grubości 0,35 mm każda. Rozwiązanie materiałowo-konstrukcyjne ścianki stanowi próbę opracowania przegrody charakteryzującej się zwiększonym pochłanianiem energii wibroakustycznej.



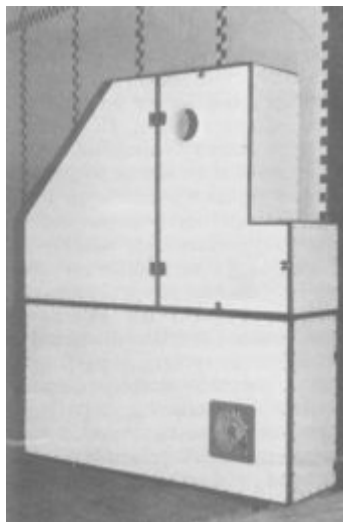
Rys. 9. Widok zespołu przekładni pasowych i przekładni zębatej (łańcuchów kinematycznych napędowych) doprowadzających napęd od silnika do zespołów roboczych tokarki, po zdjęciu dwuczęściowej osłony



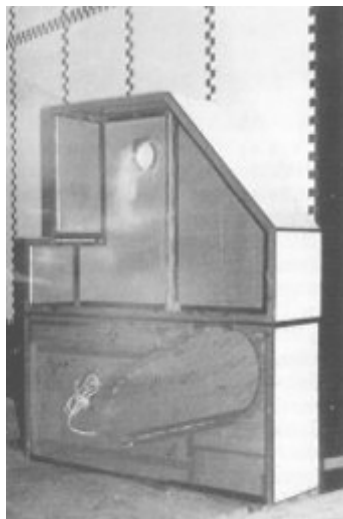
Rys. 10. Oryginalny element korpusu tokarki - dwuczęściowa osłona łańcuchów kinematycznych napędowych - strona zewnętrzna



Rys. 11. Oryginalny element korpusu tokarki - dwuczęściowa osłona łańcuchów kinematycznych napędowych - strona wewnętrzna



Rys. 12. Nowe rozwiązania elementu korpusu tokarki osłaniającego łańcuchy kinematyczne napędowe - strona zewnętrzna. W części dolnej zamontowany wentylator do wymuszonego chłodzenia silnika napędowego



Rys. 13. Nowy korpus łańcuchów napędowych tokarki - widok od strony wewnętrznej. W części dolnej tłumik hałasu - wytłumiony kanał wyciągowy powietrza



## Wyniki badań skuteczności akustycznej zintegrowanej obudowy prototypowej

Po zakończeniu wdrożenia prototypowego rozwiązania obudowy przeprowadzono szczegółowe badania jej skuteczności akustycznej. Miarą skuteczności akustycznej obudowy jest wartość izolacyjności akustycznej  $D_{obud}$  [1, 2], wyrażona różnicą między wartościami średnimi poziomu ciśnienia akustycznego zmierzonego w punktach pomiarowych (P01 - P11) rozmieszczonych na powierzchni pomiarowej podczas pracy maszyny bez obudowy  $L_{pm1}$  i po zastosowaniu obudowy  $L_{pm2}$ . Badania przeprowadzono dla pasm oktawowych i 1/3 oktawowych częstotliwości. Określono również skuteczność obudowy  $D_{Aobud}$ , za pomocą różnicy wartości średniej poziomu dźwięku A,  $L_{AM}$  przed ( $L_{Am1}$ ) i po ( $L_{Am2}$ ) zastosowaniu obudowy. Przykład karty z wynikami badań przedstawiono na rysunku 14.

Weryfikowano uzyskaną skuteczność akustyczną obudowy podczas pracy tokarki „na biegu luzem” dla różnych prędkości obrotowych ruchu głównego (500 obr/min w zakresie obrotów 160-630, 500 obr/min w zakresie 400-2500, 250 obr/min i 100 obr/min) oraz bez obrotów wrzeciona (podczas pracy silnika napędowego oraz przekładni ze sprzęgłami elektromagnetycznymi). Wyniki uzyskanej skuteczności akustycznej obudowy tokarki uniwersalnej zamieszczono w tabelach 1, 2 i 3. Osiągnięto bardzo dobrą skuteczność akustyczną prototypowej obudowy dochodzącą do 15 dB (tab. 2, 3, rys. 14). Jedynie przy 500 obr/min w zakresie obrotów 400-2500, skuteczność obudowy wynosi 8,4 dB. Przy tych obrotach tokarka emituje hałas o najwyższym poziomie. Tabela 4 zawiera wyniki pomiarów hałasu (w polu bliskim w odległości 0,1 m od ścianki osłony) przy osłonie oryginalnej łańcuchów kinematycznych napędowych tokarki (rys. 10 i 11) oraz osłonie w nowym wykonaniu (rys. 12 i 13), która charakteryzuje się większą skutecznością akustyczną.

Tabela 1

SKUTECZNOŚĆ AKUSTYCZNA ZINTEGROWANEJ OBUDOWY DŹWIĘKOCHŁONNO-IZOLACYJNEJ TOKARKI UNIWERSALNEJ („BIEG LUZEM” - 500 OBR/MIN, W ZAKRESIE 400-2500)

Poziom ciśnienia akustycznego $L_{pm}$ , dB									Poziom dźwięku A $L_{Am}$ , dB
f, Hz	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
$L_{pm1}/L_{Am1}$ bez osłony	57,5	64,6	66,5	73,9	76,2	71,0	62,6	46,1	78,5
$L_{pm2}/L_{Am2}$ z obudową	55,6	58,8	56,6	64,0	68,6	62,2	51,5	33,4	70,1
$D_{obud}/D_{Aobud}$ uzyskany efekt	1,9	5,8	9,9	9,9	7,6	8,8	11,1	12,7	8,4

Tabela 2

SKUTECZNOŚĆ AKUSTYCZNA ZINTEGROWANEJ OBUDOWY DŹWIĘKOCHŁONNO-IZOLACYJNEJ TOKARKI UNIWERSALNEJ („BIEG LUZEM” - 250 OBR/MIN)

Poziom ciśnienia akustycznego $L_{pm}$ , dB									Poziom dźwięku A $L_{Am}$ , dB
f, Hz	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
$L_{pm1}/L_{Am1}$ bez osłony	62,0	65,7	66,5	70,1	71,7	70,7	61,2	46,1	75,7
$L_{pm2}/L_{Am2}$ z obudową	60,7	59,9	57,0	58,8	57,8	56,5	46,9	31,5	62,3
$D_{obud}/D_{Aobud}$ uzyskany efekt	1,3	5,8	9,5	11,3	13,9	14,2	14,3	14,6	13,4

Tabela 3

SKUTECZNOŚĆ AKUSTYCZNA ZINTEGROWANEJ OBUDOWY DŹWIĘKOCHŁONNO-IZOLACYJNEJ TOKARKI UNIWERSALNEJ („BIEG LUZEM” - 100 OBR/MIN)

Poziom ciśnienia akustycznego $L_{pm}$ , dB									Poziom dźwięku A
f, Hz	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	$L_{Am}$ , dB
$L_{pml}/L_{Aml}$ bez osłony	57,3	65,0	65,9	69,1	68,7	66,9	58,7	44,2	72,9
$L_{pm2}/L_{Am2}$ z obudową	55,7	59,1	55,8	56,6	53,7	49,4	42,3	29,2	58,3
$D_{obud}/D_{Aobud}$ uzyskany efekt	1,6	5,9	10,1	12,5	15,0	17,5	16,4	15,0	14,6

Tabela 4

ZESTAWIENIE PORÓWNAWCZE ILUSTRUJĄCE EFEKT ZMNIEJSZENIA HAŁASU ŁAŃCUCHÓW KINEMATYCZNYCH NAPĘDOWYCH TOKARKI PRZEZ OSŁONĘ, KTÓREJ ŚCIANKI CHARAKTERYZUJĄ SIĘ ZWIĘKSZONYM POCHŁANIANIEM ENERGII WIBROAKUSTYCZNEJ

Poziom ciśnienia akustycznego $L_p$ , dB									Poziom dźwięku A
f, Hz	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	$L_A$ , dB
$L_{p1}/L_{A1}$ osłona oryginalna	66,4	71,0	74,1	78,7	78,9	75,8	68,5	54,8	82,4
$L_{p2}/L_{A2}$ nowe rozwiązanie osłony	62,0	67,3	63,2	66,0	67,2	59,8	52,4	36,2	69,4
$\Delta L_p/\Delta L_{Ad}$ uzyskany efekt	4,4	3,7	10,9	12,7	11,7	16,0	16,1	18,6	13,0

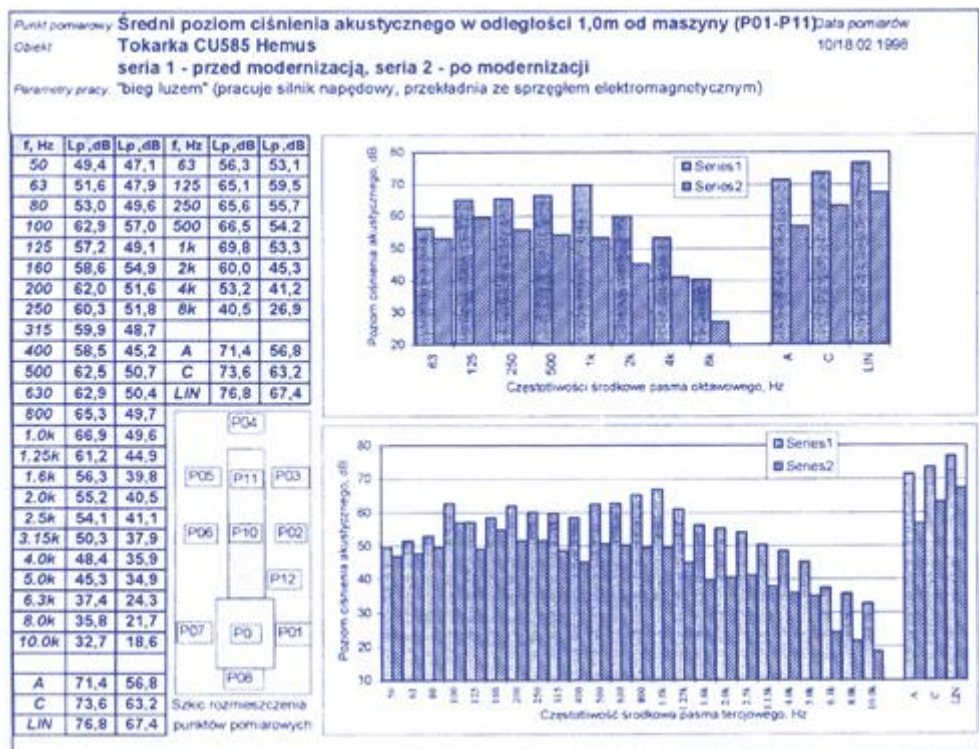
Tabela 5

WPŁYW NARZĘDZIA DO OBRÓBKII SKRAWANIEM NA POZIOM HAŁASU TECHNOLOGICZNEGO NA STANOWISKU PRACY TOKARZA

Poziom ciśnienia akustycznego $L_p$ , dB									Poziom dźwięku A
f, Hz	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	$L_A$ , dB
$L_{p1}/L_A$ rura zamocowana w uchwycie samosterującym - bez toczenia	59,4	61,5	62,0	63,0	65,6	62,0	51,8	34,2	68,5
$L_{p1}/L_{A1}$ toczenie nożem fabrycznie nowym	60,2	62,5	66,6	65,7	94,8	93,6	97,4	85,3	101,3
$L_{p2}/L_{A2}$ toczenie nożem odpowiednio ukształtowanym (zaostrzonym)	59,6	62,5	66,5	65,3	70,1	67,1	63,2	61,4	73,6
$\Delta L_p = L_{p1} - L_{p2}$ $\Delta L_A = L_{A1} - L_{A2}$	0,6	0,0	0,1	0,4	24,7	26,5	34,2	23,9	27,7

W przypadku tokarki z obudową zintegrowaną, nie ma możliwości ograniczenia hałasu technologicznego (podczas obróbki skrawaniem), gdyż nie pracuje ona samoczynnie jak tokarki automatyczne lub półautomatyczne. W związku z tym przeprowadzono dodatkowe badania w celu stwierdzenia, czy istnieje możliwość zmniejszenia hałasu technologicznego bez stosowania biernych środków ochrony przeciwhałasowej. Okazuje się, że hałas technologiczny, w większości przypadków przewyższający hałas mechaniczny tokarki, można zmniejszyć stosując odpowiednio przygotowane narzędzia skrawające.

W tabeli 5 podano przykładowo wyniki badań hałasu technologicznego podczas procesu toczenia wzdłużnego wewnętrznego rury stalowej cienkościenniej ( $g = 5 \text{ mm}$ ) o średnicy 210 mm i długości 160 mm. Obróbkę prowadzono przy 250 obr/min i posuwie 0,1 m. W eksperymencie wykorzystano nóż do otworów fabrycznie nowy oraz nóż odpowiednio zaostrzony przez doświadczonego tokarza. Badania przeprowadzono na tokarce z obudową zintegrowaną.



Rys. 14. Przykład karty z wynikami badań weryfikacyjnych skuteczności akustycznej obudowy zintegrowanej tokarki uniwersalnej. Punkty P01-P11 rozmieszczone na powierzchni pomiarowej, punkt P12 - pomiar na stanowisku pracy operatora tokarki

\* \* \*

Na podstawie badań weryfikacyjnych opracowanego i wdrożonego projektu prototypowej zintegrowanej obudowy dźwiękochłonno-izolacyjnej tokarki uniwersalnej sformułowano następujące wnioski:

**Opracowane rozwiązania materiałowo-konstrukcyjne dwuściennych (podwójnych) przegród warstwowych z wypełnieniem materiałami ziarnistymi charakteryzują się dobrymi właściwościami dźwiękoizolacyjnymi i mogą mieć zastosowanie w projektowaniu elementów obudów zintegrowanych.**

**Uzyskano zmniejszenie hałasu mechanicznego tokarki uniwersalnej, zaliczanej do maszyn wymagających bezpośredniej i ciągłej obsługi, co wyklucza zastosowanie innego typu obudowy niż zintegrowana.**

**Istnieje możliwość w szerszym niż dotychczas zakresie stosowania obudów zintegrowanych hałaśliwych maszyn i urządzeń, zwłaszcza obudów tych maszyn, które wymagają ciągłej bezpośredniej obsługi.**

Rozwiązania konstrukcyjne elementów obudów zintegrowanych mogą znaleźć zastosowanie w projektowaniu nowych maszyn, charakteryzujących się obniżoną, w stosunku do obowiązujących norm, aktywnością akustyczną.

Uzyskane wyniki badań będą stanowić podstawę opracowania wstępnych założeń do projektu zmodernizowanego, z punktu wymagań akustyki, korpusu wybranej maszyny (np. automatów lub półautomatów tokarskich) charakteryzującego się zwiększonym pochłanianiem energii wibroakustycznej.

\*) Artykuł powstał w ramach upowszechniania wyników projektu badawczego KBN

## PIŚMIENNICTWO

- [1] Engel Z., Sikora J.: *Obudowy dźwiękochłonna-izolacyjne*. Wyd. AGH, Kraków 1989
- [2] Engel Z., Sikora J.: *Obudowy dźwiękochłonna-izolacyjne. Podstawy projektowania i stosowania*. >Wyd. AGH (w druku)
- [3] Engel Z., Sikora J.: *Środki dźwiękochłonna-izolacyjne w zwalczaniu hałasów przemysłowych*. Bezpieczeństwo Pracy nr 9, wrzesień 1995, str. 18-23
- [4] Engel Z., Sikora J.: *Obudowy dźwiękochłonna-izolacyjne maszyn i urządzeń*. Bezpieczeństwo Pracy nr 2, luty 1997, str. 2-6
- [5] Majchrowski Z.: *Ograniczenie hałasu w przemyśle i energetyce, wdrożenia*. Bezpieczeństwo Pracy nr 11, listopad 1997, str. 24-27
- [6] Sikora J.: *Zintegrowane obudowy dźwiękochłonna-izolacyjne w ograniczaniu nadmiernej hałaśliwości maszyn i urządzeń*. Wyd. AGH, Mechanika, t. 16, z. 2, Kraków 1997, str. 247-256
- [7] Sikora J., Piechowicz J.: *Prototypowe rozwiązanie zintegrowanej obudowy dźwiękochłonna-izolacyjnej dla tokarki uniwersalnej*. Materiały XI Międzynarodowej Konferencji Zwalczania Hałasu NOISE CONTROL'98, Krynica 2-4 czerwca 1998, str. 453-158
- [8] Sikora J., Wszolek T.: *Badania przegród przeznaczonych do konstruowania elementów zintegrowanych obudów dźwiękochłonna-izolacyjnych*. Materiały XI Międzynarodowej Konferencji Zwalczania Hałasu NOISE CONTROL'98, Krynica 2-4 czerwca 1998, str. 465-70
- [9] Praca zbiorowa pod kier. J. Sikory: *Zintegrowane obudowy dźwiękochłonna-izolacyjne oraz korpusy maszyn o zwiększonym pochłanianiu energii wibroakustycznej*. Projekt badawczy KBN Nr 7T07B01010, Katedra Mechaniki i Wibroakustyki AGH, Kraków 1996 (etap I), 1997 (etap II)