

ZMNIEJSZENIE HAŁASU POD WPŁYWEM TŁUMIENIA W POLU MAGNETYCZNYM DRGAŃ WIRUJĄCEJ PIŁY TARCZOWEJ¹

Antoni Strzelecki

Katedra Fizyki SGGW

Synopsis. The paper gives results of studies on the reduction of noise caused by rotating circular saw due to damping of mechanical vibration in a magnetic field. The decrease in noise obtained for all examined cases was enclosed within limits of 0 - 15 decibels. Maximum effects of damping were obtained for the cases in which vibration with high frequency occurred in rotational motion of saw.

WSTĘP

Zwalczanie hałasu, jako czynnika wywierającego szkodliwy wpływ na zdrowie człowieka, wydajność pracy, jakość produkcji, a także przyczyniającego się do wzrostu liczby wypadków przy pracy, ma duże znaczenie w przemyśle drzewnym. Nie jest to zagadnienie nowe, gdyż zwalczaniem hałasu pochodzącego od pił tarczowych, przekraczającego dopuszczalne normy, zajmowali się Pahlitzsch i Meins [2, 3, 4], Ablamowicz - Ledwoń [1] i inni. Jednakże proponowane dotychczas przez naukowców rozwiązania techniczne nie zapewniają wy tłumienia hałasu od pił tarczowych w takim stopniu, aby zawierał się on w granicach obowiązujących norm. Dlatego opracowuje się nadal różne metody, które dają wyniki częściowe. Lepsze rezultaty może dać kompleksowe zastosowanie tych metod.

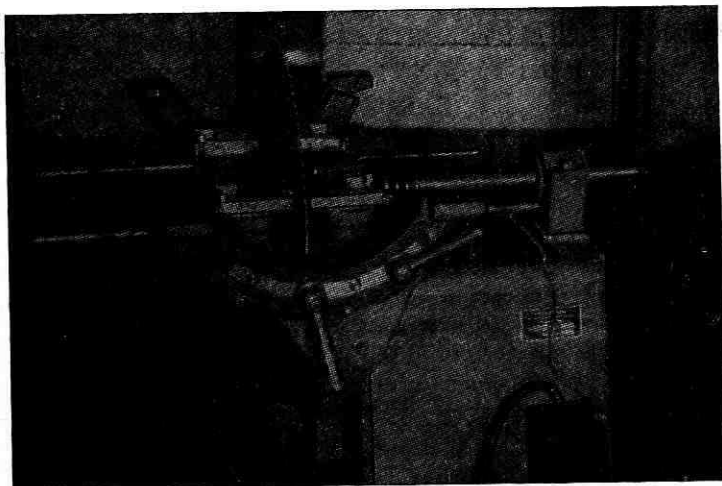
I. METODYKA BADAŃ

1. CHARAKTERYSTYKA ELEKTROMAGNESÓW

Metodyka badań stosowana przy tłumieniu drgań mechanicznych piły została dokładnie opisana w pracy [5]. Należy tylko przypomnieć, że do tłumienia drgań stosowano elektromagnesy zasilane prądem wyprostowanym

¹ Publikacja niniejsza oparta jest na materiałach z pracy doktorskiej, której promotorem był prof. dr Tadeusz Orlicz. Jest ona kontynuacją i uzupełnieniem pracy opublikowanej w „Folia Forestalia Polonica” 1970; seria B, zeszyt 9 pt. „Tłumienie w polu magnetycznym drgań wirującej piły tarczowej”.

i wygładzonym, ustawione parami symetrycznie względem płaszczyzny piły, możliwie najbliżej jej obwodu, tak jak przedstawia to rys. 1. Elektromagnesy o identycznych parametrach ustawione były biegunami jednoramiennymi naprzeciw siebie. Indukcja magnetyczna w szczelinie biegun-piła zależy od wzajemnej odległości bieguna i piły. W wyniku poprzecznych drgań piły



Rys. 1. Zamocowanie elektromagnesów

odległość ta ulega zmianie, w piłę wzbudzają się prądy indukcyjne, a ich pole współdziałając z polem magnetycznym elektromagnesów tłumi z kolei drgania poprzeczne piły. W ruchu wirowym oddziaływanie to przenosi się na coraz to nowe obszary piły.

Tłumienie drgań mechanicznych piły powoduje obniżenie jej hałasu.

2. CHARAKTERYSTYKA PIŁ

Ogólna charakterystyka pił i stosowanego napędu podane zostały w pracy [5]. Szczegółowa charakterystyka badanych pił przedstawiona jest w tab. 1. Wszystkie uzyskane wyniki, przy których nie podaje się wielkości kołnierzy dociskowych, odnoszą się do kołnierzy średnicy 160 mm.

3. CHARAKTERYSTYKA POMIESZCZENIA I METODYKA POMIARÓW AKUSTYCZNYCH

Badania akustyczne przeprowadzono w pomieszczeniu zamkniętym o wymiarach $7,1 \times 11 \times 2,5$ m. W celu zmniejszenia pogłosu ściany i sufit wyłożono miękkimi płytami perforowanymi. Płyty te mają duży współczynnik pochłaniania dla wysokich częstotliwości (w zakresie 800 — 4000 Hz wynosi on 0,6 — 0,8). Zastosowanie tych płyt było celowe, gdyż analiza hałasu pił tarczowych wykazuje, że o poziomie hałasu pił decydują właśnie wysokie

Tabela 1

Szczegółowa charakterystyka badanych pił (wszystkie piły miały typ uzębienia A, kształt zębów trójkątny, rozwarście zębów 0,4 mm)

Nr piły	Średnica mm	Grubość mm	Liczba zębów
1	496	3,55	48
2	497	3,06	48
3	495	2,56	48
4	489	2,07	48
5	449	2,57	48
6	447	2,55	48
7	398	3,55	48
8	395	2,96	48
9	401	2,46	0
10	391	2,53	36
11	396	2,50	48
12	399	2,46	60
13	389	1,94	48
14	340	2,42	48
15	314	2,56	48

częstotliwości. Całkowitą zdolność pochłaniania dźwięku² przez pomieszczenie, w którym przeprowadzono badania, można oszacować jako nie mniejszą niż 70 m² dla częstotliwości 2000 Hz.

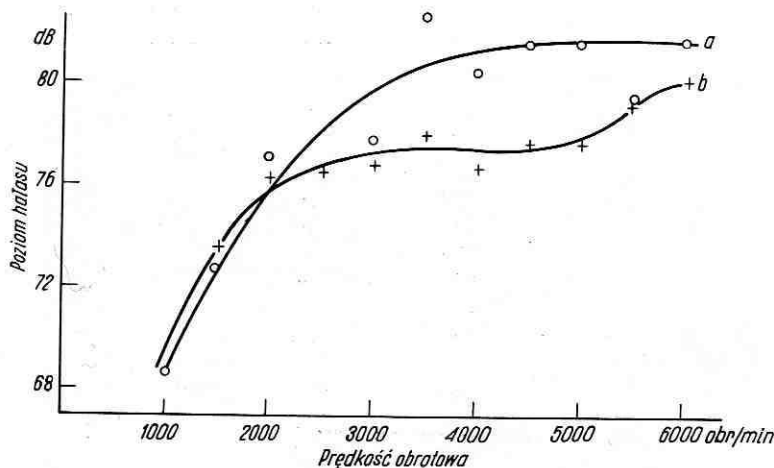
Ponieważ do napędu stosowano silnik prądu stałego pracujący w układzie Leonarda, to w celu zmniejszenia hałasu wywołanego przez układ umieszczono go (z wyjątkiem silnika prądu stałego) w sąsiednim pomieszczeniu, sam zaś silnik prądu stałego wraz z urządzeniami przenoszącymi napęd został odizolowany akustycznie od otoczenia za pomocą osłony z płyt pilśniowych miękkich wyłożonych od strony wewnętrznej watą. Rys. 2 podaje różnicę poziomu hałasu układu napędzającego i wrzeciona (bez piły) przed zastosowaniem izolacji akustycznej i po odizolowaniu akustycznym silnika i napędu, w zależności od prędkości obrotowej.

Jak wynika z rys. 2, obniżenie hałasu występuje począwszy od 2000 obr/min wzwyż i zawiera się dla różnych obrotów w granicach 3 — 4 dB.

Do pomiarów hałasu stosowano miernik poziomu dźwięku typu MPG-6 produkcji Politechniki Warszawskiej. Do miernika stosowano mikrofon dynamiczny typ MD 3 o charakterystyce wyrównanej w zakresie 30 — 10 000 Hz z dokładnością do ± 3 dB. Mikrofon w tym zakresie częstotliwości jest

² Całkowitą zdolność pochłaniania dźwięku A przez pomieszczenie oblicza się w m² ze wzoru $A = \sum l_k S_k + \sum l_n S_n$, gdzie $\sum l_k S_k$ — zdolność pochłaniania dźwięku powierzchni ograniczających pomieszczenie, l_k — współczynnik pochłaniania danej powierzchni S_k , $\sum l_n S_n$ — zdolność pochłaniania dźwięku przez poszczególne obiekty znajdujące się w pomieszczeniu (jak ławki, stoły, zasłony itd.).

praktycznie bezkierunkowy. Pomiary wykonywano przy ustawieniu mikrofonu w pozycji poziomej, w punkcie leżącym w płaszczyźnie pionowej przechodzącej przez oś wrzeciona w odległości 1 m od płaszczyzny piły i 1,5 m od płaszczyzny podłogi.



Rys. 2. Zależność poziomu hałasu układu (silnik, wrzeciono, urządzenia przenoszące napęd) od prędkości obrotowej: *a* — bez izolacji akustycznej, *b* — po zastosowaniu izolacji akustycznej

Ze względu na wartości mierzonych poziomów dźwięku wszystkie pomiary przeprowadzono przy zastosowaniu charakterystyki C. W związku z tym przytoczone w pracy wyniki pomiarów wyrażone są w decybelach (C). Są one średnią arytmetyczną z 10 odczytów (5 dla maksymalnych wychyleń wskaźniczki miernika i 5 dla minimalnych). Dokładność pomiaru poziomu dźwięku można ocenić na ± 3 dB.

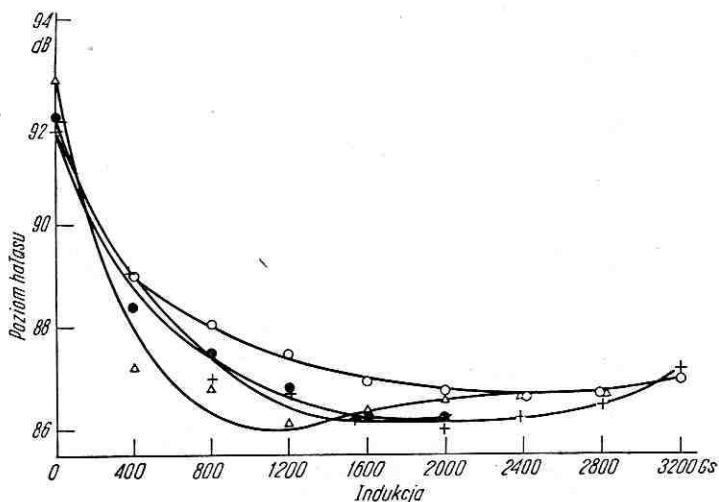
Analizę widmową hałasu przeprowadzono przy użyciu opisanego miernika poziomu dźwięku i selektywnego woltomierza lampowego. Do cechowania tego układu użyto generatora drgań i głośnika.

II. WYNIKI BADAŃ

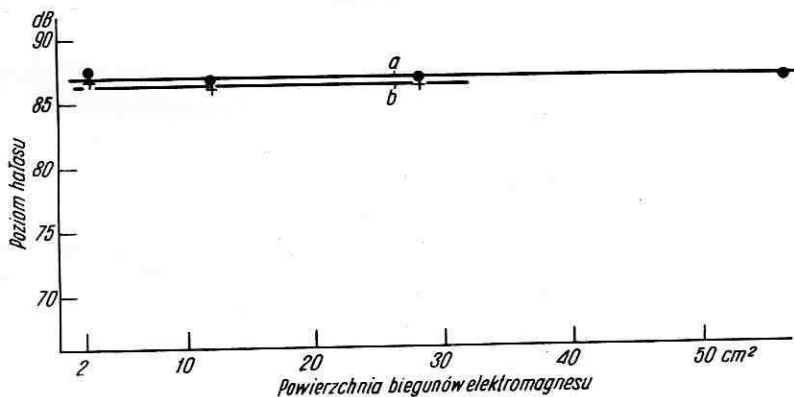
1. BADANIA PRZY BIEGU LUZEM

a. Wpływ wielkości indukcji magnetycznej na zmniejszenie hałasu piły pod wpływem tłumienia jej drgań w polu magnetycznym. Wyniki badań dla pił różniących się tylko grubością przedstawiono na rys. 3 — 7.

Rysunek 3 przedstawia zmniejszenie hałasu przy zastosowaniu tłumienia magnetycznego dla różnych elektromagnesów opisanych w poprzedniej pracy autora [5]. Elektromagnesy te różniły się wielkością powierzchni bie-



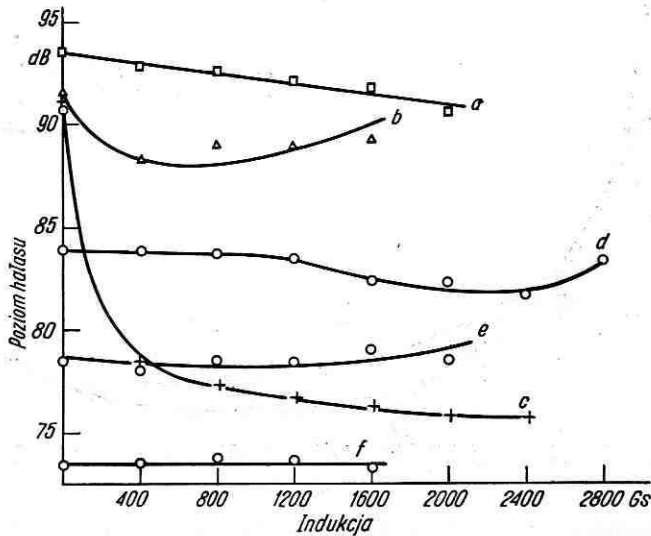
Rys. 3. Zmniejszenie poziomu hałasu piły (nr 1, 2500 obr/min) w zależności od wielkości indukcji przy różnych elektromagnesach



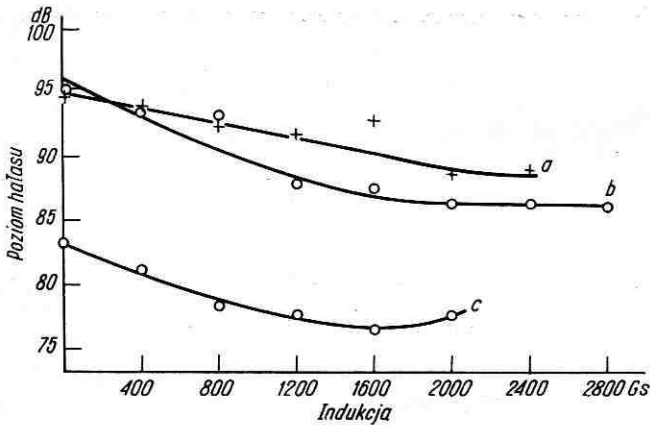
Rys. 4. Zależność poziomu hałasu piły (nr 1, 2500 obr/min) od powierzchni biegunów elektromagnesu: *a* — tłumienie magnetyczne o indukcji 1200 Gs, *b* — tłumienie magnetyczne o indukcji 1600 Gs

gunów i ich liczbą. Jak wynika z rys. 3 i 4, tłumienie hałasu nie zależy w sposób istotny od rodzaju elektromagnesu i wielkości powierzchni jego biegunów, zależy natomiast od wielkości indukcji magnetycznej. Maksymalne zmniejszenie poziomu dźwięku dla tego przypadku wynosiło około 6 dB.

Rysunki 5 — 7 przedstawiają zmniejszenie poziomu hałasu dla różnych pił i różnych prędkości obrotowych. Z rysunków wynika, że wielkość tłumienia hałasu jednej piły jest różna dla różnych jej prędkości obrotowych. Jeżeli przy danych prędkościach obrotowych nie wzbudzają się drgania o wysokiej częstotliwości, to tłumienie jest minimalne. W razie wzbudzania przy danych

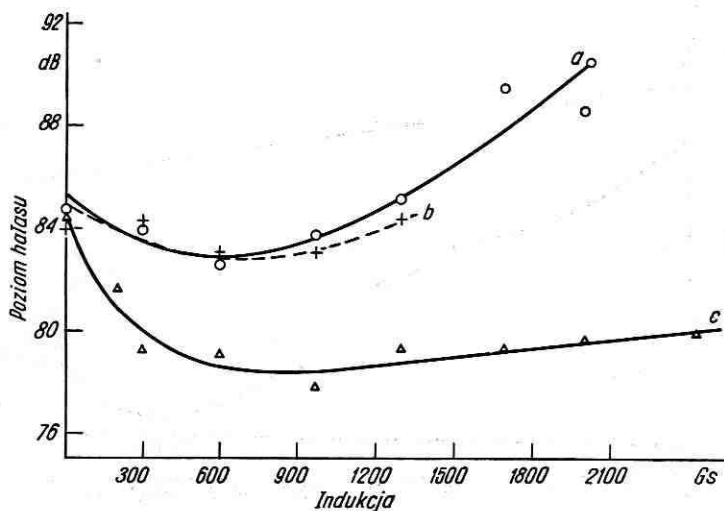


Rys. 5. Zmniejszenie poziomu hałasu piły nr 2 w zależności od wielkości indukcji: a — 3500 obr/min, b — 3200 obr/min, c — 2500 obr/min, d — 2000 obr/min, e — 1500 obr/min, f — 1000 obr/min



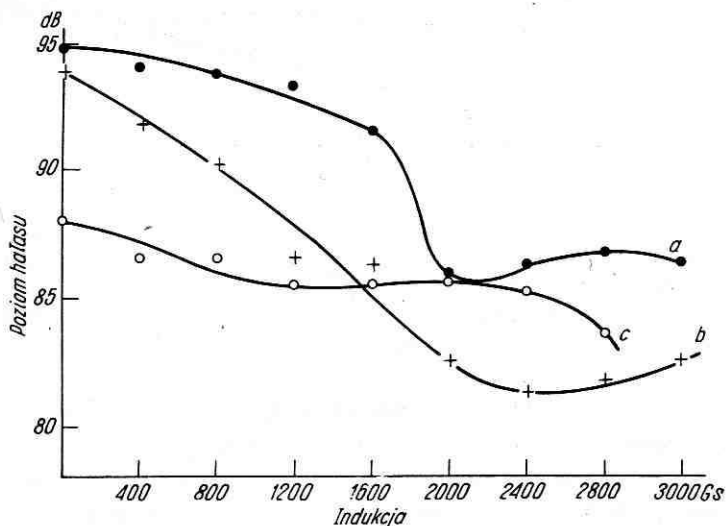
Rys. 6. Zmniejszenie poziomu hałasu piły nr 3 w zależności od wielkości indukcji: a — 3500 obr/min, b — 2500 obr/min, c — 1700 obr/min

prędkościach obrotowych drgań o wysokiej częstotliwości (występuje wtedy silny gwizd) tłumienie jest duże. Największe tłumienie hałasu wystąpiło przy 2500 obr/min i indukcji $B=2400$ Gs. Wynosiło ono około 15 dB. Z rysunków wynika, że dla każdej piły i dla każdej prędkości obrotowych istnieje pewna wartość indukcji, przy której tłumienie ma wartość maksymalną; po przekroczeniu tej wartości w jedną lub drugą stronę tłumienie maleje. Wartości tych indukcji skutecznych należy dobrać doświadczalnie.

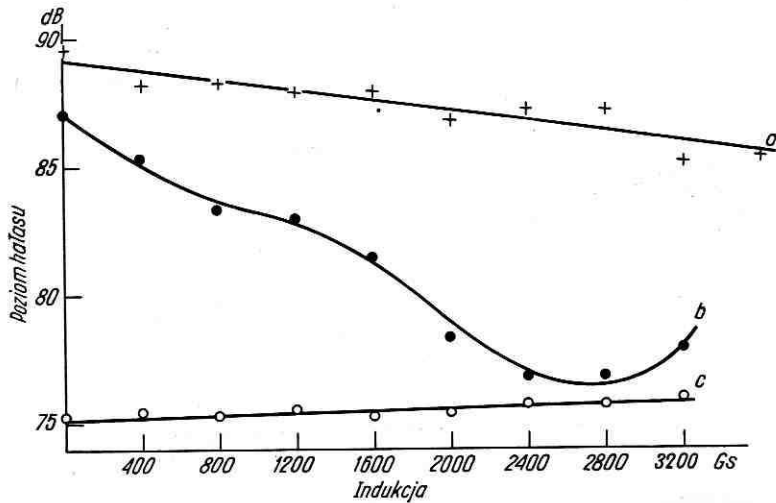


Rys. 7. Zmniejszenie poziomu hałasu piły nr 4 w zależności od wielkości indukcji: *a* i *b* – 2500 obr/min, *c* – 1700 obr/min

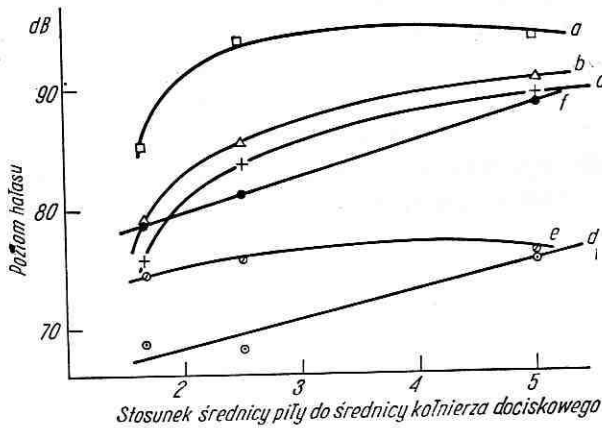
b. Wpływ wielkości kołnierzy dociskowych na zmniejszenie hałasu. Zagadnienie zostało przedstawione na rys. 8 – 10. Największe tłumienie hałasu miało miejsce w zakresie indukcji 2400 – 2800 Gs i wynosiło odpowiednio: dla kołnierzy dociskowych 80 mm – 13 dB, dla kołnierzy 160 mm – 11 dB. Przy kołnierzach dociskowych 240 mm (rys. 9, krzywa *c*) wystąpiło nieznaczne podwyższenie poziomu hałasu, gdyż przy tych kołnierzach i przy piłę o średnicy 396 mm nie mogły być wzbudzone drgania o wysokiej częstotliwości, które są tłumione przez pole magnetyczne.



Rys. 8. Zmniejszenie poziomu hałasu piły w zależności od wielkości indukcji przy zastosowaniu kołnierzy dociskowych średnicy 80 mm: *a* – 3600 obr/min i *b* – 2700 obr/min dotyczą piły nr 8, *c* – 2100 obr/min dotyczy piły nr 2



Rys. 9. Zmniejszenie poziomu hałasu piły (nr 11, 2150 obr/min) w zależności od wielkości indukcji: a – kołnierze dociskowe średnicy 80 mm, b – kołnierze dociskowe średnicy 160 mm, c – kołnierze dociskowe średnicy 2400 mm



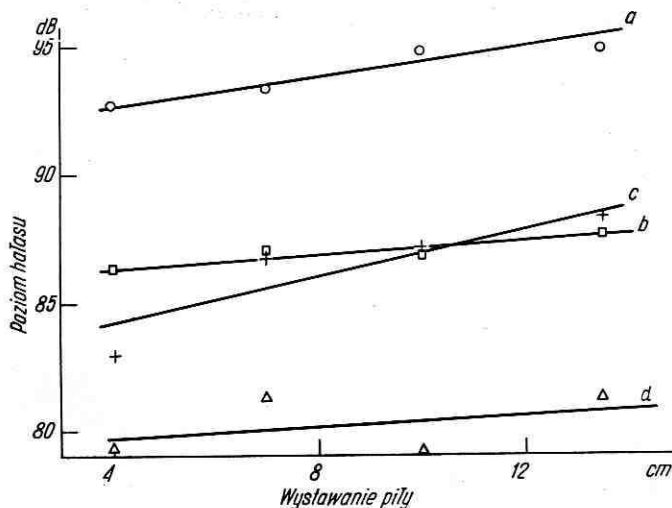
Rys. 10. Zależność poziomu hałasu piły nr 11 od stosunku średnicy piły do średnicy kołnierza dociskowych: a – bez tłumienia, 4000 obr/min, b – bez tłumienia, 3000 obr/min, f – z tłumieniem magnetycznym $B=2000$ Gs, 3000 obr/min, c – bez tłumienia, 2000 obr/min, e – z tłumieniem magnetycznym, $B=2000$ Gs, 2000 obr/min, d – bez tłumienia 1000 obr/min

Poziom hałas maleje ze wzrostem średnicy kołnierzy dociskowych (rys. 10), przy czym wpływ ten jest silniejszy w zakresie dużych średnic niż małych średnic kołnierzy. Z badań Pahlitzscha i Meinsa [2, 3] wynika, że najlepsze efekty tłumienia uzyskuje się przy stosunku średnicy kołnierzy dociskowych do średnicy piły wynoszącym $2/3$. Z rys 10 wynika, że poziom hałasu (bez stosowania tłumienia magnetycznego) przy zmianie średnicy kołnierzy dociskowych z 80 na 240 mm zmniejszył się dla omawianej piły odpowiednio:

przy 4000 obr/min o 10 dB, 3000 obr/min o 12 dB, 2000 obr/min o 14 dB i 1000 obr/min o 7 dB.

Podane różnice w zmniejszeniu hałasu przy różnych prędkościach obrotowych tej samej piły wynikają z tego, że zależnie od liczby obrotów wzbudzają się drgania o różnych częstotliwościach i różnych amplitudach.

c. *Wpływ wielkości wystawiania piły ponad powierzchnię stołu na poziom hałasu.* Ze wzrostem wielkości wystawiania piły nad powierzchnię stołu hałas się zwiększa (rys. 11). Wzrost wystawiania piły od 40 do 135 mm spowodował

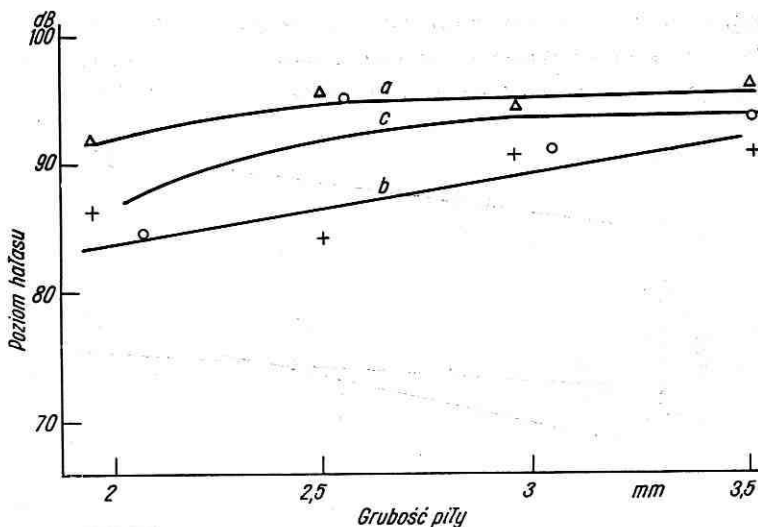


Rys. 11. Zależność poziomu hałasu piły nr 3 od wielkości jej wystawiania nad powierzchnię stołu: *a* — bez tłumienia, 2500 obr/min, *b* — z tłumieniem magnetycznym, $B=2000$ Gs, 2500 obr/min, *c* — bez tłumienia 1700 obr/min, *d* — z tłumieniem magnetycznym $B=2000$ Gs, 1700 obr/min

zwiększenie hałasu odpowiednio przy 2500 obr/min o 2 dB, a przy 1700 obr/min o 4 dB. Zależności przedstawione na rys. 11 można wytłumaczyć w następujący sposób. Głównym źródłem hałasu przy biegu luzem jest wirująca tarcza piły, w której powstają drgania poprzeczne (prostopadłe do płaszczyzny piły). Drgania te przenoszą się na sąsiadujące z piłą warstwy powietrza, a te z kolei przekazują drgania następnym warstwom itd. W powietrzu rozchodzi się fala (zaburzenie) na boki, a nie w kierunku wyznaczonym przez płaszczyznę tarczy. Jeżeli piła ma większą powierzchnię części wystającej, to oczywiście zwiększa się automatycznie czynna powierzchnia emitująca dźwięk na zewnątrz, a więc hałas wzrasta (część tarczy znajdująca się pod powierzchnią stołu nie jest brana pod uwagę, gdyż znajduje się w osłonie).

Wszystkie badania przeprowadzono przy stole zamocowanym na obrabiarce i przy 35-milimetrowym, stałym dla wszystkich średnic pił wystawianiu piły ponad płaszczyznę stołu. Jedynie w badaniach przedstawionych na rys. 11 zmieniano wystawianie piły ponad płaszczyznę stołu.

d. *Wpływ grubości piły na poziom hałasu.* Ze wzrostem grubości piły hałas nieznacznie wzrasta (rys. 12). Występujące różnice (krzywa c) są zapewne spowodowane tym, że stosowane do tego celu piły (o numerach od 1 — 4) różniły się nie tylko grubością, ale również średnicą (maksymalna różnica średnic wynosiła 8 mm) oraz stopniem płaskości.

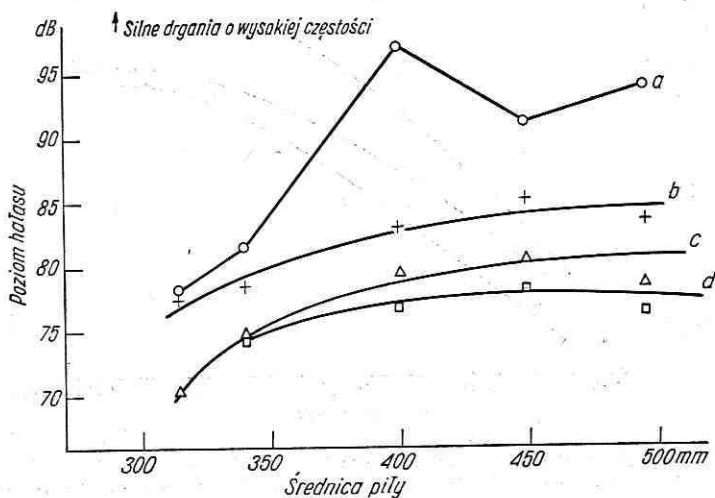


Rys. 12. Zależność poziomu hałasu od grubości piły: a — bez tłumienia, 3300 obr/min dla pił o średnicach 4000 mm (piły o nr 7, 8, 11, 13), b — z tłumieniem magnetycznym, $B=2000$ Gs, 3300 obr/min, dla pił o średnicach 400 mm (piły o nr 7, 8, 11, 13), c — bez tłumienia 2500 obr/min, dla pił o średnicy 500 mm (piły o nr 1, 2, 3, 4)

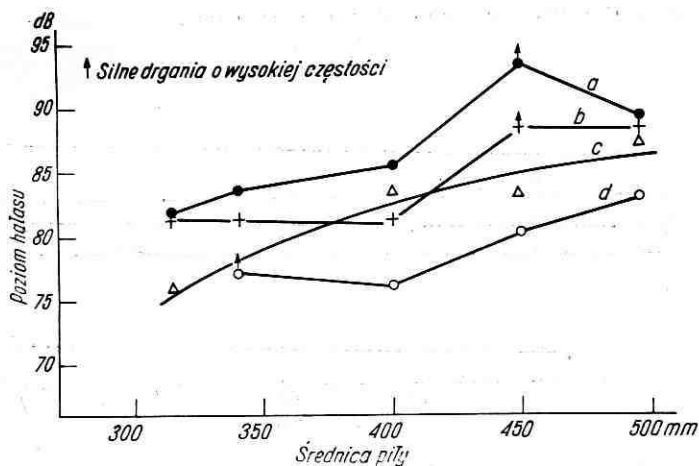
Badania przeprowadzone przez Pahlitzscha i Meinsa [3] na krążkach o identycznych średnicach, różniących się tylko grubością, pozwoliły ustalić, że zwiększenie hałasu nie jest spowodowane większą grubością tarczy, lecz tylko większą szerokością zębów (większe zawirowania powietrza przy grubszych zębach).

e. *Wpływ średnicy piły i prędkości obrotowej na poziom hałasu.* Rysunki 13 i 14 wykazują, że poziom hałasu i wielkość jego tłumienia rosną wraz ze zwiększeniem się średnicy piły. Jednakże w wypadku tych pił, dla których przy danych prędkościach obrotowych wzbudzają się silne drgania o wysokich częstotliwościach (rys. 13 i 14 krzywa a), może wystąpić odstępstwo od zasady regularnego wzrostu poziomu hałasu ze wzrostem średnicy piły. Tłumienie hałasu pił o małych średnicach jest nieznaczne. Jest to zupełnie zrozumiałe, gdyż do wszystkich pił stosowano jednakowe kołnierze dociskowe średnicy 160 mm tak, że w piłach o małych średnicach drgania poprzeczne nie mogły się wzbudzić.

Zwiększenie hałasu piły wraz ze wzrostem jej średnicy przy tej samej

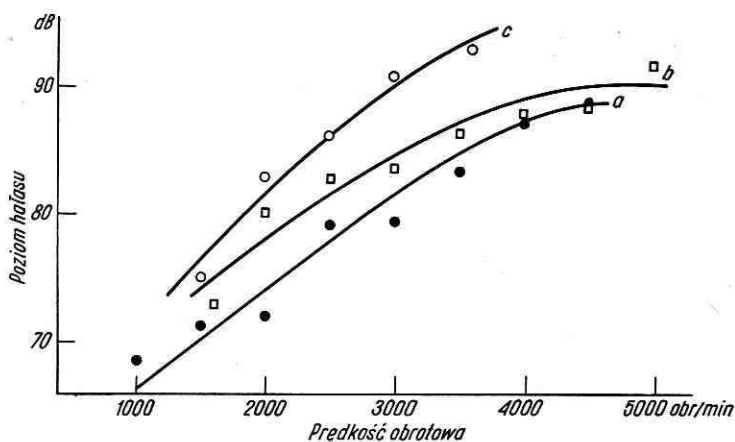


Rys. 13. Zależność poziomu hałasu od średnicy piły (nr 15, 14, 11, 5, 3): *a* — bez tłumienia, 2500 obr/min, *b* — z tłumieniem magnetycznym, $B=2000$ Gs, 2500 obr/min, *c* — bez tłumienia, 1500 obr/min, *d* — z tłumieniem magnetycznym, $B=2000$ Gs, — 1500 obr/min



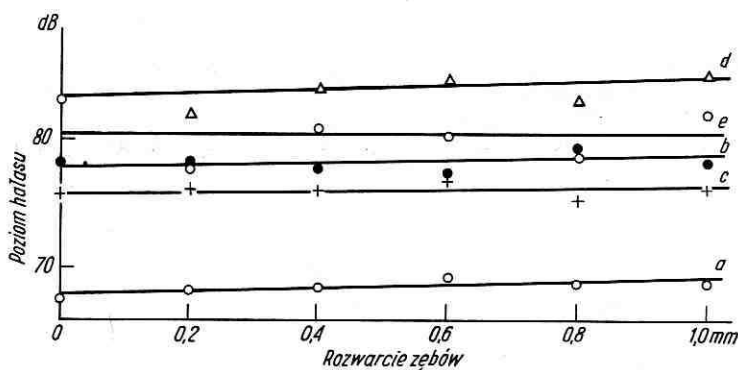
Rys. 14. Zależność poziomu hałasu od średnicy piły (nr 15, 14, 11, 5, 3): *a* — bez tłumienia, 3000 obr/min, *b* — z tłumieniem magnetycznym, $B=2000$ Gs, 3000 obr/min, *c* — bez tłumienia, 2000 obr/min, *d* — z tłumieniem magnetycznym, $B=2000$ Gs, 2000 obr/min

prędkości kątowej spowodowane jest przede wszystkim zwiększeniem się prędkości obwodowej jej uzębienia. Jest to więc wspólny wpływ średnicy i prędkości obwodowej. Zwiększenie się hałasu wraz ze wzrostem liczby obrotów (rys. 15), jak też wraz ze wzrostem średnicy piły ma wspólną przyczynę w podwyższeniu prędkości obwodowej uzębionej tarczy, co powoduje zwiększenie zawirowań powietrza.



Rys. 15. Zależność poziomu hałasu piły od prędkości obrotowej: *a* — bez tłumienia dla piły nr 9, *b* — bez tłumienia dla piły nr 10, *c* — bez tłumienia dla piły nr 12

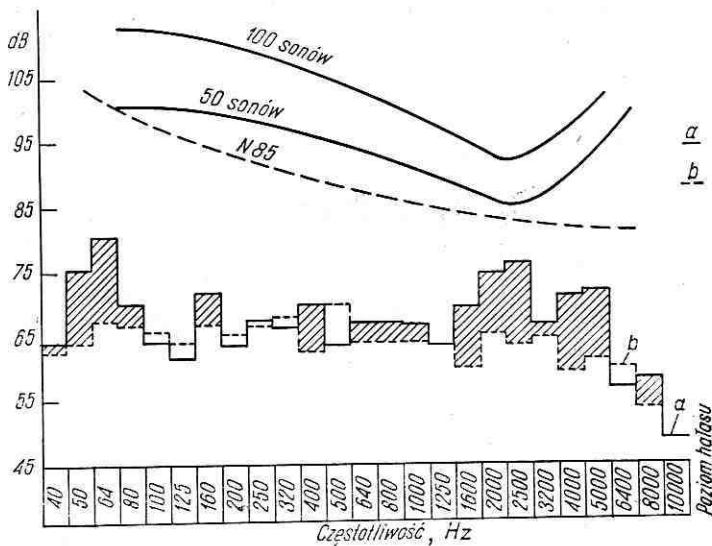
f. Wpływ rozwarcia zębów piły na poziom hałasu. Badania przeprowadzono na jednej pile, której zęby kolejno rozwierano na jedną stronę od 0 do 1,0 mm. Hałas wraz ze zwiększeniem rozwarcia minimalnie wzrasta (rys. 16), nie przekraczając 1 dB przy maksymalnym rozwarciu.



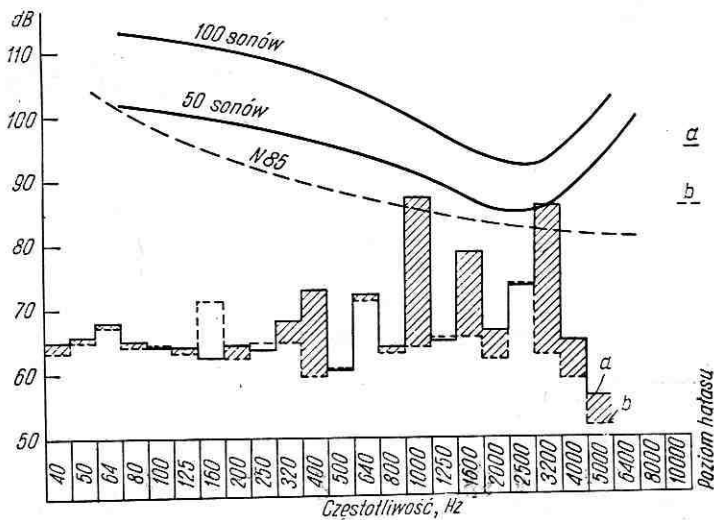
Rys. 16. Zależność poziomu hałasu piły nr 6 od wielkości rozwarcia zębów: *a* — 1000 obr/min, *b* — 1500 obr/min i *d* — 2000 obr/min bez tłumienia, *c* — 1500 obr/min i *e* — 2000 obr/min z tłumieniem magnetycznym, $B=2000$ Gs

g. Wpływ liczby zębów piły na poziom hałasu. Na rys. 15 podano wykresy zależności poziomu hałasu od prędkości obrotowej dla trzech pił różniących się tylko liczbą zębów (liczby zębów tych pił wynosiły: 0 — krzywa *a*, 36 — krzywa *b*, 60 — krzywa *c*). W całym badanym zakresie obrotów piły o większej liczbie zębów wywołują hałas większy niż piły o mniejszej liczbie zębów. Wzrost hałasu jest tu związany ze wzrostem zawiorowań powietrza przecinanego uzębioną strefą tarczy.

h. Analiza hałasu pił w świetle stosowanych kryteriów oceny jego szkodliwości³. Analizę uwidoczniają rys. 17 - 19. We wszystkich przypadkach przedstawionych na wykresach poziom hałasu przekracza 90 dB (C), co jest



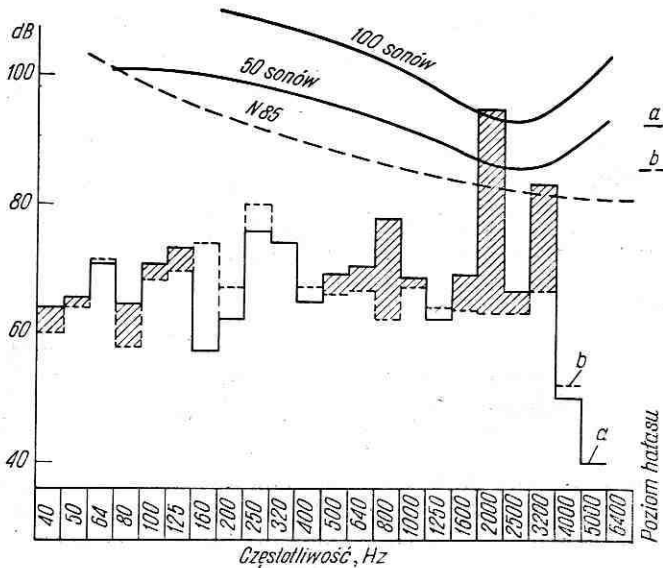
Rys. 17. Analiza hałasu pił (nr 3, 3500 obr/min): *a* – nie tłumionej, *b* – tłumionej magnetycznie, $B=1600$ Gs. Wykresy przedstawiają szczytowe wartości składowych widma. Obszary zakreskowane oznaczają tłumienie hałasu w poszczególnych pasmach 1/3-oktawowych



Rys. 18. Analiza hałasu pił tarczowej (nr 3, 2500 obr/min): *a* – nie tłumionej, *b* – tłumionej magnetycznie, $B=2000$ Gs. Wykres przedstawia szczytowe wartości składowych widma. Obszary zakreskowane oznaczają tłumienie hałasu w poszczególnych pasmach 1/3-oktawowych

³ Obecnie w Polsce opracowywane są nowe kryteria szkodliwości hałasu.

wartością graniczną dopuszczalną rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 21 sierpnia 1959 r. w pomieszczeniach pracy. Należy podkreślić, że hałas większości przebadanych pił przekraczający w zakresie stosowanych prędkości obrotowych wymienioną normę po zastosowaniu tłumienia magnetycznego zmniejszył się do wartości poniżej 90 dB(C).



Rys. 19. Analiza hałasu piły (nr 11, 2500 obr/min): a — nie tłumionej, b — tłumionej magnetycznie, B=2000 Gs. Na wykresie podano szczytowe wartości składowych widma. Obszary zakreskowane oznaczają tłumienie hałasu w poszczególnych pasmach 1/3-oktawowych.

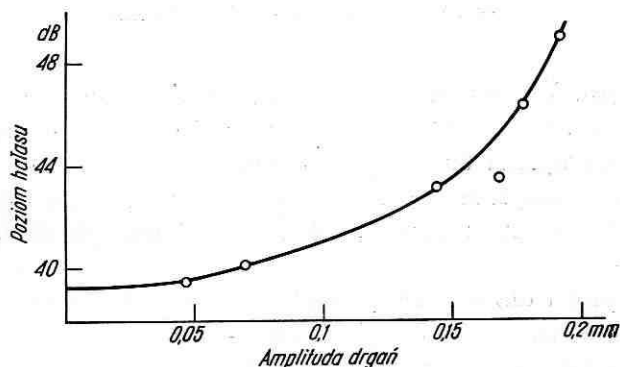
Ponieważ reagowanie ucha na bodźce akustyczne nie jest jednakowe dla całego zakresu słyszalnych częstotliwości, dlatego opracowano wiele kryteriów szkodliwości hałasu podających dopuszczalne jego wartości dla różnych zakresów częstotliwości. Należy tu np. kryterium sonowe, według którego hałas o głośności większej niż 100 sonów jest bezwzględnie szkodliwy, gdyż powoduje trwałe ubytki słuchu, natomiast hałas o głośności mniejszej niż 50 sonów jest uważany za nieszkodliwy. Tylko w jednym przypadku (rys. 17) hałas nie przekracza kryterium sonowego. Stosowana jest również norma ISO wprowadzająca układ krzywych określających dopuszczalny poziom hałasu dla różnych częstotliwości i dla różnych czasów przebywania w hałasie. Według tej normy długotrwałe (powyżej 5 godzin dziennie) przebywanie w hałasie przekraczającym wartości krzywej N85 (rys. 17 - 19) jest niedopuszczalne i szkodliwe.

Jak wynika z przedstawionej na rysunkach analizy hałasu, najbardziej tłumione przez pole magnetyczne są drgania o wysokich częstotliwościach, tzn. te składowe, które decydują o poziomie hałasu piły tarczowej i które

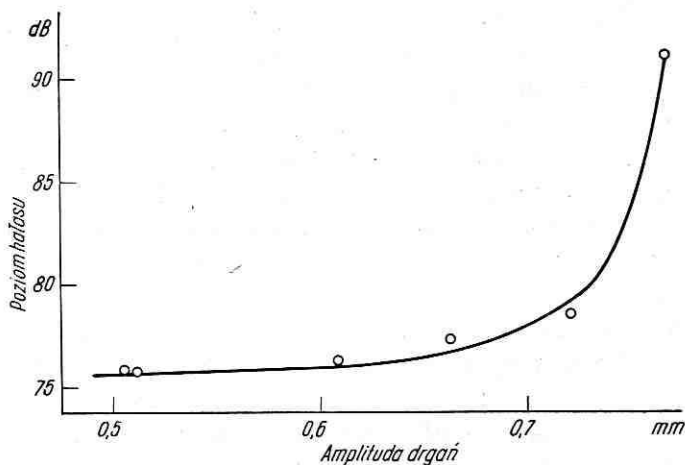
są najbardziej szkodliwe dla ucha ludzkiego. Jest to ogromna zaleta tłumienia drgań za pomocą pola magnetycznego.

i. Wpływ amplitudy drgań piły na poziom hałasu. Zależność poziomu hałasu piły tarczowej od jej amplitudy drgań dla dwu różnych pił i różnych prędkości obrotowych przedstawiono na rys. 20 - 22. Wszystkie wykresy dotyczą biegu luzem i tych przypadków, kiedy podczas ruchu wirowego piły wzbudzały się silne drgania o wysokiej częstotliwości. Dla tych przypadków w których drgania takie występowały w mniejszym stopniu (np. przy cięciu), nie można było wykreślić podobnych zależności ze względu na małe zakresy zmian amplitudy drgań i poziomu hałasu.

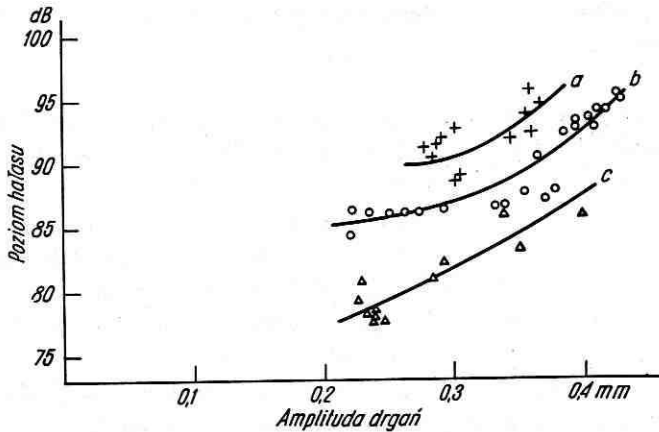
Z rysunków wynika, że dla danej piły (przy stałych prędkościach obrotowych i stałej średnicy kołnierzy dociskowych) poziom hałasu jest funkcją



Rys. 20. Zależność poziomu hałasu piły (nr 3, piła w spoczynku) od amplitudy drgań. Piłę pobudzano do drgań elektromagnesem zasilanym prądem zmiennym



Rys. 21. Zależność poziomu hałasu piły (nr 2, 2500 obr/min) od amplitudy drgań



Rys. 22. Zależność poziomu hałasu piły nr 3 od amplitudy drgań: a — 3500 obr/min, b — 2500 obr/min, c — 1700 obr/min

amplitudy drgań. Wzrostowi amplitudy odpowiada wzrost poziomu hałasu. Jak wykazują rys. 20 i 21, dla amplitudy równej zero poziom hałasu w pierwszym przypadku wynosi 39 dB (jest to poziom hałasu otoczenia, gdyż piła pozostawała w spoczynku $n=0$), a w drugim przypadku — około 76 dB (co odpowiada poziomowi hałasu zespołu napędzającego piłę dla tych prędkości obrotowych — rys. 2).

Dla danej piły i dla tej samej amplitudy drgań hałas zwiększa się wraz ze wzrostem prędkości obrotowej (rys. 22) — przy większych prędkościach obrotowych większe są zawirowania powietrza.

2. BADANIA PRZY CIĘCIU

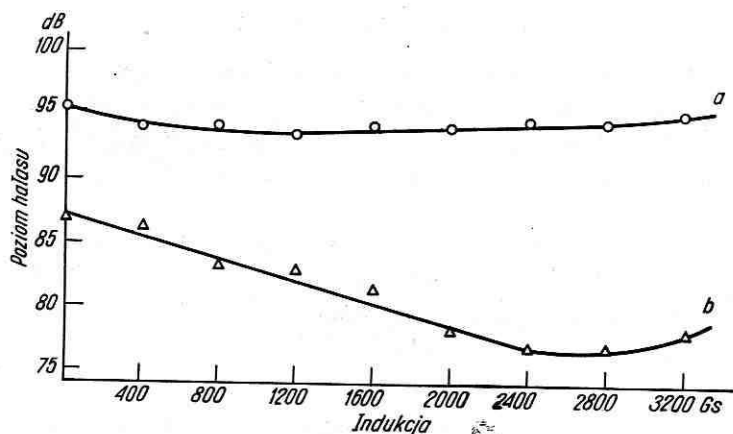
Celem tych badań było sprawdzenie, w jakim stopniu wyniki uzyskane przy biegu piły luzem są słuszne również przy cięciu.

Do skrawania przeznaczono płytę wiórową grubości 20 mm. Posuw na ząb był stały i wynosił 0,15 mm. Wyniki badań przedstawiono na rys. 23 i 24.

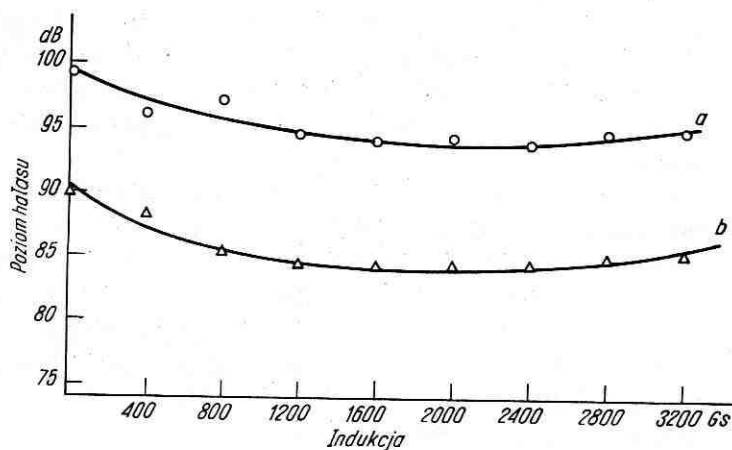
Poziom hałas przy cięciu i 2150 obr/min wynosił 95 dB(C) i był większy niż przy biegu luzem przy tych samych obrotach około 8 dB. Maksymalne zmniejszenie hałasu pod wpływem tłumienia drgań w polu magnetycznym dla tego przypadku nie przekraczało 2 dB (przy biegu luzem tłumienie to wynosiło 10 dB).

Poziom hałas przy cięciu i 3600 obr/min wynosił 99 dB(C) i był większy niż przy biegu luzem przy tych samych obrotach około 9 dB. Maksymalne zmniejszenie hałasu przy zastosowaniu tłumienia magnetycznego dla tego przypadku wynosiło około 5 dB (przy biegu luzem 6 dB).

Źródłem hałasu przy cięciu jest przede wszystkim tarcie zębów piły o przecinany materiał, a w mniejszym stopniu drgania, dlatego efekty tłumienia



Rys. 23. Zmniejszenie poziomu hałasu piły (nr 11, 2150 obr/min) w zależności od wielkości indukcji: a — cięcie (posuw 16 m/min), b — bieg luzem



Rys. 24. Zmniejszenie poziomu hałasu piły (nr 11, 3600 obr/min) w zależności od wielkości indukcji: a — cięcie (posuw 26 m/min), b — bieg luzem

przy cięciu są małe. Jednakże sprawa zmniejszenia hałasu pił tarczowych przy biegu luzem jest również ważna, gdyż, jak wiadomo, znaczna część czasu pracy pił przypada na bieg luzem.

Uzyskany efekt tłumienia przy 3600 obr/min jest wyraźnie większy niż przy 2150 obr/min. Być może jest to spowodowane tym, że w drganiach piły pobudzanych przez cięty materiał istotną rolę odgrywa tzw. częstotliwość zębowa: $f = nz/60$ Hz, gdzie z — liczba zębów piły, n — liczba jej obrotów na minutę. Częstotliwość ta wzrasta ze wzrostem liczby obrotów, a ponieważ pole magnetyczne silniej tłumia drgania o wyższej częstotliwości, więc efekt tłumienia przy wysokich obrotach był większy.

III. ANALIZA WYNIKÓW

Jak wynika z danych przedstawionych w pracy najniższym poziomem hałasu nie przekraczającym 84 dB(C) przy biegu luzem w zakresie $n=1500-3000$ obr/min charakteryzują się piły o wymiarach 314/2,56 mm i 340/2,42 mm. Niski poziom hałasu tych pił wynika z małej wartości stosunku średnicy piły do średnicy kołnierzy dociskowych.

Prawie dla wszystkich badanych pił najwyższy poziom hałasu występuje zwykle przy 2500 obr/min lub w ich najbliższym sąsiedztwie. Są to obroty wywołujące drgania o wysokiej częstotliwości, które jak powiedziano poprzednio są najsilniej tłumione przez pole magnetyczne.

IV. WNIOSKI

1. Hałas wywołany przez piły tarczowe pracujące w zakresie 1000 - 4000 obr/min na ogół przekracza wartości dopuszczalne w normach przeciwhałasowych i zawiera się w granicach 68 - 97 dB(C) przy biegu luzem i 95 - 99 dB(C) (dla 2150 - 3600 obr/min) przy cięciu. Stwierdzono, że przy cięciu hałas wzrasta o 8 - 9 dB w porównaniu z hałasem przy biegu luzem.

2. Głównym źródłem hałasu przy biegu luzem są drgania piły o wysokiej częstotliwości. Najczęściej drgania te występują przy 2500 obr/min i w ich najbliższym sąsiedztwie.

Tłumienie drgań za pomocą pola magnetycznego doprowadziło do zmniejszenia poziomu hałasu dla badanych pił zawierającego się dla różnych przypadków w granicach 0 - 15 dB. Maksymalne efekty tłumienia uzyskuje się wtedy, gdy ruch wirowy piły wzbudza silne drgania o wysokiej częstotliwości. Jeżeli takich drgań nie było, to efekty tłumienia były nieznaczne.

Wartości indukcji skutecznych należy dobierać doświadczalnie w zależności od rodzaju piły i liczby obrotów. Dla badanych pił indukcje te zawierały się na ogół w granicach 2000 - 2400 Gs.

3. Ze wzrostem stosunku średnicy kołnierzy dociskowych do średnicy piły poziom hałasu obniża się (np. przy 2000 obr/min zwiększenie kołnierzy dociskowych z 80 do 240 mm dla piły średnicy 396 mm spowodowało obniżenie poziomu jej hałasu o 14 dB).

4. Hałas powodowany przez obracającą się pilę tarczową wzrasta wraz ze wzrostem jej wymiarów (średnicy i grubości), liczby zębów i liczby obrotów.

5. Producenci powinni zwrócić większą uwagę na dokładne wyważanie pił oraz na ich płaskość, gdyż czynniki te wpływają na drgania i hałas wirujących pił tarczowych.

LITERATURA

1. Abłamowicz-Ledwoń J.: Z badań nad tłumieniem drgań akustycznych pił tarczowych polem magnetycznym. „Przemysł Drzewny” 1965; nr 4.
2. Pahlitzsch G., Meins W.: Geräuschuntersuchungen an einer Kreissägemaschine. „Arbeitsschutz” 1960; nr 1.

3. Pahlitzsch G., Meins W.: Lärmbekämpfung an Kreissägemaschinen für die Holzbearbeitung. „Kampf dem Lärm” 1962; nr 5.
4. Pahlitzsch G., Meins W.: Lärmbekämpfung an Kreissägemaschinen für die Holzbearbeitung. „Kampf dem Lärm” 1963; nr 2.
5. Strzelecki A.: Tłumienie w polu magnetycznym drgań wirującej piły tarczowej. „Folia Forestalia Polonica” 1970; seria B, zeszyt 9.

Антони Стшелецки

СНИЖЕНИЕ ШУМА ПОД ВЛИЯНИЕМ УСПОКОЕНИЯ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ КОЛЕБАНИЙ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ДИСКОВОЙ ПИЛЫ

Краткое содержание

Исследованные пилы были диаметром от 314 до 497 мм, толщиной от 1,94 до 3,56 мм и работали со скоростью от 1000 до 4000 об/мин.

Величины эффективных индукций следует подбирать экспериментально в зависимости от размеров пилы и скорости вращения.

Полученные результаты снижения уровня шума во всех исследованных случаях заключались в пределах 0 - 15 дБ.

Максимальные эффекты шумоглушения были получены тогда, когда вращательное движение пилы возбуждало сильные колебания высокой частоты.

Antoni Strzelecki

NOISE REDUCTION AS THE EFFECT OF DAMPING OF VIBRATIONS OF ROTATING CIRCULAR SAW IN A MAGNETIC FIELD

Summary

Tested saws had diameters from 314 to 497 mm, thickness — from 1.94 to 3.56 mm and working speed of 1000 to 4000 rotations per a minute.

Values of effective induction ought to be experimentally selected in relation to dimensions and rotational speed of the saw.

Obtained results of the reduction in noise level were contained within limits of 0—15 decibels for all the examined cases.

Maximum effects of noise damping were obtained when the rotational motion of saw induced strong vibrations with high frequency.

Wpłynęło do Komitetu Redakcyjnego 20 VII 1970