

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

Źródła hałasu uderzeniowego w prasach

*Praca wykonana w ramach Strategicznego Programu Rządowego pn. „Bezpieczeństwo i ochrona zdrowia człowieka w środowisku pracy” dofinansowanego przez Komitet Badań Naukowych w latach 1998-2001.
Główny koordynator - Centralny Instytut Ochrony Pracy.*

Istnieje wiele maszyn i urządzeń stosowanych w przemyśle (szczególnie w zakładach przemysłu ciężkiego i maszynowego), w których główną przyczyną emisji ponadnormatywnego hałasu na stanowiskach pracy są zjawiska uderzeniowe. W przypadku tych maszyn hałasy uderzeniowe (technologiczne) dominują nad hałasami mechanicznymi (własnymi) i pochodzącymi między innymi od silników napędowych, przekładni zębatych, sprzęgieł itp.

Hałasy uderzeniowe charakteryzują się bardzo wysokimi poziomami dźwięku A, co stanowi poważny problem w ochronie przeciwhałasowej stanowisk pracy. W wydziałach obróbki plastycznej na stanowiskach młotów spadowych i pneumatycznych, pras i gilotyn poziomy A hałasu wynoszą od 92 do 120 dB. Wysoki stopień zagrożenia na stanowiskach pracy stwarzają linie produkcyjne pras ciężkich (np. w zakładach motoryzacyjnych), gdzie operatorzy narażeni są na hałas o poziomie do 95 dB. Ręczne narzędzia pneumatyczne i udarowe stosowane w procesach nitowania czy korygowania odlewów emitują poziomy hałasu w granicach od 100 do 134 dB. Analiza publikacji poświęconych zagadnieniu [7] powstawania hałasu uderzeniowego w przemyśle wykazuje, że brak jest ogólnej teorii promieniowania energii wibroakustycznej w procesie uderzenia. We wstępnej fazie znajdują się badania mające na celu wyjaśnienie fizycznego mechanizmu generowania tej energii przez źródła uderzeniowe. Podstawowym zagadnieniem w określeniu hałasu emitowanego w procesie uderzenia jest problem sprzężenia między polem mechanicznym a polem akustycznym, czyli związków między parametrami drgań powstałymi wskutek uderzenia a poziomem generowanego dźwięku przez drgający element.

W ostatnim dwudziestoleciu pojawiło się wiele publikacji zarówno krajowych [2,3,5,9], jak i zagranicznych [1,11,12,13] poświęconych pracom teoretycznym i eksperymentalnym, podejmującym próby opisu fizycznych podstaw generowania hałasu uderzeniowego oraz opracowania metod zmierzających do jego wyeliminowania.

Nadal jednak ograniczenie hałasu uderzeniowego maszyn i urządzeń, między innymi pras mechanicznych, stanowi w większości przypadków poważny problem. Dlatego też w Katedrze Mechaniki i Wibroakustyki podjęto badania, których rezultatem będzie upowszechnienie w praktyce rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych ograniczających emisję hałasu uderzeniowego w prasach.

Klasyfikacja pras mechanicznych

Najwięcej maszyn stanowiących źródła hałasu uderzeniowego to maszyny stosowane w procesach technologicznych, wymagających w mechanizmach działania tych maszyn wykorzystania zjawiska zderzenia. Z kolei najliczniejszą grupę wśród tego typu maszyn stanowią maszyny wykorzystywane do obróbki plastycznej. Obróbka plastyczna może być przeprowadzana na zimno lub na gorąco, przy czym żądany kształt materiału otrzymuje się przez walcowanie, kucie lub tłoczenie. Spośród maszyn stosowanych do tego celu należy wymienić m.in.: walcarki, różnego rodzaju młoty, prasy, kuźniarki, automaty jedno- i wielouderzeniowe oraz inne maszyny specjalne.

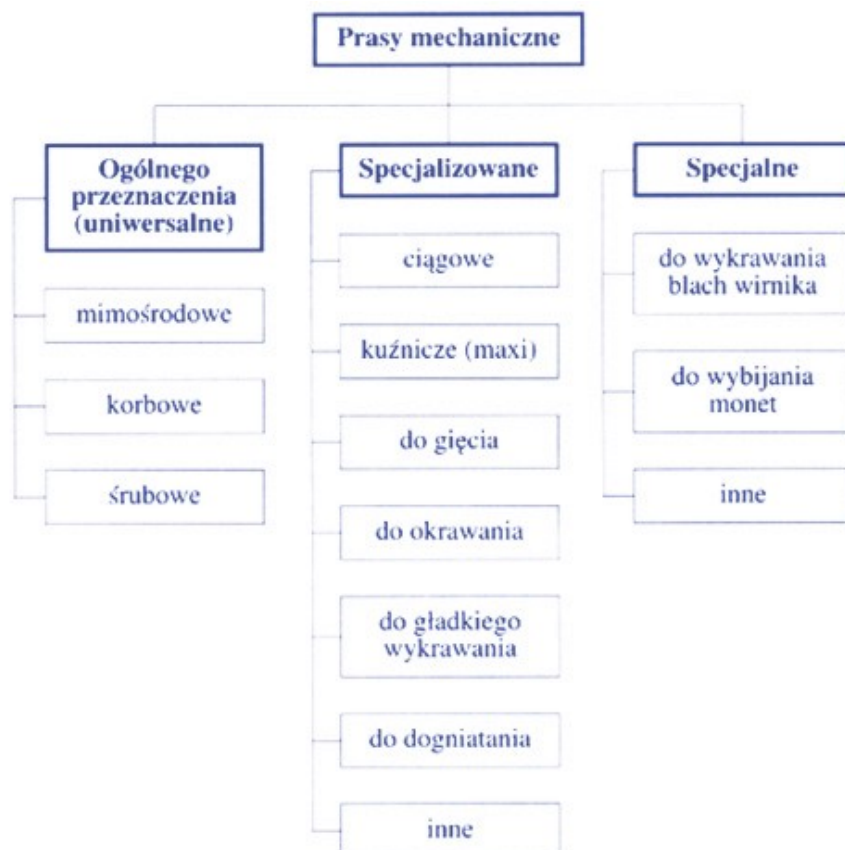
Z punktu widzenia własności akustycznych większość tych maszyn charakteryzuje się nie tylko dość znaczną różnicą wartości poziomów hałasu własnego i technologicznego, ale również dużymi różnicami w charakterystykach widmowych obu rodzajów hałasu. Jeżeli przebieg hałasu własnego tych maszyn jest zbliżony do szumu o przebiegu ustalonym w czasie, to hałas technologiczny ma charakter uderowy. Typowym przykładem może być przebieg liniowy poziomu hałasu podczas pracy młota lub prasy. Poziom hałasu podczas biegu jałowego jest w przybliżeniu ustalony, natomiast pojedyncze uderzenia występują w postaci nagłego wzrostu tego poziomu, zwiększając jego wartość o 15 do 20dB [10].

Z maszyn do obróbki plastycznej najliczniejszą grupę stanowią prasy mechaniczne, dlatego maszyny te stwarzają poważne zagrożenie hałasem uderzeniowym na stanowiskach pracy w zakładach produkcyjnych wielu gałęzi przemysłu (tabela)

PRZYKŁADY ZASTOSOWANIA PRAS MECHANICZNYCH W PRZEMYSŁE

Rodzaj przemysłu	Typowe wyroby
Elektrotechniczny i elektroniczny	sprzęt elektrotechniczny, części lampowe, oprawki żarówek, części radiowe i telewizyjne
Motoryzacyjny	części do samochodów, motocykli, ciągników
Lekki	części do pralek, lodówek, kuchenek gazowych, elektrycznych, garnki, galanteria metalowa
Ciężki i maszynowy	części do obrabiarek, maszyn budowlanych i innych
Precyzyjny	części do wodomierzy, gazomierzy itp.

W przemyśle występuje wiele rodzajów i typów pras mechanicznych. Klasyfikacji pras mechanicznych dokonuje się na podstawie rozmaitych kryteriów, takich jak: rodzaj pracy, przeznaczenie prasy z punktu widzenia technologicznego, cechy konstrukcyjne, stopień zautomatyzowania czy kinematyka napędu. Najczęściej spotykaną w praktyce klasyfikację [8], uwzględniającą podane wcześniej kryteria, przedstawiono na rysunku 1.

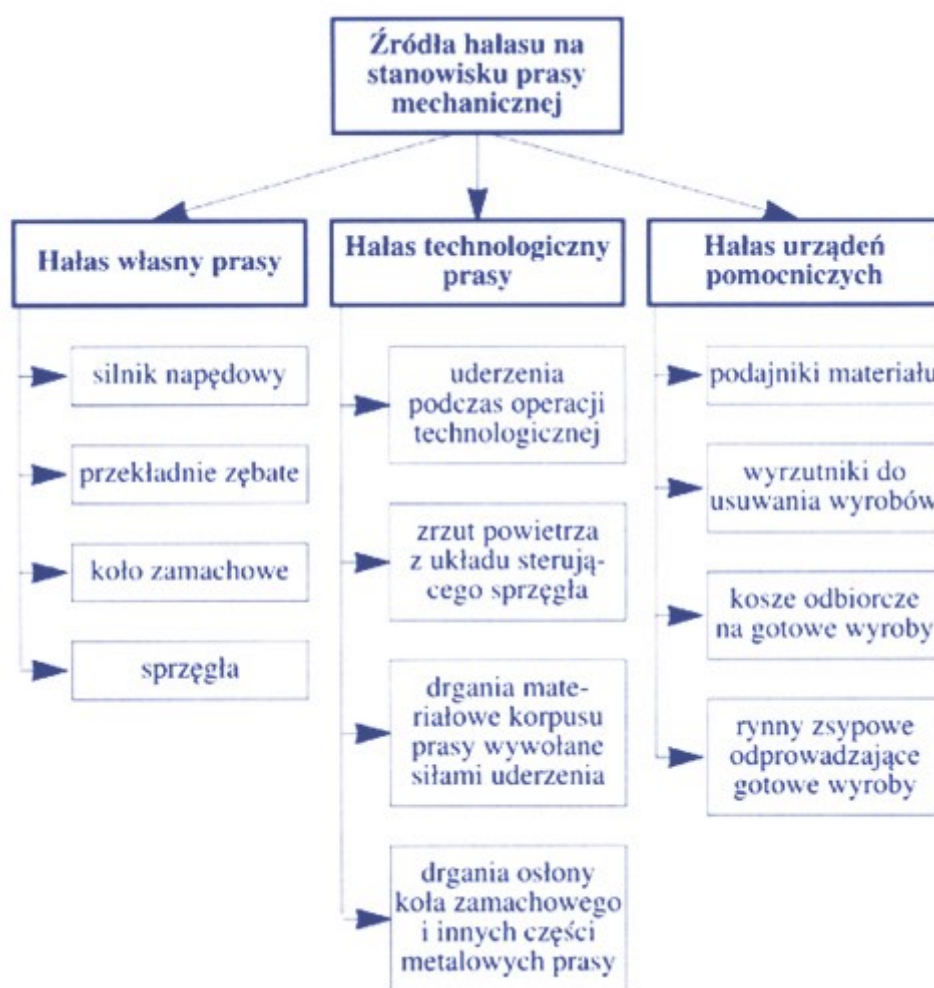


Rys. 1. Podział pras mechanicznych

Większość przygotowywanych do produkcji pras mechanicznych uniwersalnych, specjalizowanych i specjalnych wyposażonych jest w standardowe lub specjalne urządzenia mechanizujące i automatyzujące czynności główne i pomocnicze (np. podawanie materiału, odbiór wyrobu). Budowanie i stosowanie pras automatycznych stanowi jeden z podstawowych sposobów wprowadzania automatyzacji do obróbki plastycznej. Prasy automatyczne, nie wymagające ciągłej i bezpośredniej obecności operatora podczas realizacji procesu technologicznego, dają większe możliwości zastosowania biernych środków ochrony przeciwhałasowej, np. osłon lub obudów dźwiękochłonna-izolacyjnych. Dużo poważniejszy problem w rozwiązaniu skutecznych zabezpieczeń przeciwhałasowych stwarzają prasy obsługiwane ręcznie, bez możliwości doprowadzania materiału do obróbki plastycznej w sposób automatyczny.

Źródła hałasu w prasach mechanicznych

Operatorzy pras mechanicznych narażeni są na oddziaływanie hałasu z trzech zasadniczych grup źródeł (rys.2): układu napędowego prasy (hałas własny), obszaru tłocznika - pola operacyjnego prasy (hałas technologiczny) oraz urządzeń pomocniczych mechanizujących lub automatyzujących czynności pomocnicze.



Rys. 2. Klasyfikacja źródeł hałasu prasy mechanicznej

Hałas własny prasy wywołują takie źródła, jak: silnik napędowy, przekładnia zębata, sprzęgło i koło zamachowe. Największy poziom emisji hałasu własnego występuje podczas cyklicznego włączania sprzęgła; wtedy bowiem hałas przekładni zębatej sumuje się z hałasem elektromagnesu (uderzenia zwory) oraz hałasem zapadki i pedału.

Wartość hałasu technologicznego zależy głównie od energii i nacisku lub uderzenia elementu roboczego (tłocznika) prasy o obrabiany materiał. Zasadniczymi elementami podstawowymi prasy biorącymi

bezpośredni udział w powstawaniu hałasu uderzeniowego przy realizowaniu danego procesu technologicznego (np. tłoczenie, wykrawanie) są:

- kowadło górne (tłocznik, bijak) połączone z suwakiem,
- kowadło dolne (lub też obsada matrycy),
- nieruchoma podstawa (szabota), do której przymocowane jest kowadło dolne.

Hałas uderzeniowy w prasach, powstający przy zderzeniu narzędzia z poddawany obróbce plastycznej materiałem, wypromieniowywany jest do otoczenia z przestrzeni roboczej prasy. Część energii zderzenia emitowana jest w postaci drgań materiałowych, rozchodzących się zarówno w obrabianym materiale, jak też w kowadło dolnym i górnym, a także w innych elementach konstrukcyjnych prasy.

Główną przyczyną powstawania hałasu w urządzeniach pomocniczych (podajniki materiału, wyrzutniki gotowych elementów, kosze odbiorcze, rynny odprowadzające) jest uderzanie metalu o metal części wchodzących i wychodzących w przestrzeń roboczą prasy.

Badania dotyczące ograniczania hałasu uderzeniowego w maszynach

Od wielu lat w krajowych i zagranicznych ośrodkach naukowo-badawczych prowadzone są prace poświęcone problematyce zderzeń występujących w układach mechanicznych maszyn i urządzeń oraz związanych z tym zjawiskiem negatywnych skutków wyrażających się między innymi w postaci hałasów uderzeniowych. Na podstawie dokonanego przeglądu prac teoretycznych i stosowanych z tego zakresu, jakie ukazały się w latach 1945-1995 [7], można wyciągnąć następujące wnioski:

1. W literaturze jest wiele prac teoretycznych poświęconych teorii uderzenia w układach mechanicznych oraz fizycznym podstawom generowania hałasu uderzeniowego.
2. Istnieją prace umożliwiające rozwiązanie problemów związanych z doбором parametrów technicznych, zapewniających prawidłowy przebieg realizowanego procesu technologicznego przez maszyny o wibroudarowym charakterze pracy.
3. Wiele prac podejmuje próby teoretycznego i eksperymentalnego wyjaśnienia procesów wibrouderzeniowych zachodzących w układach mechanicznych oraz związanych z nimi hałasów uderzeniowych.
4. Niewiele publikacji zawiera doniesienia o konkretnych zastosowaniach praktycznych rozwiązań ograniczających emisję hałasu uderzeniowego maszyn i urządzeń. Należy sądzić, że przyczyną małej liczby wdrożeń jest sprzeczność wynikająca z dążenia do obniżenia poziomu emisji akustycznej w procesie uderzenia z równoczesnym zachowaniem intensywności przebiegu danego procesu realizowanego przez uderzenie.
5. Skromna jest również liczba pozycji literaturowych przedstawiających rozwiązania praktyczne, ograniczające nadmierną aktywność akustyczną pras, szczególnie w zakresie hałasu uderzeniowego.

Badania nad opracowaniem nowych rozwiązań ograniczających oddziaływanie hałasu pras na stanowiskach pracy

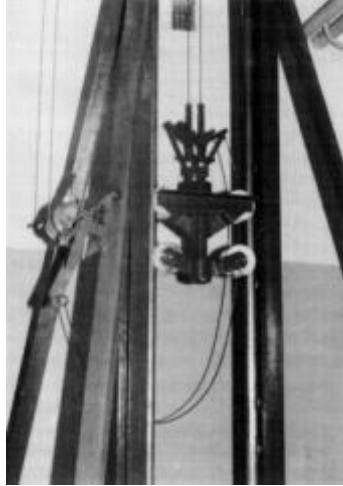
Realizowany w Katedrze Mechaniki i Wibroakustyki trzyletni (1998-2000) projekt badawczy obejmuje zarówno badania podstawowe, mające na celu wyjaśnienie zjawisk fizycznych zachodzących w trakcie uderzeń, jak też badania mające na celu ograniczenie hałasu uderzeniowego dla wybranej prasy.

Przyjęto założenie, że końcowym rezultatem podjętego zadania badawczego będzie opracowanie i zastosowanie następujących rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych:

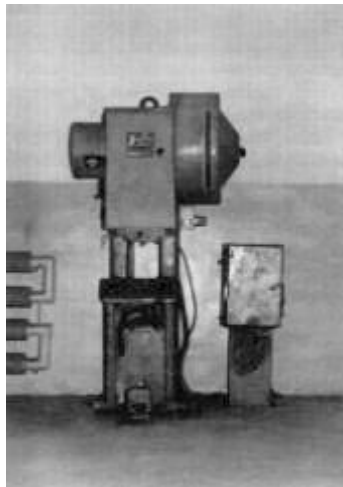
- osłon dźwiękochłonno-izolacyjnych, stanowiących elementy obudowy zintegrowanej [4,14] z oryginalnym korpusem prasy, ograniczających rozchodzenie się hałasu uderzeniowego od procesu technologicznego drogą powietrzną;
- przegród dźwiękochłonno-izolacyjnych, wzmacniających izolacyjność akustyczną elementów oryginalnego korpusu prasy, w celu ograniczenia hałasu mechanicznego - własnego (od sprzęgieł, przekładni zębatej itp.);

- tłumiących drgania materiałowe pochodzące od uderzeń wpływających na zmniejszenie poziomu hałasu uderzeniowego.

W pierwszym etapie pracy zaprojektowano (wykorzystując doświadczenia wcześniejszych prac realizowanych w Katedrze Mechaniki i Wibroakustyki) i wykonano stanowisko laboratoryjne do przeprowadzenia badań eksperymentalnych hałasu uderzeniowego ([rys.3](#)), pod kątem doboru rozwiązań zabezpieczeń wpływających na jego zmniejszenie. Obok stanowiska badawczego zainstalowano prasę mechaniczną mimośrodową ([rys.4](#)) typu KD 2122 o nacisku 16 ton.



Rys. 3. Stanowisko do badań doświadczalnych hałasu uderzeniowego (widok zespołu bijaka w stalowej przewodnicy)



Rys. 4. Stanowisko prasy mimośrodowej KD 2122 przeznaczonej do zastosowania prototypowych rozwiązań ograniczających emisję hałasu uderzeniowego i własnego

Połączenie stanowiska laboratoryjnego z prasą, która spełnia funkcję prototypu doświadczalnego, stwarza duże ułatwienie dla zespołu realizującego zadanie badawcze, mogącego zweryfikować wyniki badań eksperymentalnych na rzeczywistym obiekcie przemysłowym.

Wyboru do badań prasy mimośrodowej dokonano między innymi dlatego, że prasy tego typu stanowią nadal podstawowe wyposażenie wielu zakładów tłoczeniowych, szczególnie o różnorodnej produkcji. Wyjątkowo prosta i wygodna obsługa czyni je maszynami niezastąpionymi, szczególnie w warunkach pracy skokami pojedynczymi, przy ręcznym podawaniu materiału i odbieraniu wyrobu.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Akay A., Lathe M.: *Sound Radiation from an Impact Excited Clamped Circular Plate in an Infinite Baffle*. J ASA., 74 (2), August 1983, 640-648
- [2] Engel Z., Gołaś A.: *Emission Efficiency Analysis of Impact Sound Sources*. Proc. INTER NOISE'85, Munchen 1985, 1215-1217
- [3] Engel Z., Jaworowski H., Kasprzyk S.: *Experimental Investigations of Impact Noise*. Proc. INTER NOISE'79, Warszawa 1979, 57-61
- [4] Engel Z., Sikora J., Turkiewicz J.: *Zintegrowane obudowy dźwiękochłonna-izolacyjne*. Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka Nr 3, Warszawa 1999, str. 2-8
- [5] Giergiel J., Rosiński J., Śliwa Z., Uhl T.: *Problemy udarowe w budowie maszyn*. Zeszyty Naukowe AGH, Mechanika 1985
- [6] Muli H.R.: *Ten Years of Power Press Noise*. Control. Proc. INTER NOISE '82, San Francisco 1982, 257-260
- [7] Praca zbiorowa pod kier. Z. Engela : *Hałasy uderzeniowe w przemyśle i ich zwalczanie na przykładzie pras*. SPR-1 „Bezpieczeństwo i ochrona zdrowia człowieka w środowisku pracy”, zadanie badawcze nr 03.8.13, Katedra Mechaniki i Wibroakustyki AGH, Kraków 1998 (etap I)
- [8] Praca zbiorowa pod red. T. Gólatowskiego : *Prasy mechaniczne. Konstrukcja, eksploatacja i modernizacja*. WNT, Warszawa 1970
- [9] Praca zbiorowa pod kier. H. Łopacza : *Model powstawania hałasu uderzeniowego w maszynach i urządzeniach. Założenia do stanowiska badawczego hałasu uderzeniowego*. Prace nauk.-bad. Katedry Mechaniki i Wibroakustyki AGH, Biblioteka Katedry (maszynopis), Kraków 1986
- [10] Puzyna Cz.: *Ochrona środowiska przed hałasem*. T.II, WNT, Warszawa 1982
- [11] Richards E. J.: *On the Prediction of Impact Noise. I. Acceleration Noise*. JVS, vol. 62, 1979, 547-575; *II. Ringing Noise*. JVS, vol. 65, 1980, 419-451; *III. Energy Accountancy in Industrial Machines*. JVS, vol. 76, 1981, 187-232
- [12] Richards E.J.: *The Identification and Systematic Elimination of Sources of Noise from an Experimental Hammer Model*. Proc. INTER NOISE'84, vol. I, Honolulu 1984, 115-120
- [13] Richards E.J.: *Using the Energy Accountancy Equation to Modify Punch Design in Presses*. Archives of Acoustics, vol. 10, No 4, Warszawa - Wrocław 1985
- [14] Sikora J. : *Zintegrowane obudowy dźwiękochłonna-izolacyjne oraz korpusy maszyn o zwiększonym pochłanianiu energii wibroakustycznej*. Sprawozdanie z realizacji projektu badawczego KBN Nr 7T07B01010, Prace KMiW AGH, Kraków luty 1999 (maszynopis)