

Zbigniew GNUTEK¹
Wojciech POPRAWSKI^{1*}

NIEKONWENCJONALNE ŹRÓDŁA ENERGII W BUDOWIE MASZYN DLA BUDOWNICTWA I GÓRNICTWIA SKALNEGO

W referacie przedstawiono zagadnienia wykorzystania niekonwencjonalnych źródeł energii w budowie maszyn dla górnictwa skalnego i budownictwa, z uwzględnieniem w szczególności metod akumulacji energii mechanicznej oraz jej powtórnego wykorzystania podczas procesów urabiania, przetwarzania surowców skalnych oraz prac z wykorzystaniem maszyn budowlanych.

1. WSTĘP

Obecnie energetyka na świecie w dużej mierze oparta jest o paliwa kopalne, które prędzej czy później ulegną wyczerpaniu. Budownictwo i górnictwo skalne to dziedziny przemysłu, w których wykorzystywane są duże ilości energii zarówno elektrycznej, jak i energii paliw, którymi zasilane są maszyny i urządzenia wykorzystywane podczas budowy czy podczas prac w górnictwie skalnym.

Zakup energii stanowi znaczący udział w całkowitych kosztach procesów budowlanych oraz procesów górnictwa skalnego. Warto więc rozważyć wykorzystanie niekonwencjonalnych źródeł energii, rozumianych jako odnawialne źródła energii [2],[5] oraz jako wykorzystanie energii odpadowej, wytwarzanych podczas prac maszyn i urządzeń na placu budowy oraz w górnictwie skalnym.

W pracy skupiono się na wykorzystaniu energii odpadowej, wytworzonej podczas prowadzenia prac dla obu dziedzin przemysłu.

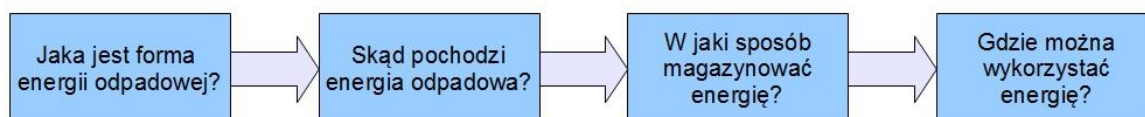
Podczas prac budowlanych i w górnictwie skalnym wykonuje się prace związane głównie z przemieszczaniem dużych mas (materiałów budowlanych, surowców, urobku itp.) na pewne odległości, prace związane z wykonywaniem otworów, cięciem materiałów i surowców, kruszeniem, mieszaniem surowców, a także prace strzałowe. Podczas każdej z wymienionych czynności mamy do czynienia z dużymi ilościami energii, która nie jest

¹ Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Wrocław

* E-mail: wojciech.poprawski@pwr.edu.pl

wykorzystywana do procesu lub musi być wytracona (np. energia hamowania) – czyli stanowi ona energię odpadową.

Aby móc skutecznie zagospodarować odpadową energię, należy w pierwszej kolejności przeprowadzić analizę odpowiadając sobie na pytania, z jaką formą energii odpadowej mamy do czynienia, skąd ona pochodzi, w jaki sposób można ją magazynować i gdzie można powtórnie ją wykorzystać (rys. 1).

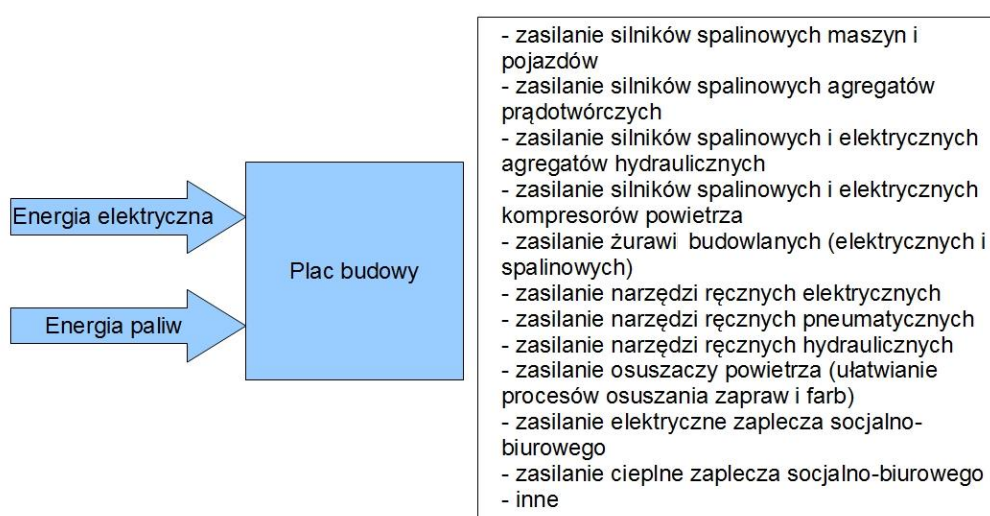


Rys. 1. Analiza dotycząca rodzaju, pochodzenia, magazynowania i powtórniego wykorzystania energii odpadowej
Fig. 1. Analysis of type, source, storing and retrieval of waste energy

2. ENERGIA W BUDOWNICTWIE

Główne formy energii używane podczas procesów budowlanych to energia elektryczna (zasilanie maszyn, np. żurawi, podnośników, elektronarzędzi, kompresorów powietrza, nagrzewnic, osuszaczy, klimatyzacji itp. – rys.2) oraz energia paliw służących do zasilania silników spalinowych maszyn i pojazdów budowlanych, narzędzi, agregatów prądotwórczych, zasilaczy hydraulicznych, kompresorów powietrza, nagrzewnic itp.

Podczas prowadzenia większych przedsięwzięć budowlanych ważną rolę odgrywa również ogrzewanie oraz klimatyzacja modułowych (kontenerowych) budynków biurowo-socjalnych, w których często moc zainstalowanych grzejników elektrycznych wynosi 2kW/kontener.

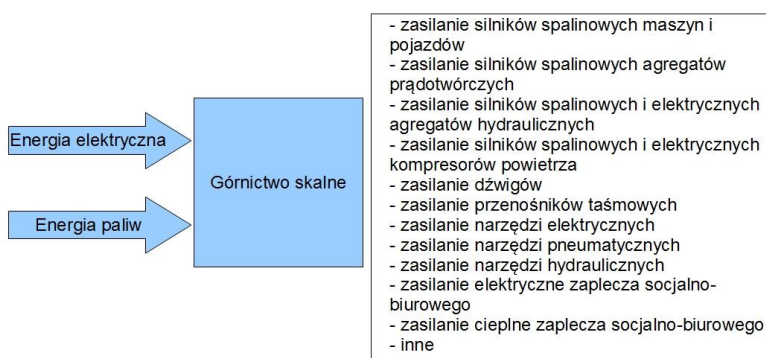


Rys. 2. Wykorzystanie energii na placu budowy
Fig. 2. Energy utilisation on building site

Od dłuższego czasu obserwujemy, że prace budowlane straciły swój sezonowy charakter, często nawet podczas lekkich mrozów prowadzone są prace, nie tylko wykończeniowe, również polegające na betonowaniu. Prowadzenie prac w warunkach zimowych niejednokrotnie wiąże się z dużymi kosztami ogrzewania oraz osuszania wykonanych elementów przed dalszymi czynnościami. Jak wiadomo, zaprawy używane do tynkowania, wykonywania wylewek, farby, kleje, przygotowywane są na bazie wody, która podczas wiązania zapraw czy schnięcia farb musi zostać oddana do otoczenia. Niejednokrotnie aby przyspieszyć te prace dodatkowo ogrzewa się lub stosuje osuszacze kondensacyjne, które zużywają duże ilości energii.

3. ENERGIA W GÓRNICTWIE SKALNYM

Podobnie jak w budownictwie, w górnictwie skalnym wykorzystywana jest energia elektryczna (np. zasilanie silników elektrycznych napędowych przenośników taśmowych, stacjonarnych kruszarek, dźwigów, żurawi, kompresorów, zasilaczy hydraulicznych itp. – rys.3) oraz energia paliw zasilających silniki maszyn urabiających, transportujących, narzędzi, kompresorów, zasilaczy hydraulicznych itp.



Rys. 3. Energia w górnictwie skalnym
Fig. 3. Energy utilisation in mining

Podczas procesów pozyskiwania materiału skalnego energia wykorzystywana jest do odrywania urobku od skał rodzimych, a także często do kruszenia, czyli zwiększania powierzchni materiału [3].

4. MOŻLIWOŚCI MAGAZYNOWANIA ENERGII ODPADOWEJ PODCZAS PRAC BUDOWLANYCH ORAZ GÓRNICTWA SKALNEGO

Prace budowlane oraz prace w górnictwie skalnym wykorzystują energię mechaniczną otrzymywaną z konwersji energii elektrycznej (silniki elektryczne) oraz energii paliw spalanych w silnikach spalinowych używanych do napędu maszyn oraz narzędzi.

Energia odpadowa ma różne formy, może to być energia cieplna (na przykład ciepło oddawane do otoczenia podczas chłodzenia silnika spalinowego, ciepło oddawane do otoczenia podczas hamowania poruszających się urządzeń transportujących ładunki, ciepło powstałe podczas cięcia, wiercenia, kruszenia materiałów i surowców) lub energia mechaniczna – energia kinetyczna związana z przemieszczaniem ładunku bądź maszyny, energia potencjalna – podnoszenie masy bądź energia potencjalna sprężystości.

W przypadku urządzeń napędzanych silnikami elektrycznymi istnieje możliwość hamowania odzyskowego; w tym momencie energia oddawana jest do sieci.

4.1. MAGAZYNOWANIE ORAZ ODZYSKIWANIE ODPADOWEJ ENERGII CIEPLNEJ

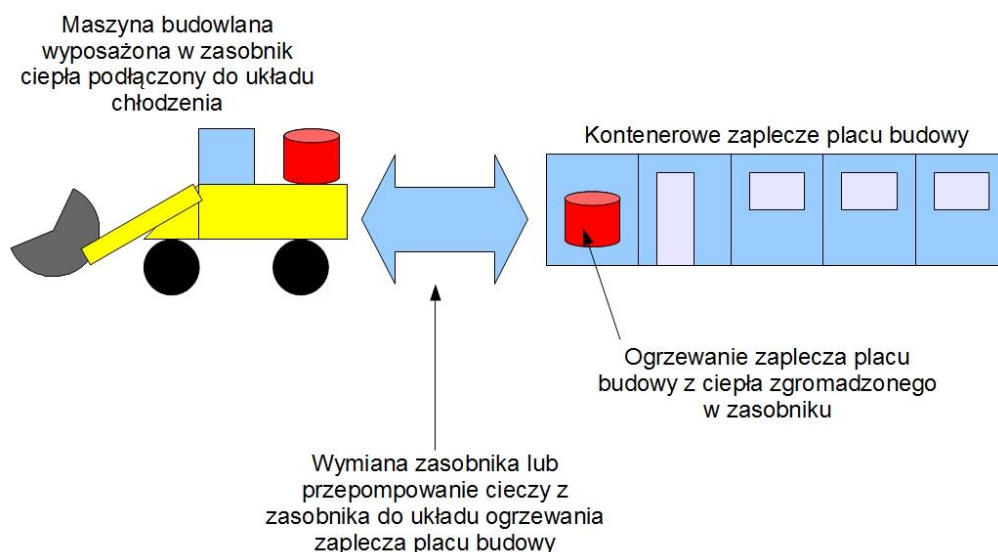
Energia cieplna wytwarzana jest jako ciepło odpadowe podczas pracy urządzeń zasilanych silnikami spalinowymi oraz podczas procesów pozyskiwania surowców skalnych, a także podczas prac związanych z cięciem, wierceniem, gięciem itp. materiałów budowlanych.

Sprawność silników spalinowych wykorzystywanych do napędu pojazdów jest niewielka, w nowoczesnych silnikach wysokoprężnych osiąga około 40%. Pozostała energia z paliwa oddawana jest do otoczenia w postaci ciepła, które w dużej mierze rozpraszane jest do otoczenia przy pomocy chłodziń, pewna część energii oddawana jest do otoczenia jako ciepło spalin. Moc silnika popularnych koparko-ładowarek wynosi około 60kW a silniki napędzające ładowarki kołowe mają moc powyżej 100kW. Łatwo sobie uzmysłwić, jakie ilości energii są w tym momencie oddawane do otoczenia. Opracowując metody magazynowania i późniejszego wykorzystania tej energii możemy zapewnić dostarczanie ciepła, które można wykorzystać do ogrzewania budynków-kontenerów socjalno-biurowych, a także do ogrzewania budowanych obiektów, przyspieszając tym samym prace wykończeniowe.

W stosunkowo łatwy sposób do pojazdu (koparka, ładowarka) można zainstalować zasobnik zawierający podgrzewaną ciecz od układu chłodzenia silnika, która następnie może służyć do ogrzewania pomieszczeń socjalnych czy podgrzewania ciepłej wody użytkowej w tymczasowym zapleczu budowy. Zasobnik mógłby być zainstalowany jako dodatkowy element pojazdu, albo mógłby w niektórych przypadkach zastąpić stosowane dodatkowo obciążenia maszyn roboczych.

Rys. 4. przedstawia w schematyczny sposób pozyskiwanie ciepła z układu chłodzenia maszyn roboczych.

Obecnie kontenery ogrzewane są w większości elektrycznie (moc grzejnika elektrycznego zainstalowanego w kontenerze wynosi 2kW), co generuje znaczne koszty utrzymania zaplecza placu budowy. Zamiast ogrzewania elektrycznego, można w takich kontenerach zainstalować centralne ogrzewanie, które zasilane będzie odpadowym ciepłem uzyskiwanym podczas pracy maszyn budowlanych. W przypadku dużych firm budowlanych, posiadających szeroki park maszynowy, inwestycje w instalację zasobników ciepła odpadowego w pojazdach oraz instalację centralnego ogrzewania kontenerów mogłyby być opłacalne.



Rys. 4. Schemat pozyskiwania ciepła odpadowego z układów chłodzenia maszyn roboczych
 Fig. 4. Waste heat energy storing and retrieval from cooling system of construction machines

Zastępując wodę lub powszechnie stosowany glikol innym medium, które gromadzi ciepło przemiany fazowej (podobnie jak w przypadku ogrzewaczy dłoni, działających na zasadzie przechłodzonych cieczy, takich jak tiosiarczany sodu), możemy to ciepło zmagazynować i odzyskać w późniejszym czasie [1].

Odzyskiwanie energii cieplnej generowanej podczas obróbki materiału skalnego, np. podczas wiercenia czy cięcia wydaje się obecnie technologicznie trudne do odzyskania i ekonomicznie nieuzasadnione.

4.2. MAGAZYNOWANE ENERGII MECHANICZNEJ

Procesy robocze realizowane w budownictwie i górnictwie skalnym wykorzystują w głównej mierze energię mechaniczną potrzebną do transportu materiałów, surowców i urobku oraz energię mechaniczną związaną z przetwarzaniem materiałów (cięcie, wiercenie, kruszenie, natryskiwanie, malowanie itp.). Podczas tych procesów powstają różne formy energii odpadowej. W głównej mierze jest to energia pochodząca z hamowania poruszających się pojazdów [4], także energia związana z opuszczaniem ciężaru w dźwigach.

Głównymi sposobami akumulacji energii mechanicznej, możliwej do powtórnego wykorzystania są:

- sprężanie gazów,
- akumulatory hydrauliczne,
- koła zamachowe – energia kinetyczna,
- napinanie sprężyn,
- podnoszona masa użyteczna lub przeciwwaga.

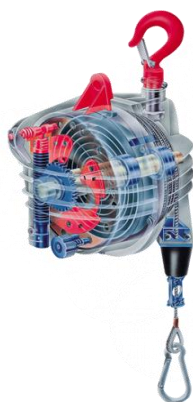
Obecnie najczęściej spotykaną formą odzyskiwania energii mechanicznej jest wykorzystanie akumulatorów hydraulicznych w układach napędowych maszyn roboczych. Pozwalają one na zastosowanie układów hydraulicznych o niższych parametrach, niż to wynika z okresowego zapotrzebowania na energię realizowanych procesów roboczych. W akumulatorach magazynuje się nadwyżkę energii wytwarzanej np. podczas mniej obciążonych etapów cyklu roboczego członów wykonawczych maszyn roboczych [6]. Jednym z wielu możliwych zastosowań akumulatora hydraulicznego w maszynach roboczych jest np. młot hydrauliczny.

Na podobnej zasadzie jak akumulatory hydrauliczne stosowane są zbiorniki sprężonego powietrza w kompresorach zasilających narzędzia lub służących do natryskiwania materiałów w budownictwie. W tym przypadku chwilowe zapotrzebowanie na energię narzędzi (w postaci sprężonego powietrza) często przekracza wydajność kompresorów. Jednak narzędzia wykorzystywane są okresowo, co pozwala na uzupełnienie sprężonego powietrza w zbiorniku w czasie, gdy narzędzia nie są wykorzystywane.

Koła zamachowe również znajdują zastosowanie do magazynowania energii, szczególnie w procesach związanych z rozdrabnianiem i kruszeniem urobku. Innym możliwym zastosowaniem może być odzyskiwanie energii kinetycznej związanej z opuszczaniem ciężaru, jak to ma miejsce w dźwigach osobowych. Jednak powtórne, bezpośrednie, wykorzystanie energii kinetycznej zgromadzonej w wirującym kole zamachowym jest stosunkowo trudne ze względu na często występujące względne różnice prędkości obrotowych koła zamachowego oraz pozostałej części zespołu napędowego. Dlatego częściej stosuje się hamowanie odzyskowe silników elektrycznych z oddawaniem tak uzyskanej energii elektrycznej do sieci.

Ciekawym rozwiązaniem zastosowania magazynowania energii w kole zamachowym jest „TorqStor” opracowany przez firmę Ricardo. Podczas targów BAUMA 2013 przedstawiono 17-tonową koparkę wykorzystującą koło zamachowe do odzyskiwania energii podczas opuszczania ramienia koparki [7].

W przypadku urządzeń podnoszących ciężar często spotykanym rozwiązaniem jest przeciwwaga. Rozwiązanie to pozwala na znaczne obniżenie mocy stosowanych silników napędowych.



Rys. 5. Widok balansera (TECNA) [8]

Fig. 5. Spring balancer (TECNA) [8]

Kolejnym często spotykanym wykorzystaniem energii potencjalnej, związanej z przemieszczaniem pionowym ładunków są tzw. „balansery” (odciążniki), których zasada działania polega na wykorzystaniu energii potencjalnej naciągniętej sprężyny w celu ułatwienia manipulowania ciężarami (rys. 5). Tego typu rozwiązania znajdują częste zastosowanie w przemyśle do manipulacji narzędziami elektrycznymi i pneumatycznymi podczas procesów produkcyjnych. Można rozważyć też możliwość zastosowania balanserów podczas wykończeniowych prac budowlanych, gdy potrzebne jest manipulowanie ciężarem.

5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Przedstawione powyżej rozważania na temat możliwości wykorzystania energii odpadowych podczas prac w budownictwie i górnictwie skalnym stanowią punkt wyjścia do dalszych szczegółowych badań, które powinny obejmować:

- oszacowanie wielkości energii odpadowej dostępnej do powtórnego wykorzystania,
- studium wykonalności poszczególnych metod odzysku energii,
- szczegółowe prace projektowe z implementacją poszczególnych metod odzysku energii odpadowej.

Przedstawione w artykule możliwości wykorzystania energii odpadowej mogą w znaczącym stopniu przyczynić się do obniżenia energochłonności prowadzenia prac budowlanych oraz procesów zachodzących w górnictwie skalnym. Szczególnie obiecująca jest możliwość wykorzystania ciepła odpadowego wytwarzanego przez silniki spalinowe maszyn budowlanych do ogrzewania zaplecza budowy lub też do ogrzewania budowanych obiektów, gdyż wymaga ona stosunkowo niewielkich modyfikacji układów chłodzenia maszyn roboczych oraz zmian w systemach ogrzewania kontenerów biurowo-socjalnych.

Wykorzystanie mechanicznej energii odpadowej wymaga zmiany podejścia w projektowaniu maszyn budowlanych oraz używanych w górnictwie skalnym. Metody odzysku energii odpadowej powinny być uwzględniane na etapie tworzenia założeń konstrukcyjno-technologicznych, a następnie implementowane podczas projektowania i wykonywania maszyn i urządzeń.

LITERATURA

- [1] DINCER I., ROSEN M., 2011, *Thermal energy storage*, Wiley, Second Edition.
- [2] GRONOWICZ J., 2010, *Niekonwencjonalne źródła energii*, Wyd. ITE-PIB, Radom-Poznań.
- [3] OTWINOWSKI H. 2013, *Przeróbka mechaniczna surowców mineralnych*, WPCz, Częstochowa.
- [4] SZUMANOWSKI A., 1984, *Akumulacja energii w pojazdach*, WKiŁ, Warszawa.
- [5] VANEK F., ALBRIGHT L., 2008, *Energy systems engineering*, Mc Graw Hill, New York.
- [6] WROTONY L., 1995, *Dynamika układów mechanicznych*, OWPW, Warszawa.
- [7] <http://www.ricardo.com/en-GB/News--Media/Press-releases/News-releases1/2014/Ricardo-to-showcase-TorqStor-high-efficiency-flywheel-energy-storage-at-CONEXPO/>
- [8] <http://www.tecna.net>

NON-CONVENTIONAL SOURCES OF ENERGY IN CONSTRUCTION AND MINING MACHINERY

Paper presents methods of utilization of non-conventional energy during building and mining processes. Authors focused on waste energy storing, mainly as heat, but also as energy of compressed gases, potential energy of gravity, springs and hydraulics. Some methods of waste energy storing and retrieval are described, for example utilisation of waste heat generated by internal combustion engines of machinery used for heating temporary office and social building on construction sites. Also some methods of storing and utilisation of mechanical energy are described.

Keywords: *renewable energy, energy storing and retrieval, construction machinery*