



Urządzenie do odzysku platyny ze zużytych katalizatorów samochodowych przy wykorzystaniu pompy magneto-hydrodynamicznej

Device for recovering platinum from spent automotive catalysts using a magnetohydrodynamic pump

mgr inż. Paweł DRZEWIECKI

Paweł Drzewiecki doktorant Śląskiego Środowiskowego Studium Doktoranckiego



W KILKU SŁOWACH

Problemy ekologii w obecnych czasach stanowią priorytet w wielu dziedzinach nauki i przemysłu. Również w przemyśle motoryzacyjnym wprowadzono zaostrzone normy dotyczące emisji szkodliwych związków chemicznych w postaci spalin do środowiska naturalnego. Stąd od kilku lat stosuje się w samochodach instalacje ograniczające zanieczyszczenie środowiska, potocznie zwanymi katalizatorami samochodowymi. W urządzeniach tych wykorzystuje się pierwiastki aktywne chemicznie, głównie metale z rodziny platynowców, mające zdolność przekształcania szkodliwych substancji, takich jak tlenek węgla (II), węglowodory czy tlenki azotu w mniej szkodliwe związki: tlenek węgla (IV), wodę i azot.

Problemy ekologii w obecnych czasach stanowią priorytet w wielu dziedzinach nauki i przemysłu.

Tak samo przemysł samochodowy zwraca dużą rolę na ekologię, a przede wszystkim na emisję spalin do środowiska. Stąd od kilku lat stosuje się w samochodach instalacje ograniczające emisję szkodliwych substancji do środowiska, potocznie zwanymi katalizatorami sa-



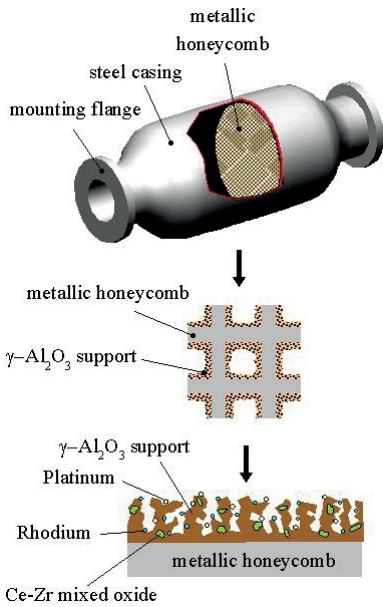
SUMMARY

At present ecological challenges have become a priority in many areas of science and industry. Among them is the automotive industry, which saw the introduction of stricter emission limits on harmful chemical compounds released to the environment in the form of exhaust gases. As a result, cars made in the past few years have been fitted with a pollution-reducing system known as the catalytic converter. The device uses active elements, predominantly the platinum group metals, to convert harmful substances, such as carbon monoxide, hydrocarbons, and nitrogen oxides, into less harmful compounds: carbon dioxide, water, and nitrogen.

mochodowymi. W katalizatorach wykorzystuje się pierwiastki aktywne chemicznie, mające zdolność pochłaniania szkodliwych substancji, są to głównie pierwiastki z rodziny platynowców.[4]

Na potrzeby wprowadzenia katalizatorów ograniczających emisję szkodliwych substancji do otoczenia wprowadzono normy Euro, które w kolejnych latach były coraz bardziej rygorystyczne.





Rys. 1 Budowa katalizatora trój funkcyjnego

Skład katalizatora	
Al ₂ O ₃	100 – 200 g/dm ³
CeO ₂	40-80 g/dm ³
Pt	1-2 g/dm ³
Rh	0,1 -0,4 g/dm ³

Rys.4 Skład katalizatora.

Katalizatory trójfunkcyjne, zbudowane są z nośników monolitycznych, na których osadzone są powłoki zawierające składniki katalitycznie aktywne. Ze względu na materiał, z którego są wykonane nośniki, katalizatory można podzielić na:

- ceramiczne (z blokiem ceramicznym)
- metalowe (z blokiem metalowym).

Do wytwarzania bloków ceramicznych najczęściej używana jest ceramika kordierytowa 2MgO-Al₂O₃ o składzie wagowym : 50% SiO₂, 36% Al₂O₃, 14% MgO, zawierająca dodatkowo niewielką ilość składników pomocniczych w postaci Na₂O, Fe₂O₃, CaO, spełniających rolę topników i stabilizatorów. Do wyrobu tej ceramiki wykorzystywane są podstawowe surowce w postaci magnezytu – MgCo₃, tlenku glinowego – Al₂O₃, kwarcu –SiO₂ oraz kaolinu- Al₂O₃ -2SiO₂ -2 H₂O .[2]

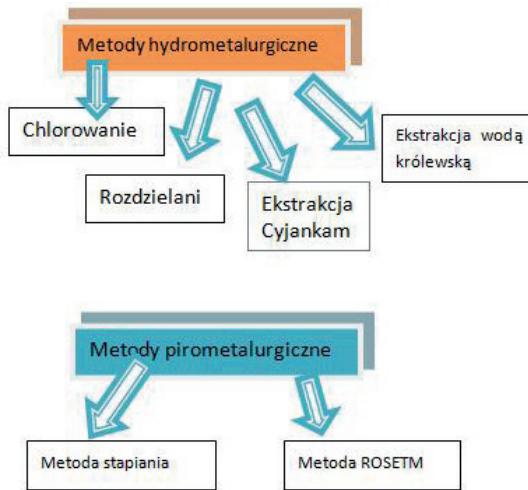
Bloki metalowe najczęściej wykonuje się ze stali FeCrAl.

Zaletą monolitów ceramicznych jest niska rozszerzalność cieplna i dobre rozwinięcie powierzchni (31-186 kanałów/cm² przy grubości ścianek 0,051-0,27 mm) umożliwiające dobre rozprzewodzenie fazy aktywnej katalitycznie. Wadą zaś

mniejsza wytrzymałość termiczna i mechaniczna wkładów oraz konieczność stosowania mat z włókien ceramicznych, zabezpieczających przed pęknięciem w trakcie wstrząsów oraz redukujących różnice w rozszerzalności cieplnej, w stosunku do metalowej obudowy.

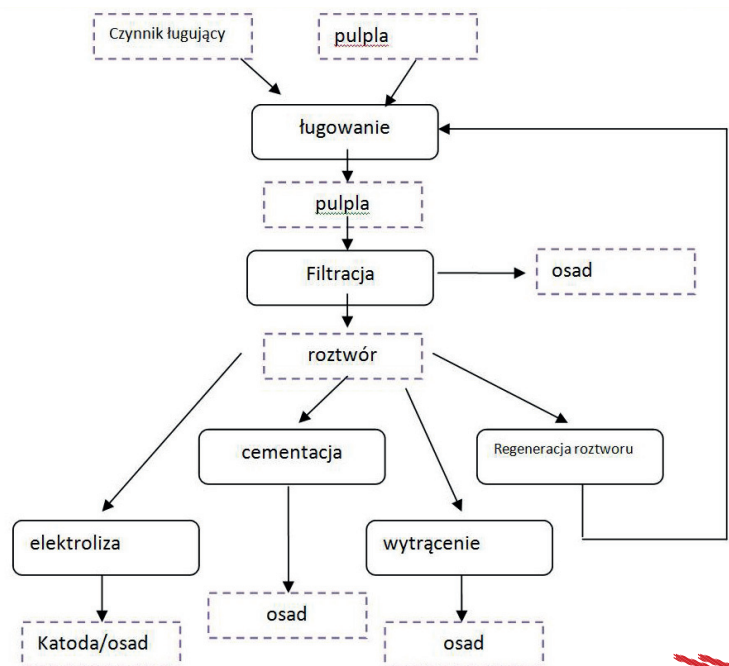
Metody przerobu katalizatorów

Na świecie zużyte katalizatory przerabia się na drodze pirometalurgicznej lub hydrometalurgicznej.



Rys. 2 Metody przerobu katalizatorów

Metody pirometalurgiczne



Rys. 3 Schemat - metody hydrometalurgiczne



Magnetohydrodynamika

(MHD) lub magnetoplazmodynamika jest to akademicka dyscyplina, dział mechaniki płynów zajmujący się zagadnieniami związanymi z ruchem płynów przewodzących prąd elektryczny w polu elektromagnetycznym. Szczególnym zainteresowaniem MHD jest oddziaływanie ośrodka i pola magnetycznego.[5]

Zasada działania i budowa hutniczych urządzeń magnetohydrodynamicznych

Przez urządzenia do transportu ciekłego metalu rozumie się takie urządzenia MHD, które w sposób ciągły przemieszczają metal z jednego zbiornika lub też pracują w obiegu zamkniętym. Należą do nich pompy kondukcyjne i indukcyjne oraz rynny.[15]

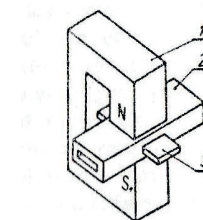
Pompy
Indukcyjne
Kondukcyjne
Rynny
Specjalne
Ogólnego przeznaczenia
Przepływomierze
Kontaktowe
Bezkontaktowe
Dozowniki
Do dawkowania porcjowanego
Do regulacji strugi ciągłej
Mieszadła
Do mieszania w strumieniu
Do mieszania w kadzi
Do mieszania w piecu
Urządzenia lewitacyjne
Indukcyjne
Kondukcyjne

Rys. 4 Podział urządzeń MHD.

Pompy kondukcyjne

Najprostszym urządzeniem MHD jest pompa kondukcyjna prądu stałego. Składa się ona z magnesu wytwarzającego stałe pole magnetyczne i cienkościennego kanału wykonanego przeważnie ze stali niemagnetycznej, umieszczonego w szczelnie między biegunami. Do boków kanału przyspawane są elektrody doprowadzające prąd

do ciekłego metalu. Prąd płynie zatem w kierunku prostopadłym do osi kanału; wtedy wektor indukcji pola magnetycznego jest prostopadły do kierunku płynięcia prądu. Elektrody zasila się albo z oddzielnego źródła prądu, albo też łączy w szereg z cewką elektromagnesu i zasila z jednego źródła. Oddziaływanie prądu płynącego przez kanał i zewnętrznego pola magnetycznego powoduje powstanie sił przemieszczających ciekły metal wzdłuż osi kanału. Kierunek działania sił określa tzw. „reguła lewej ręki” [5]



Rys. 5 Schemat ideowy pompy kondukcyjnej prądu stałego [2]

Siła $d\vec{F}$ działająca w elementarnej objętości ciekłego metalu dV równa jest iloczynowi wektorowemu indukcji magnetycznej \vec{B} i gęstości prądu \vec{J}

$$d\vec{F} = \vec{J} \times \vec{B} dV \quad (1)$$

W celu określenia średniego ciśnienia p wytwarzanego przez pompę należy wyrażenie (1) scałkować względem całej objętości ciekłego metalu i następnie podzielić otrzymany wynik przez powierzchnie przekroju poprzecznego kanału.

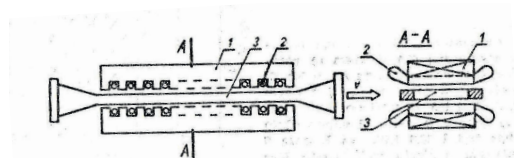
Pompy indukcyjne

Pompy indukcyjne można uważać za hydrauliczne maszyny asynchroniczne do transportu ciekłych metali.

Zasada działania pomp indukcyjnych jest taka sama, jak zasada działania asynchronicznych maszyn elektrycznych. Uzwojenie wielofazowe, rozłożone na płaskim lub cylindrycznym rdzeniu magnetycznym, wywołuje wirujące, biegnące lub pulsujące pole magnetyczne indukujące prądy wirowe w ciekłym metalu. Oddziaływanie wyindukowanych prądów na pole magnetyczne powoduje powstanie sił mechanicznych i tym samym różnicy ciśnień na wlocie i wylocie pompy.

Pompy indukcyjne ze względu na konstrukcję, dzielą się na śrubowe, płaskie i cylindryczne.

Typowa indukcyjna pompa MHD składa się ze wzбудnika złożonego z pakietowych rdzeni magnetycznych 1, na których nawinięte jest uzwojenie wielofazowe 2 oraz z kanału 3 z ciekłym metalem znajdującym się między rdzeniami. Ścianki kanału, w zależności od własności temperatury transportowanego metalu, mogą być stalowe, grafitowe lub ceramiczne.



Rys.6 Schemat pompy indukcyjnej.[1]

Przebieg procesu odzysku platyny z w pompie MHD

Wykorzystanie pompy magneto-hydrodynamicznej do odzysku platynowców ze zużytych katalizatorów samochodowych polega na tym, że ciekły metal umieszczony jest się w pierścieniowym kanale, wokół którego umieszczony jest wzbudnik nawinięty na rdzeniu wytwarzający pole wirowe o osi zgodnej z osią pierścienia, które oddziałują z polem elektromagnetycznym wzбудnika wytwarzając siłę Lorenza powodującą ruch wirowy metalu i wirujące pole elektromagnetyczne wytwarza w ciekłym metalu prądy wirowe. Umieszczenie w tak wytworzonym strumieniu ciekłego metalu katalizatorów pozwala na wypłukanie z ich kapilar platyny, palladu i rodu. Ciągły ruch metalu w istotny sposób in-

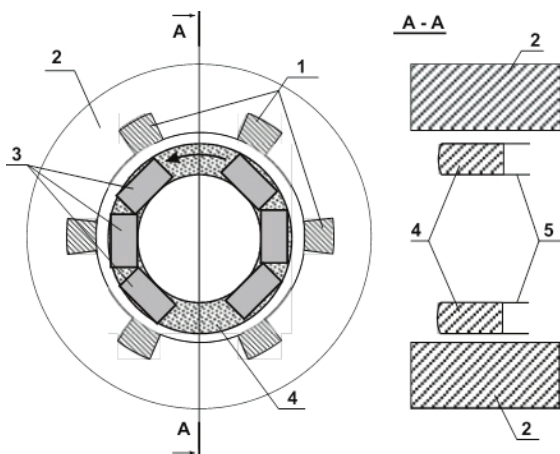
ten syfikuje proces wypłukiwania. Stosowanie tego samego metalu do przepłukiwania dużej liczby katalizatorów powoduje pojawienie się platynowców w roztworze ciekłego metalu, a następnie wzrost stężenia platynowców do wartości gwarantujących opłacalność ich ekstrakcji z ciekłego metalu. [7] Urządzenie takie zostało zbudowane i znajduje się na wydziale Inżynierii Materiałowej Politechniki Śląskiej.



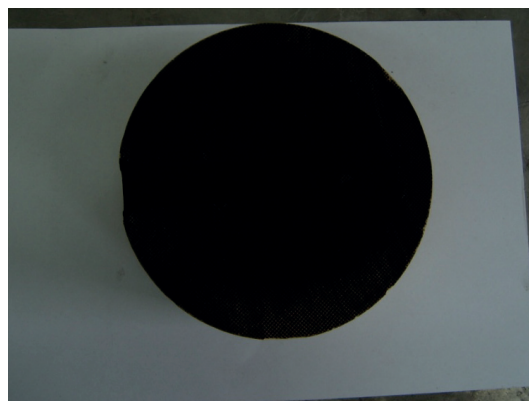
Rys. 8 Urządzenie wraz z szafką zasilającą

Przebieg procesu odzysku platyny w pompie MHD składa się z następujących etapów:

1. Przygotowanie wkładu ceramicznego albo metalicznego poprzez wycięcie go ze zużytego katalizatora. Rys. 9,10 przedstawiają widok wkładu ceramicznego bezpośrednio po wycięciu z katalizatora.



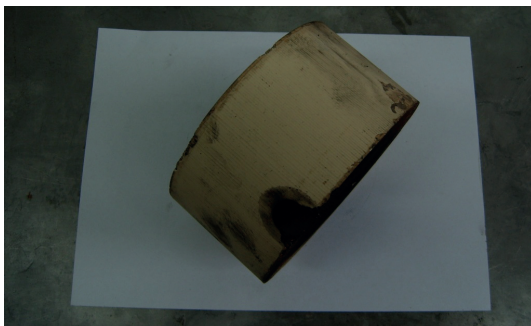
Rys 7 Metoda odzyskiwania platynowców ze zużytych katalizatorów samochodowych z wykorzystaniem pola elektromagnetycznego; 1 – uzwojenia; 2 – rdzeń magnetyczny; 3 – katalizatory; 4 – ciekły metal; 5 – kanał [7]



Rys. 9 Wkład ceramiczny katalizatora – widok z góry.

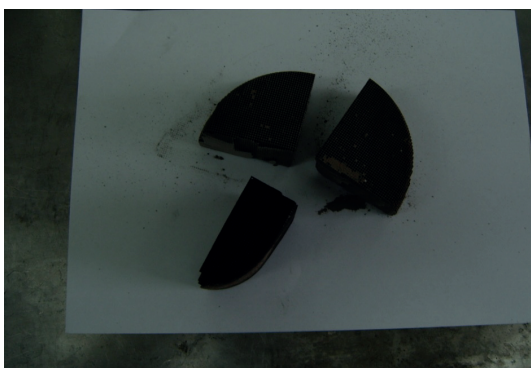
Literatura

1. Franciszek Fikus, Tadeusz Wieczorek, URZĄDZENIA MAGNETOHYDRONAMICZNE W ODLEWNIACH I HUTACH, wydawnictwo „Śląsk” 1979
2. Hagelüken C.: Recycling von Autoabgaskatalysatoren — Stand und Perspektive für Europa – Metall. 1995, nr 49, s. 486.
3. Demopoulos G. P.: J. Met., 1986, June, s. 13.
4. Dubiella-Jackowska A., Polkowska Ż., Namieśnik J.: Metalez grupy platynowców, a transport drogowy. Analitika nauka i praktyka, 2007, nr 4, s. 11.
5. <http://weirdscience.eu/Magnetohydrodynamika.html>
6. Analysis of electromagnetic and flow fields in the channel of a device used for precious metals leaching from auto catalytic converters. Agnieszka FORNALCZYK, Sławomir GOLAK, Roman PRZYŁUCKI PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY, Nr 3a/2013;



Rys. 10 Wkład ceramiczny katalizatora – widok z boku.

2. Następnie wkłady ceramiczne są rozdrabniane na, odpowiedniej wielkości, kawałki tak, aby mogły zmieścić się w uchwytach pokrywy urządzenia do odzyskiwania platyny. Rys. 11 przedstawia wkłady ceramiczne po rozdrobnieniu, natomiast rys. 12 przedstawia już rozdrobnione wkłady w uchwytach pokrywy urządzenia MHD. Uchwyty pozwalają na regulowanie głębokości umieszczenia wkładów we wnętrzu kanału z ciekłym ołowiem. Przepłukuje się jednocześnie kilka wkładów ceramicznych.

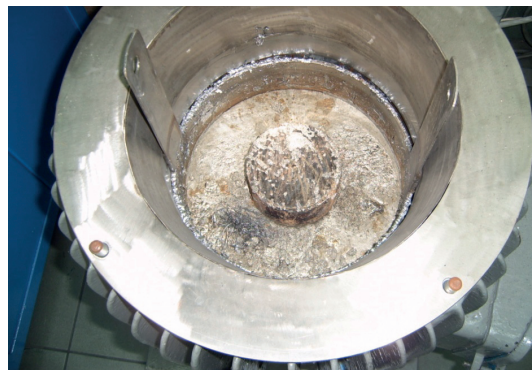


Rys.11 Wkład ceramiczny katalizator – rozdrobniony

Równocześnie załącza się urządzenie w celu otrzymania odpowiedniej temperatury powodującej stopienie ciekłego ołowiu znajdującego się w środku. Na rys. 13 widać urządzenie ze znajdującym się w środku ołowiem w fazie ciekłej.



Rys. 12 Pokrywa urządzenia wraz z uchwytami do mocowania wkładów ceramicznych.

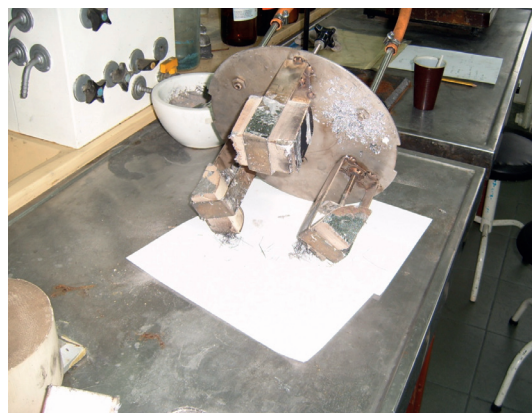


Rys. 13 Urządzenie do odzysku platyny. W środku widoczny ciekły ołów.



Rys. 14 Urządzenie z pokrywą z zamontowanymi wkładami ceramicznymi.

4. Następnie przepłukuje się przez kilkanaście minut wkłady ceramiczne ciekłym ołowiem, w celu wypłukania z kapilar pierwiastków aktywnych, ze stałą prędkością.



Rys. 15 Pokrywa z zamontowanymi wkładami ceramicznymi po procesie płukania.

Podsumowanie

Ze względu na dość wysoką cenę platyny, wiele osób zainteresowanych jest opracowaniem metody ich przerobu w kraju. Przedstawiona innowacyjna metoda odzysku platynowców ze zużytych katalizatorów przy zastosowaniu pompy MHD jest ciekawą propozycją.