

Recykling szkła pochodzenia motoryzacyjnego

Tomasz Słowik, Joanna Szyszlak-Bargłowicz, Grzegorz Zajęc, Wiesław Piekarski

W artykule omówiony został bardzo istotny problem dotyczący recyklingu szkła pochodzenia motoryzacyjnego wynikający częściowo z mało precyzyjnej m.in. w tym zakresie ustawy recyklingu samochodów w Polsce. Czy bezwzględnie ponosić kilkakrotnie wyższe koszty uzdatniania szyb z SWE (samochody wycofane z eksploatacji) w celu ponownego ich wytwarzania w tym przemyśle, oszczędzając jednocześnie zasoby naszej planety, czy z kolei stosunkowo tanio uzyskiwać motoryzacyjny asortyment szklany, a pozyskiwaną stłuczkę m.in. z SWE poddawać unieszkodliwieniu w innych postaciach lub zastosowaniach.

Słowa kluczowe: recykling, szkło hartowane, szkło laminowane.

Wstęp

Szkło stosowane w pojazdach i maszynach roboczych stanowi z reguły niewielki udział surowcowy, bo wynoszący średnio około 4% masy danego pojazdu [4], ale stwarzający dość wysokie wymagania w celu uzdatnienia go do ponownej produkcji po okresie eksploatacji.

Aby stłuczka szklana mogła być ponownie wykorzystana musi przejść proces uzdatniania, który polega na oczyszczeniu i pokruszeniu szkła do odpowiedniej wielkości (z reguły do 35 mm w przypadku powtórnego wykorzystania w hutach) (rys. 1).

Polskie huty wykorzystują niecałe 10% stłuczki szklanej [9]. W Polsce istnieje praktycznie jedna firma, która jest w stanie poddać recyklingowi każdy rodzaj szkła, m.in. właśnie szkło laminowane (klejone) oraz hartowane. Jest to przedsiębiorstwo DSS Recykling, które funkcjonuje na naszym rynku od 1994 roku, natomiast w linii do przeróbki szkła z SWE zainwestowała w 1997 roku, które z kolei technologicznie zmodernizowano po połączeniu kapitałowym z niemiecką firmą Reiling Glass Recykling w 2005 roku [10]. Obecnie roczna ilość przetwarzanego szkła samochodowego na liniach DSS Recykling kształtuje się na poziomie 5 000 Mg, co przy oficjalnym wskaźniku rocznego przerobu SWE na poziomie 220 000 szt. stanowi 75% potencjalnych odpadów pochodzących z SWE.

1. Charakterystyka odpadów szklanych

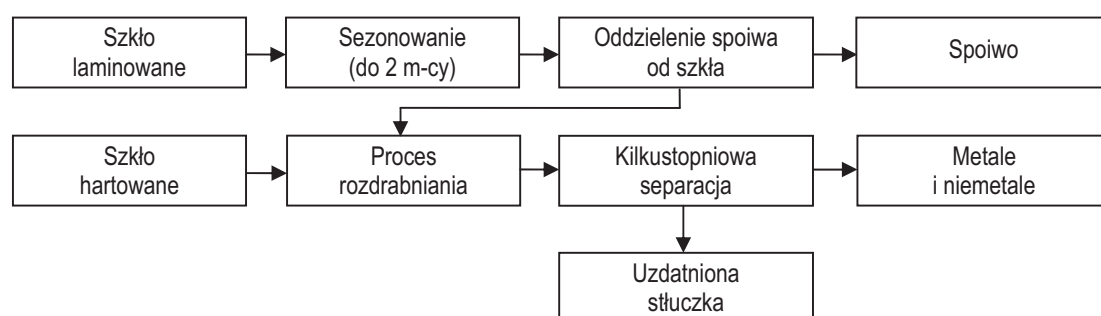
Szkło to amorficzna ciecz przechłodzona, do produkcji którego w tradycyjnej postaci jako surowce wykorzystuje się: piasek kwarcowy (SiO_2) jako bazę, dodatki węglańu sodu (Na_2CO_3) i węglańu wapnia (CaCO_3), topniki (tlenek boru B_2O_3 i tlenek ołowiu PbO), ewentualnie barwniki takie jak kadm

czy mangan. Powyższe składniki są topione w temperaturze 1400-1500°C, po czym następuje szybkie schłodzenie, żeby nie doszło do pełnej krystalizacji piasku kwarcowego (krzemionki) i aby pozostało jak najwięcej fazy amorficznej.

Zużycie energii dla produkcji szkła płaskiego wynosi przeciętnie 5,5-8,0 GJ/Mg topionego szkła, natomiast zużycie jednostkowe dla całego procesu zwykle nie przekracza 8 GJ/Mg gotowego wyrobu [6].

W produkcji pojazdów wszelkiego typu stosuje się dwa rodzaje szkła tzw. bezpiecznego: szkło klejone warstwowe przeznaczane na szyby przednie (jako spoiwa pomiędzy tafłami szkła hartowanego używa się np. poliwinyllobutyralu PVB lub żywicy), tafli szkła hartowanego montowanych jako szyby boczne i tylne, a także jako szyby rozpraszające w reflektorach świateł przednich starszych pojazdów samochodowych.

Szkło hartowane charakteryzuje się większą wytrzymałością mechaniczną i większą odpornością na powierzchniową różnicę temperatur. Otrzymuje się je przez poddanie szkła zwykłego odpowiedniej obróbce termicznej polegającej na podgrzaniu do temperatury 680-720°C i bardzo szybkim schłodzeniu sprężonym powietrzem (temperatura obróbki termicznej + czas „pieczenia” oraz czas chłodzenia zależny jest od gatunku szkła) – co powoduje zmianę jego mikrostruktury – tworzy się bardzo regularna sieć drobnych kryształków krzemionki poprzedzielana niewielkimi domenami fazy amorficznej. Na skutek takiej wysoce krystalicznej struktury, przy rozbiciu szkło to rozpada się na małe kawałeczki o nieostrych (lecz mimo wszystko kaleczących ludzką skórę) krawędziach. Używane jest ono głównie do produkcji szyb samochodowych, a także w budownictwie.



Rys. 1. Przykładowy schemat uzdatniania odpadów szklanych z SWE

Źródło: Opracowanie własne.

Właściwości szkła są uzależnione od sposobu wytopu oraz w ograniczonym zakresie od składu chemicznego. Szkło to nie posiada stałej temperatury topnienia, jest materiałem izotropowym i słabym przewodnikiem dla elektryczności, natomiast posiada dużą odporność chemiczną (poza odpornością na kwas fluorowodorowy). Właściwości mechaniczne szkła zwykłego na podstawie wybranych parametrów są następujące: gęstość szkła budowlanego 2400-2600 kg/m³, twardość w skali Mohsa 5-7, wytrzymałość na zginanie 30-50 MPa, wytrzymałość na ściskanie 800-1000 MPa, moduł Younga 70 GPa.

Z kolei szkło hartowane charakteryzuje się jeszcze wyższymi parametrami wytrzymałości mechanicznej (głównie na uderzenie i na zginanie), bo 3-4 razy wyższymi niż zwykłe szkło oraz wyższą odpornością na naprężenia termiczne i gwałtowne zmiany temperatury (wynoszącymi nawet do 200°C).

Ogólnie odpady klasyfikowane są, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie katalogu odpadów, na 20 grup w zależności od źródła powstawania [1], natomiast odpady szklane można zaklasyfikować do jednej z pięciu wybranych grup przedstawionych w tabeli 1.

W zakresie ekologii produkcji szkła emisje do powietrza są specyficznymi oddziaływaniami tego sektora na środowisko, przy czym najpoważniejszym problemem jest emisja dużych ilości tlenków azotu z którymi wdrożone instalacje radzą sobie na granicy wartości dopuszczalnych. Pozostają jeszcze pyły i tlenki siarki. Zarówno z pyłami jak i tlenkami siarki instalacje są wysoce efektywne, a dodatkowo w warunkach polskich przy zastosowaniu jako paliwa gazu ziemnego o niskiej zawartości siarki – większość emisji pochodzi z rozkładu siarczanu wapnia lub sodu używanych do klarowania oraz innych dodatków zawierających niewielkie ilości siarki (np. Calumite). Stąd utrzymanie reżimu technologicznego zapewnia, że emisje SO_x są niewielkie i nie powodują przekroczeń wartości dopuszczalnych. W przypadku potrzeby dalszej redukcji emisji (np. dla osiągnięcia celów planu ochrony powietrza) można zastosować zawracanie pyłu (zawierającego siarczan) do zestawu szklarskiego i zredukować ilości dodawanej substancji klarującej [6].

2. Potencjał SWE

Problem poprawnego zagospodarowania odpadów pochodzących z wszelkiego typu pojazdów w Polsce ciągle trwa, pomimo wejścia w życie pierwszych aktów prawnych dotyczących pojazdów już w 2005 roku [5]. Nieprecyzyjne uaktualniane uregulowania prawne w dalszym ciągu nie ograniczają powyższego problemu, a brak odpowiednich działań skutkowało będzie bezwzględnie pogorszeniem komfortu życiowego współczesnych cywilizacji, niszczeniem środowiska przyrodniczego i krajobrazu oraz postępowaniem chorób cywilizacyjnych.

Według obecnych szacunków UE, 49% wytwarzanych odpadów jest deponowanych na składowiskach, 18% jest podda-

wanych spalaniu, a tylko 33% podlega recyklingowi – włącznie z procesem kompostowania [2]. Spowodowane jest to brakiem stosowania niejednokrotnie drogiej technologii w myśl zasady, że „ekologia jest nieekonomiczna”.

Art. 7 ust. 2 dyrektywy 2000/53/WE w sprawie pojazdów wycofanych z eksploatacji (DzUrz WE L 269, z 21.10.2000, str. 34) stanowi, że Państwa członkowskie zapewnią, iż w okresie od dnia 1 stycznia 2006 r. do dnia 31 grudnia 2014 r. zostaną osiągnięte poziomy odzysku i recyklingu pojazdów wycofanych z eksploatacji w wysokości odpowiednio 85% i 80% masy pojazdów przyjętych do stacji demontażu rocznie.

Z zaprezentowanych w tabeli 2 wybranych współczynników odzysku materiałów pochodzących z recyklingu SWE, widać zależności wysokiego popytu na takie materiały jak stal i metale kolorowe, po brak zainteresowania w przypadku szkła, tworzyw sztucznych i pozostałych materiałów. Taki stan polskiego recyklingu pojazdów jest spowodowany nieprecyzyjnymi przepisami prawnymi oraz działalnością lobbingsową poszczególnych sektorów działających na rynku „odpadów”. Stacje demontażu pojazdów (SDP) współpracujące z lobbystami nie demontują i nie segregują należycie materiałów których współczynniki znajdują się w przedziale od zera do kilkudziesięciu procent – traktując je jako dodatkowy wsad energetyczny w dalszych procesach utylizacji czy odzysku. Druga część SDP, nastawiona na dokładną segregację i przez to znajdująca się w rankingach efektywności na dalszych miejscach jest przez lobbystów ignorowana i automatycznie zmuszana do ponoszenia wyższych kosztów prowadzenia tego typu działalności gospodarczej.

Biorąc pod uwagę skalę tego zjawiska i ciągłe naciąganie w raportach dla Wojewódzkich Inspektoratów Ochrony Środowiska, należy wprowadzić ostrzejsze obwarowania prawne takiego proceduru lub zaproponować możliwości lokalnego od-

Tab. 2. Współczynniki odzysku materiałów w procesie recyklingu SWE [12]

Materiał	Współczynnik odzysku materiału [%]
Stale	90-100
Żeliwa	60-80
Aluminium	70-90
Miedź	40-60
Ołów	60-100
Cynk	50-60
Platynowce	65-70
Guma i pozostałe elastomery	30-50
Tworzywa sztuczne	0-30
Materiały eksploatacyjne	5-85
Szkło	0-40
Pozostałe materiały	0-30

Tab. 1. Wybrana klasyfikacja odpadów ze szkła

Kod	Rodzaj odpadu	Opis
15 01 07	Opakowania ze szkła	odpady opakowaniowe, takie jak butelki, słoiki; powstają w gospodarstwach domowych, a także zakładach przemysłowych
16 01 20	Szkło	odpady z demontażu, przeglądu i konserwacji pojazdów w postaci całych lub uszkodzonych szyb samochodowych oraz szkieł rozpraszających reflektorów
17 02 02	Szkło	odpady szkła płaskiego z okien, drzwi, szklanych pustaków, elementów elewacyjnych itp. z sektora budowlanego
19 12 05	Szkło	odpady powstające z mechanicznej obróbki odpadów (np. obróbki ręcznej, sortowania, zginięcia, granulowania)
20 01 02	Szkło	segregowane i gromadzone selektywnie szklane odpady komunalne z wyłączeniem odpadów opakowaniowych

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [1 i 11].

zysku odpadów w postaci potencjalnych surowców w innych sektorach naszej gospodarki.

W Polsce corocznie poddaje się recyklingowi około 220 000 szt. SWE, co przy założonym 4 procentowym udziale szkła w całości takiego pojazdu daje przeszło 8 000 Mg stłuczki. Z różnicy danych przytoczonych powyżej wynika, że około 3 000 Mg stłuczki szklanej powinno odzyskiwać się lokalnie. Nie oznacza to jednak braku mocy przerobowych, które w polskich realiach są znacząco większe od zasobów masy szkła uzyskanego z liczby SWE.

W celu poprawności funkcjonowania i należytego rozwoju kompleksowych struktur gospodarowania odpadami, nie tylko w segmencie motoryzacyjnym, niezbędne jest:

- stosowanie innowacyjnych technologii,
- wdrożenie bardziej precyzyjnych uregulowań prawnych,
- pozyskiwanie w jak największym stopniu bezzwrotnych środków finansowych.

Podsumowanie

Stosowanie stłuczki w procesie topienia szkła ma duże znaczenie ekonomiczne, wynikające głównie ze zmniejszenia zużycia surowców i energii. Każdy Mg stłuczki wprowadzony do zestawu składników to oszczędność w przypadku szkła sodowo-wapniowego około: 800 kg piasku, 250 kg sody, 180 kg mączki wapiennej. Ponieważ do wyprodukowania 1 Mg sody zużywa się około 1000 kg wapienia i 1150 kg soli kuchennej, zatem oszczędności surowcowe mają jeszcze większy wymiar [3].

Udział stłuczki w zestawie pozwala na obniżenie zużycia ciepła potrzebnego do wytopienia szkła. Teoretyczna ilość ciepła potrzebna do wytopienia szkła ze stłuczki wynosi około 2/3 ilości ciepła potrzebnego do wytopienia szkła z surowców. Dodatek 1% stłuczki do zestawu zmniejsza zużycie teoretycznego ciepła o około 8 kJ/kg szkła [7].

Z drugiej strony problematyczne są koszty uzdatnionej stłuczki, ponieważ koszt wyprodukowania jednostki szkła ze znacząco zanieczyszczonego odpadu jest nawet kilkukrotnie wyższy od szkła wyprodukowanego z pierwotnych surowców [8].

Ponadto najbardziej pożądaną przez huty stłuczka jest stłuczka o idealnej czystości, stabilnym i znanym składzie chemicznym, a także o jak najniższej cenie jednostkowej, a taki stan rzeczy w przypadku stłuczki z SWE stanowi poważne wyzwanie technologiczno-organizacyjne. W zależności od źródła pochodzenia stłuczki zanieczyszczenia w niej występujące zawierają się w ilościach od 5 do nawet 35%. Wynika to z niewłaściwego demontażu, nieprawidłowego przechowywania, czy transportowania uniwersalnymi wywrotkami i/lub

wagonami – które nie zawsze są należycie posprzątane po uprzednim ładunku.

Z pośród licznych zastosowań przewidzianych dla stłuczki szklanej w postaci surowca lub dodatku warto wymienić te najbliższe innowacyjnym rozwiązaniom w których jest stosowany jako: surowiec do produkcji kulek szklanych wykorzystywanych np. do szkiełkowania, surowiec do produkcji nowatorskich polyskujących tynków wewnętrznych i zewnętrznych, dodatek w nośnikach katalizatorów i materiałów filtracyjnych, a także jako granulatu wykorzystywany w kompozycjach architektoniczno-ogrodniczych. Właśnie to ostatnie zastosowanie jest szansą dla SDP ignorowanych przez lobbystów, ponieważ można wykorzystać gotową praktycznie stłuczka lokalnie, bez ponoszenia znaczących kosztów logistycznych i technologicznych.

Bibliografia

1. DzU 2001, art. 112, poz. 1206. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów.
2. Kostecka A., *Europejska strategia odpadowa*. Recykling, nr 4(64)/2006.
3. Kuśnierz A., *Stłuczka szklana. Kłopotliwy odpad czy cenny surowiec?* Świat Szkła 1/2011.
4. Menes E., *Recykling samochodów – konieczność gospodarcza i ekologiczna. Problemy recyklingu*, Materiały I Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej, Rogów 2001.
5. Merkiś-Guranowska A., *Aspekty rozwoju recyklingu w Polsce*. Poznań – Radom 2005.
6. Ministerstwo Środowiska. *Najlepsze dostępne techniki (BAT). Wytyczne dla branży szklarskiej*. Praca zrealizowana na zamówienie Ministra Środowiska sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, Warszawa 2004.
7. *Określenie kryteriów zmniejszania zużycia ciepła w przemyśle szklarskim* – oprac. ISiC Oddział w Krakowie, 1992.
8. Oprędkiewicz J., Stolarski B., *Technologia i systemy recyklingu samochodów*. WNT, Fundacja „Książka Naukowo-Techniczna” 2003.
9. Osiński J., Żach P., *Wybrane zagadnienia recyklingu samochodów*. WKiŁ, Warszawa 2006.
10. Pękala R., *Recykling odpadów szklanych*. Świat Szkła 7-8/2006.
11. Sordoń-Kulibaba B., *Zagospodarowanie odpadów szklanych*. Świat Szkła 7-8/2008.
12. Uzdowski M., *Niektóre aspekty recyklingu szkła z pojazdów*. Autobusy 10/2011.

Glass recycling from automotive sources

The article discusses the dilemma for the origin of the automotive glass recycling due in part to low precision in this area car recycling law in Poland. It absolutely bears the cost of treatment several times higher glass recycled from cars to re-manufacture in the industry at the same time saving our planet's resources, and in turn get a relatively cheap range of automotive glass and sourced cullet from recycled cars undergo disposed of in other applications.

Key words: recycling, tempered glass, laminated glass.

Autorzy:

dr inż. **Tomasz Słowik** – Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

dr inż. **Joanna Szyszlak-Bargłowicz** – Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

dr inż. **Grzegorz Zajac** – Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

prof. dr hab. inż. **Wiesław Piekarski** – Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie