

Wykorzystanie klejonych szyb samochodowych w produkcji szkła piankowego

dr inż. Anna Zawada



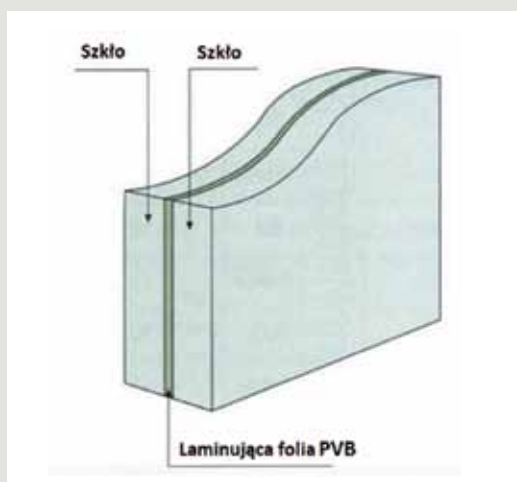
Adiunkt w Instytucie Inżynierii Materiałowej Politechniki Częstochowskiej i członek Stowarzyszenia Polskich Wynalazców i Racjonalizatorów. Zainteresowania naukowe oscylują w obszarze szkła, dewitryfikatorów oraz materiałów spiekanych na bazie drobnofrakcyjnych surowców odpadowych.
e-mail: zawada@wip.pcz.pl

DR INŻ. ANNA ZAWADA, DR INŻ. IWONA PRZERADA, DR INŻ. MAŁGORZATA LUBAS

POLITECHNIKA CZĘSTOCHOWSKA, WYDZIAŁ INŻYNIERII PRODUKCJI I TECHNOLOGII MATERIAŁÓW, INSTYTUT INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ

Wprowadzenie

Szko laminowane, inaczej zwane klejonym lub VSG (z niem. *Verbund Sicherheitsglas*) [1], stosowane jest na szeroką skalę zarówno w branży motoryzacyjnej, jak i materiałów budowlanych. Z racji swojej budowy stanowi ono, obok szkła hartowanego, jedną z alternatyw przeszkleń bezpiecznych. Aby tafle szkła pełniły odpowiednią funkcję ochronną w razie przypadkowego lub celowego uszkodzenia, ich konstrukcja musi zapewnić odpowiedni sposób pęknięcia. Podczas zniszczenia nie mogą stanowić zagrożenia dla ludzkiego życia lub zdrowia. Tego typu szyby składają się z dwóch lub więcej tafli szkła, trwale połączonych wysokowytrzymałymi i elastycznymi warstwami pośrednimi z folii PVB (folia poli-winylo-butylalowa) (rysunek 1). W przypadku przecięcia występujących np. w trakcie kolizji drogowej, szkło pęka, ale jego fragmenty przyklejone do elastycznej warstwy PVB nie odpryskują. W rezultacie uszkodzona konstrukcja ma trwałą stabilność, przeszklony otwór pozostaje zamknięty, a odłamki szkła są związane z folią, co zmniejsza ryzyko doznania obrażeń ciała.



Rys. 1. Schemat szkła bezpiecznego typu VSG. [1]

STRESZCZENIE

W pracy poddano ocenie możliwości wykorzystania odpadów z szyb samochodowych klejonych typu VSG oraz złomu ceramicznego w procesie spieniania. Próbkę poddano procesowi spieniania z zastosowaniem dobranych eksperymentalnie, optymalnych parametrów temperaturowych. Otrzymane szkło piankowe zbadano pod kątem mikrostruktury. Oceniono wpływ obecności złomu ceramicznego na proces tworzenia się piany w trakcie spieniania słuczki szklanej.

SUMMARY

The use of laminated car glass in the production of foam glass

In the paper the possibilities of using waste from laminated car glass type VSG in the foaming process with the addition of ceramic scrap were assessed. The samples were subjected to the foaming process using experimentally selected optimal temperature parameters. The microstructure of the obtained foam glass was examined. The influence of the ceramic scrap on the process of foam formation was determined.

SŁOWA KLUCZOWE

recykling, szkło piankowe, klejone szyby samochodowe, proces spieniania

KEYWORDS

recycling, foam glass, laminated glass, foaming process

Budowa i grubość elementów zależą od wymagań stawianych konstrukcjom. Łącząc różne rodzaje szkła i warstw folii, można

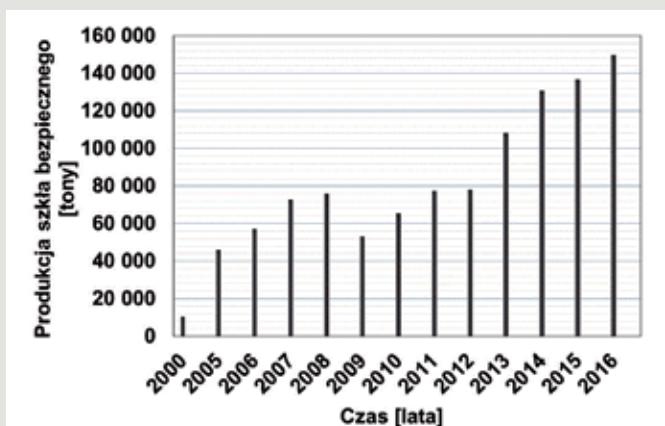
osiągnąć odpowiednie właściwości przeszkleń przeznaczonych do konkretnych zastosowań, m. in. jako:

- przeszklania w budynkach szkół i przedszkoli,
- przeszklania dachowe, okien, drzwi w budynkach prywatnych i użyteczności publicznej,
- pojedyncze przeszklania w drzwiach, poręcze schodów, ścianki działowe, zabudowy balkonów,
- okna antywłamaniowe, witryny sklepowe,
- przeszklania w szpitalach psychiatrycznych czy placówkach medycznych należących do zakładów karnych,
- szkło pancerne, np. w pomieszczeniach bankowych, urzędach pocztowych, w obszarach przemysłowych i wojskowych itp.,
- przeszklania w terrariach czy akwariach w ogrodach zoologicznych oraz aquaparkach,
- przeszklania do pojazdów, samolotów i statków.

Ze względu na budowę standardowych rodzajów szkieł laminowanych można wyróżnić [2]:

- szkło bezpieczne klasy O2 – dwie tafle szkła płaskiego o grubości 3 mm i jedna warstwa folii PVB,
- szkło antywłamaniowe klasy P2 – dwie tafle szkła płaskiego o grubości 4 mm i 2 warstwy folii PVB,
- szkło antywłamaniowe klasy P4 – dwie tafle szkła płaskiego o grubości 4 mm i 3 warstwy folii PVB.

Zarówno na świecie, jak i w Polsce sukcesywnie wzrasta produkcja szyb klejonych. Według danych Głównego Urzędu Statystycznego, masa produkowanego szkła bezpiecznego wielowarstwowego o wymiarach i kształtach odpowiednich do wbudowania w pojazdach, statkach powietrznych, kosmicznych lub wodnych, w Polsce w ciągu dziesięciu lat wzrosła prawie trzykrotnie (rysunek 2), z 57 043 ton w 2006 roku do 149 654 ton w 2016 roku [3].



Rys. 2. Produkcja szkła bezpiecznego wielowarstwowego w Polsce w latach 2000–2016. [3]

Wraz ze wzrostem produkcji szyb klejonych na polskim rynku, notuje się również tendencję wzrostową ilości odpadów z tego sektora przetwarzanych w ciągu roku. Proces odzysku szkła z szyb klejonych opiera się na wstępnym kruszeniu, sezonowaniu na wolnym powietrzu w celu zmniejszenia sił adhezyjnych między folią i szkłem oraz separacji ferromagnetycznej i nieferromagnetycznej. Zazwyczaj proces odzysku szkła kończy się na tym etapie. Stłuczka szklana transportowana jest do hut, a pozostałości z linii recyklingu, tj. folia PVB z resztkami szkła jest zagospodarowywana jako odpad „balastowy”, nieużyteczny z punktu widzenia

możliwości powtórnego wykorzystania.

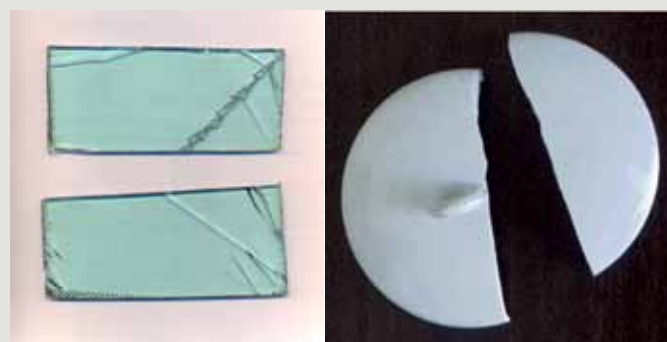
Folia PVB, pomimo wysokiej kaloryczności, ze względu na stosunkowo dużą zawartość przyklejonego szkła oraz słabe właściwości palne, nie jest chętnie stosowana jako paliwo alternatywne. Opracowane technologie wykorzystujące folię PVB do wytwarzania paliwa alternatywnego np. w procesie krakingu termicznego, wymagają możliwie dokładnego usunięcia szkła z folii [4, 5]. Jedną z metod stosowanych w tym celu jest zmielenie folii, aż do rozdrobnienia pozostałości szkła do postaci miałkiego proszku, a tym samym utrzymaniu folii PVB wolnej od szkła.

W pracy przedstawiono możliwość wykorzystania rozdrobnionej frakcji szkła VSG w produkcji szkła piankowego z dodatkiem złomu ceramicznego, który często występuje w odpadach dostarczanych do zakładów zajmujących się ich przetwarzaniem. Obecność złomu ceramicznego w stłuczce szklanej, odbieranej przez huty szkła, niejednokrotnie dyskwalifikuje wykorzystanie jej w procesie technologicznym produkcji klasycznych wyrobów szklanych.

EKSPERYMENT

Materiały i synteza

Celem pracy była synteza i charakterystyka szkła piankowego otrzymanego na bazie szkła klejonego VSG (przednia szyba samochodowa) z dodatkiem złomu ceramicznego (porcelana laboratoryjna) w ilości 1 i 5% wagowych (tabela 1).



Rys. 3. Materiał do badań: a) stłuczka szklana ze szkła klejonego typu VSG; b) porcelana laboratoryjna.



Rys. 4. Ujednorodniony zestaw surowcowy.

Zarówno stłuczkę szklaną ze szkła klejonego (rysunek 3a), jak i porcelanę (rysunek 3b), poddano procesowi rozdrabniania za pomocą młynka planetarnego Fritsch Mono Pulverisette, do uziarnienia poniżej 63 μm , a następnie zmieszano i ponownie przemielono w celu

ujednorodnienia (rysunek 4). Proces mielenia umożliwił oddzielenie folii od szkła.

Do zestawów surowcowych, jako środek spieniający, dodano węgiel aktywny w ilości 1%. Ilość środka spieniającego nie musiała być wyższa, z uwagi na duże prawdopodobieństwo pozostania resztek folii po procesie mielenia. Z tak przygotowanych zestawów ręcznie uformowano próbki w postaci tabletek, które następnie poddano procesowi spienienia w piecu elektrycznym, w temperaturze 900°C w czasie 3 minut.

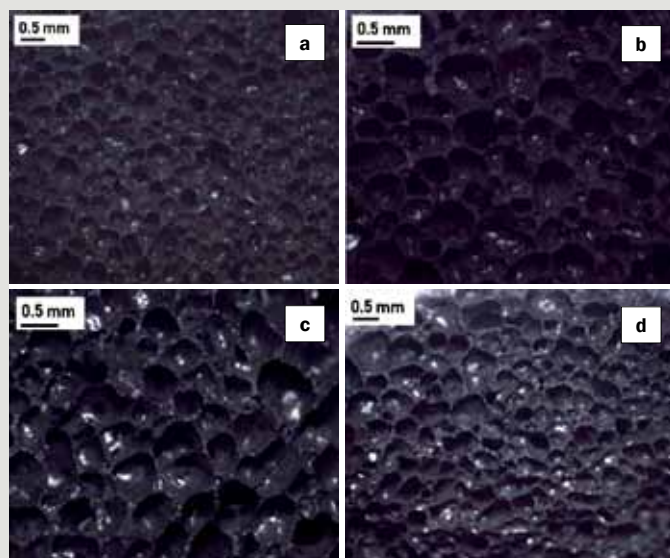
Tab. 1. Zestawy surowcowe na szkło piankowe.

Surowiec	I zestaw	II zestaw
	% wag.	
Stłuczka szklana ze szkła klejonego	98	94
Porcelana	1	5
Węgiel aktywny	1	1

Otrzymany materiał piankowy poddano analizie mikrostrukturalnej przy wykorzystaniu stereoskopowej mikroskopii optycznej oraz skaningowej (elektronowy mikroskop skaningowy JEOL – 6610LV).

Wyniki badań

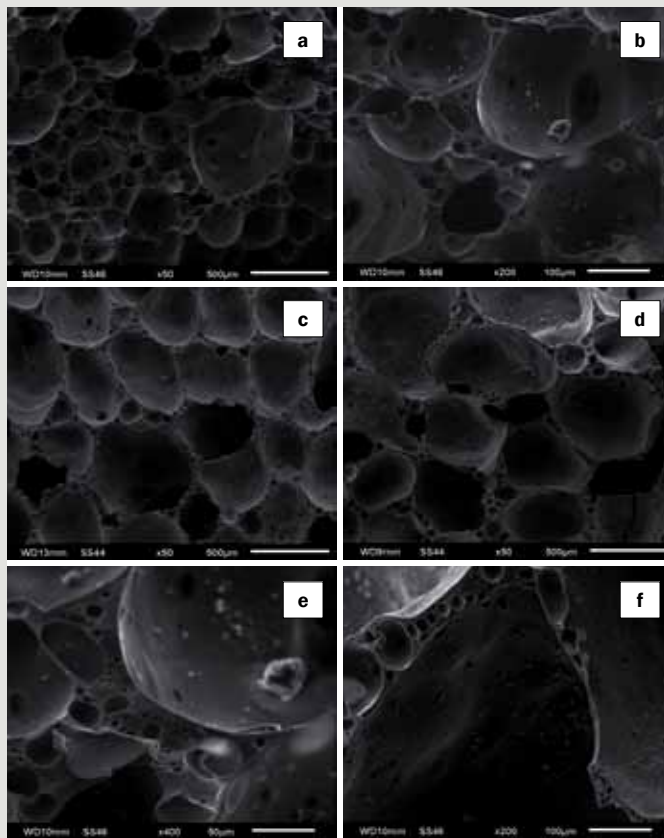
Obserwacje przeprowadzone na stereoskopowym mikroskopie optycznym, pozwoliły ocenić jednorodność otrzymanej piany oraz określić wielkość i kształt powstałych porów. Na rysunku 5 przedstawiono przykładowe mikrostruktury szkła piankowego otrzymanego w procesie spieniania z dodatkiem porcelany w ilości 1% wag. (a, b) oraz 5% wag. (c, d).



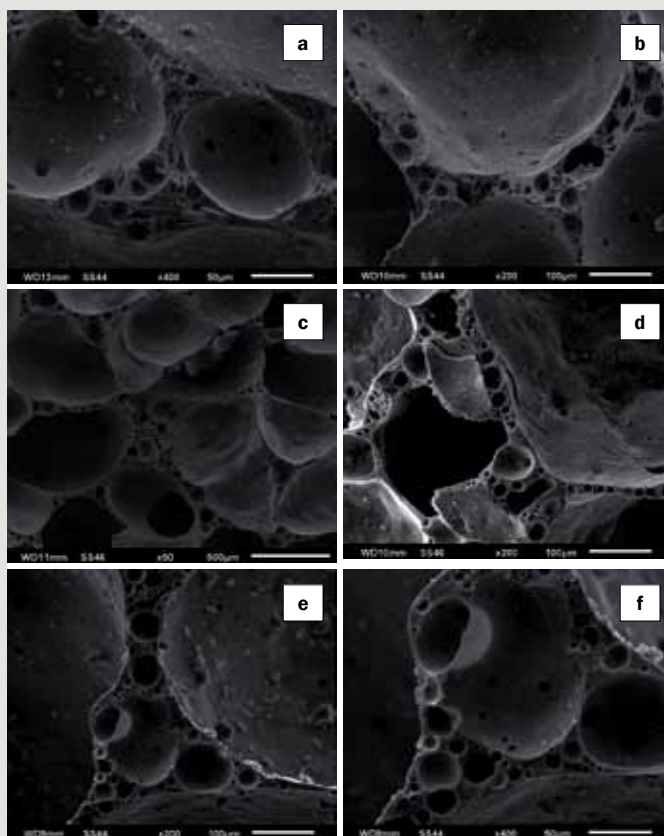
Rys. 5. Mikrostruktura szkła piankowego otrzymanego na bazie szkła klejonego typu VSG z dodatkiem porcelany w ilości: a, b) 1%; c, d) 5%.

Jak można zaobserwować, obydwa zestawy poddane procesowi spieniania uzyskały jednorodną, porowatą strukturę w całej objętości. Potwierdzają to również obrazy mikrostruktur, z różnych obszarów przekroju piany, uzyskane z wykorzystaniem mikroskopu skaningowego – rysunki 6, 7.

Zdjęcia mikrostruktury spienionego szkła typu VSG (rysunki 6 i 7) ukazują brak jednoznacznego wpływu różnego udziału porcelany w badanych zestawach na stopień spienienia. W obu przypadkach (1% porcelany i 5% porcelany) powstała piana posiadała



Rys. 6. Mikrostruktura (SEM) szkła piankowego otrzymanego na bazie szkła klejonego typu VSG z dodatkiem porcelany w ilości 1%.



Rys. 7. Mikrostruktura (SEM) szkła piankowego otrzymanego na bazie szkła klejonego typu VSG z dodatkiem porcelany w ilości 5%.

równomierny w całej objętości próbki rozkład porów, charakteryzujących się zróżnicowaną wielkością, w większości o regularnych, globularnych kształtach. Ścianki pomiędzy dużymi porami zawierały wewnętrzne, drobne pory, co pozwala przypuszczać, że materiały otrzymane na bazie takiego szkła będą charakteryzować się dobrą izolacyjnością zarówno cieplną, jak i dźwiękową.

PODSUMOWANIE

W pracy zaprezentowano sposób przekształcenia w procesie spieniania odpadowego szkła klejonego typu VSG w wartościowy materiał izolacyjny. Ten sposób zagospodarowania, co jest bardzo istotne ze względów ekonomicznych, nie wymaga bardzo precyzyjnego oddzielenia szkła od folii, gdyż folia (jej resztki po procesie rozdzielania) w procesie spieniania pełni rolę środka spieniającego, pozwalając ograniczyć dodatek węgla do minimum. Dokładne oznaczenie ilości wprowadzonej do zestawu, pozostawionej po procesie mielenia folii umożliwi określenie ilości środka spieniającego, koniecznej do uzyskania powtarzalnej porowatej struktury.

Oddzielenie resztek szkła od folii PVB, spajającej powierzchnie tafli szkła płaskiego, pozwoli na wykorzystanie jej w procesie wytwarzania paliwa alternatywnego, natomiast uzyskane szkło w całości może zostać zagospodarowane w procesie produkcji wyrobów izolacyjnych, cieszących się coraz większym zainteresowaniem.

Obecność złomu ceramicznego (na bazie surowców ilastych – porcelana) w stłuczce szklanej, odbieranej przez huty szkła, niejednokrotnie dyskwalifikuje wykorzystanie jej w procesie

technologicznym produkcji klasycznych wyrobów szklanych. Z przeprowadzonych badań wynika, że obecność tego zanieczyszczenia w zestawie przeznaczonym do spienienia (w ilości do 5%) nie wpływa negatywnie na uzyskany produkt.

Szkło piankowe, z racji jego parametrów, można stosować tam, gdzie wymagana jest doskonała izolacja cieplna i dźwiękochłonna, niepalność oraz występuje stałe zawilgocenie.

LITERATURA

- [1] <http://adler-glas.pl/pl/katalog-szkla/szklo-laminowane-bezpieczne-tzw-vsg/>
- [2] Mederski T., Gawdzik A., *Recykling odpadów z szyb samochodowych i szkła budowlanego z folią PVB*, DOI: 10.2429/proc.2016.10(1)079
- [3] *Produkcja wyrobów przemysłowych w 2016 r.*, Warszawa: Główny Urząd Statystyczny; „Rocznik Statystyczny”, lipiec 2016.
- [4] United States Patent no US CN203244203 U. *Cracking-prevention interlayer glass cup*. 23.04.2013, <https://www.google.ch/patents/CN203244203U?cl=en&hl=pl&dq=203244203>
- [5] United States Patent no US US20050146074 A1. *Methods for molding and processing polyvinyl butyral resin, and method for reusing laminated glass*. 29.12.2004, <https://www.google.ch/patents/EP1550537A1?hl=pl&dq=US20050146074>

ARTYKUŁY NAUKOWE

Nowe technologie, odkrycia historyczne, prace badawcze – artykuły naukowe w naszym czasopiśmie są recenzowane i otrzymują 7 pkt. w ocenie MNiSW.

Informacje dla autorów: www.szklo-ceramika.pl

Materiały można przesyłać na: redakcja@szklo-ceramika.pl

S+C
Szkło i Ceramika

7 PKT
w ocenie MNiSW

**Nie wystarczy czytać czasopismo,
trzeba z nim współpracować**

SiC nr 12 (1962), s. 33