

Immobilizacja nieorganicznych odpadów stałych w materiałach spiekanych

Streszczenie

Badaniami objęto materiały odpadowe w postaci żużla, stłuczki oraz włókna szklanego. Z mieszanin odpadów sporządzono zestawy w odpowiednich proporcjach surowcowych, poddano obróbce termicznej oraz wykonano szereg badań. Przeprowadzono analizę mikrostrukturalną, wyznaczono gęstość pozorną, porowatość otwartą oraz nasiąkliwość otrzymanych spieków. Stosując metodę scratch test wykonano badanie odporności na zarysowanie diamentowym stożkiem. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, iż wzrost zawartości stłuczki szklanej w próbkach powodował duży wzrost gęstości pozornej kosztem zmniejszenia porowatości badanych materiałów.

Słowa kluczowe: spiekanie, stłuczka szklana, żużel, włókno szklane.

Immobilization of solid waste materials sintered

Abstract

The study included waste materials in the form of slag, cullet and fiberglass. Done with a mixture of waste in the appropriate proportions set of raw materials, and subjected to a heat treatment, a series of tests. An analysis of microstructural, determined the apparent density, open porosity and water absorption, obtained by sintering. Using the scratch test method tests were performed scratch resistance diamond cone. The research found that the increase in cullet content in the samples resulted in a large increase in the apparent density at the expense of reducing the porosity of the materials tested.

Keywords: sintering, cullet, slag, fiberglass.

Wprowadzenie

Intensywny rozwój gospodarczy świata i wzrost poziomu życia mieszkańców krajów wysoko rozwiniętych doprowadził do powstania olbrzymiej ilości bardzo szkodliwych i niebezpiecznych odpadów. Niewłaściwe postępowanie z odpadami stwarza zagrożenie nie tylko dla środowiska, w którym żyjemy ale również dla nas samych. W Polsce ogólna zasada jaka obowiązuje w gospodarce odpadami mówi o ograniczaniu i zapobieganiu ich powstawania. W dalszej kolejności powinny one zostać poddane odzyskowi i unieszkodliwianiu, w ostateczności gdy nie ma innych sposobów ich wykorzystania – bezpiecznemu składowaniu [1, 2].

Prognozowany model gospodarki odpadami w krajach Unii Europejskiej zakłada, iż w 2020 roku najwięcej odpadów, bo aż 30%, będzie poddawanych recyklingowi, drugie tyle (30%) procesowi spalania, maksimum 20% będzie kompostowanych. Podobnie sprawa będzie wyglądać w przypadku odpadów składowanych, bowiem ilość odpadów trafiających na wysypiska ma być drastycznie ograniczona (maksymalnie do 20%) [3].

Proces spalania uważany za najbardziej skuteczną metodę utylizacji odpadów, powoduje zmniejszenie znacznej ilości i objętości odpadów oraz umożliwia przetworzenie zawartej w nich energii w energię elektryczną

lub ciepło. Problem stanowią jednak produkty uboczne procesu spalania odpadów szpitalnych, niebezpiecznych, przemysłowych i komunalnych w postaci toksycznych popiołów, żużli i pyłów, zawierających pewne ilości metali ciężkich i związków nieorganicznych, wymagających odpowiedniego zagospodarowania. Ilość i rodzaj powstałych wtórnych odpadów stałych zależy od stosowanej technologii spalania oraz technologii oczyszczania spalin [4].

Dotychczas przeprowadzone badania pozwoliły scharakteryzować żużel ze spalarni odpadów jako surowiec dla którego pomimo dużej niestabilności składu chemicznego, istnieje możliwość uzyskania stałego poziomu właściwości produktów końcowych, przydatnych m.in. do produkcji szklano-krystalicznych materiałów budowlanych [5]. Zastosowanie procesu spiekania, względnie materiałów odpadowych jakimi są żużle, pyły czy popioły wraz z dodatkiem drobnofrakcyjnej stłuczki szklanej jest obiecującą metodą utylizacji nieużytecznych odpadów paleniskowych ze spalarni komunalnych. Polega ona na przemianie sproszkowanych surowców odpadowych w lity materiał, tzw. spiek, posiadający określone właściwości fizyko-chemiczne. Podczas spiekania zachodzą szereg procesów powodujących zmianę struktury oraz własności uformowanej kształtki. Powstały w wyniku tego procesu produkt jest całkowicie bezpieczny dla ś

dowiska, bowiem dzięki procesowi spiekania z udziałem stłuczki szklanej następuje immobilizacja szkodliwych substancji [6].

Odpady, jako wartościowe surowce, mogą znaleźć szerokie zastosowanie w technologii materiałów ceramicznych, związanych z produkcją nowych produktów budowlanych, a w szczególności płytek okładzinowych, kostek brukowych czy też pokryć dachowych. Dodatkowo za wykorzystaniem tych surowców przemawia szereg korzyści ekologicznych, związanych z efektywnym zagospodarowaniem odpadów niebezpiecznych, w tym zmniejszeniem powierzchni składowanych odpadów oraz zaoszczędzeniem zasobów surowców naturalnych [6].

Materiał i metodyka badań

Do badań wybrano odpady stałe w postaci żużla (ze spalarni odpadów województwa śląskiego), stłuczki szklanej oraz ciętego włókna szklanego. Wszystkie odpady poddano procesowi rozdrobnienia oraz ujednoludnienia w młynie kulowym, a następnie przesiano przez zestaw sit. Do badań wybrano frakcję poniżej 0,063 mm. Z tak przygotowanych proszków sporządzono zestawy o założonym udziale poszczególnych składników (tabela 1).

Mieszanki proszków poddano procesowi jednoosiowego prasowania na prasie hydraulicznej z zastosowaniem ciśnienia 100 MPa. Podczas tego procesu wysypny do matrycy proszek uległ jednostronnemu naciskowi stempla (górnego – ruchomego), powodując przesu-

nięcie jednych ziaren względem drugich, prowadząc do zagęszczenia proszku. W celu uzyskania wyższego zagęszczenia, sprasowany materiał obrócono o 180° i włożono ponownie do formy, a następnie poddano powtórnemu prasowaniu. Otrzymane wypraski, w kształcie walców o średnicy podstawy 30 mm i wysokości $h \approx 8$ mm, poddano obróbce termicznej w elektrycznym piecu silitowym w temperaturach dobranych odpowiednio do każdego zestawu (tab.1).

Schemat wytwarzania produktów spiekanych z drobnofrakcyjnych materiałów odpadowych przedstawia rysunek 1.

Tak otrzymane spieki poddano badaniom mikrostrukturalnym na mikroskopie optycznym NEOPHOT 32, jak również wyznaczono gęstość pozorną, porowatość otwartą oraz nasiąkliwość. Ponadto przeprowadzono badania odporności na zarysowanie diamentowym stożkiem (scratch test) przy użyciu urządzenia REVETEST XPress Plus.

Wyniki i dyskusja

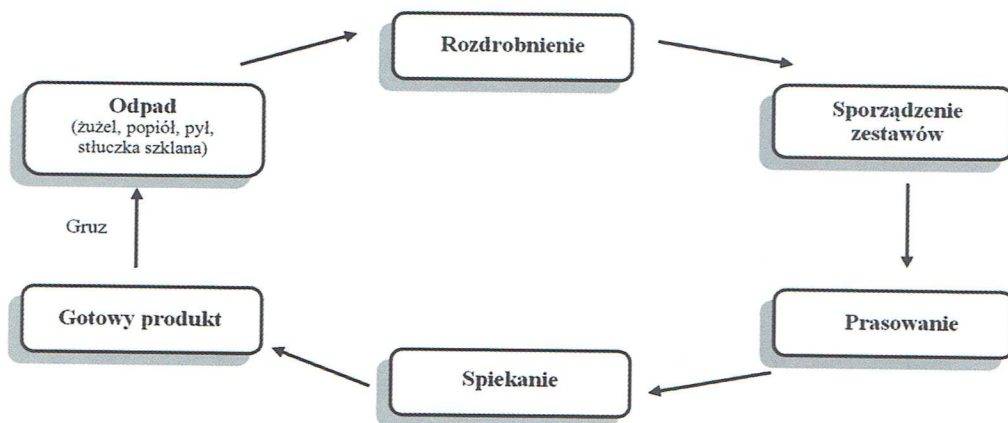
Przeprowadzone badania mikroskopowe pozwoliły ocenić morfologię materiału po procesie spiekania. Na rysunkach 2–4 przedstawiono mikrostruktury badanych spieków charakteryzujących się zmienną zawartością żużla, stłuczki szklanej oraz włókna szklanego. Jak można zaobserwować, zwiększający się udział odpadu amorficznego powoduje zagęszczenie mikrostruktury. Przy czym porowatość zamknięta zdecydowanie zwiększa się wraz ze wzrostem udziału włókna szklanego a nie stłuczki (rys. 4c). Fakt ten znalazł swoje potwierdzenie również podczas badania nasiąkliwości i porowatości otwartej otrzymanych próbek, które wykonano metodą ważenia hydrostatycznego, zgodnie z normą PN-70/B-12016 dla wyrobów ceramiki budowlanej [7].

Hydrostatyczne ważenie przeprowadzono w środowisku wody destylowanej, zapewniającej dobre właściwości zwilżające oraz nie wykazującej reakcji chemicznej z badanym materiałem. W oparciu o otrzymane dane pomiarowe, tj.: m_1 – masa próbki suchej [g], m_2 – masa próbki nasyconej cieczą [g], m_3 – masa próbki nasyconej cieczą i zważonej w cieczy [g], wyznaczono gęstość pozorną, nasiąkliwość oraz porowatość otwartą, których wyniki przedstawiono w formie graficznej na rysunkach 5+7.

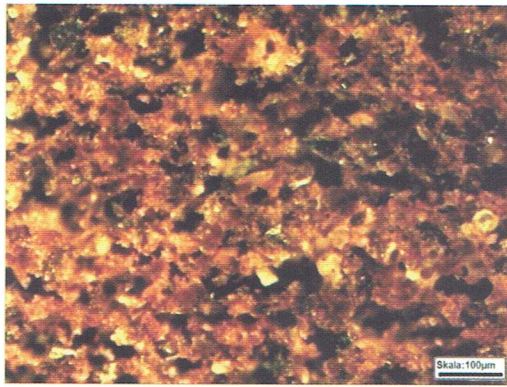
Gęstość pozorną wszystkich spieków mierzyła się w przedziale 1,34–1,72 g/cm³ (rys. 5). Różnice tego parametru występujące pomiędzy poszczególnymi próbkami, wynikają m.in. z ilości wprowadzonych surowców wyjściowych do zestawu, a także udziału porów, zarówno otwartych jak i zamkniętych w spieku.

Tabela 1

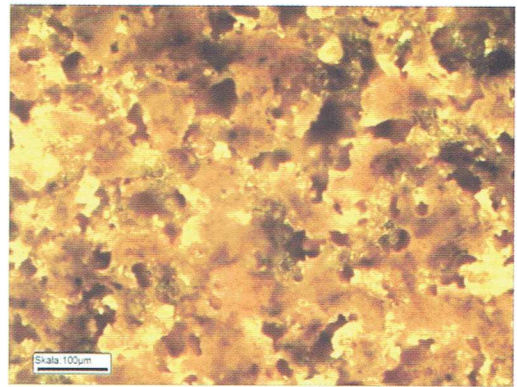
Zestaw	Udział surowców wyjściowych	Temperatura spiekania [°C]
I 90z\10s	90% żużla + 10% stłuczki szklanej	1150
I 90z\10w	90% żużla + 10% włókna szklanego	
II 70z\30s	70% żużla + 30% stłuczki szklanej	1000
II 70z\30w	70% żużla + 30% włókna szklanego	
III 50z\50s	50% żużla + 50% stłuczki szklanej	950
III 50z\50w	50% żużla + 50% włókna szklanego	



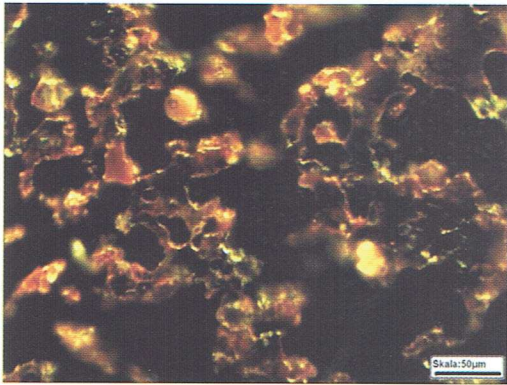
Rys. 1. Schemat wytwarzania produktów spiekanych z drobnofrakcyjnych materiałów odpadowych



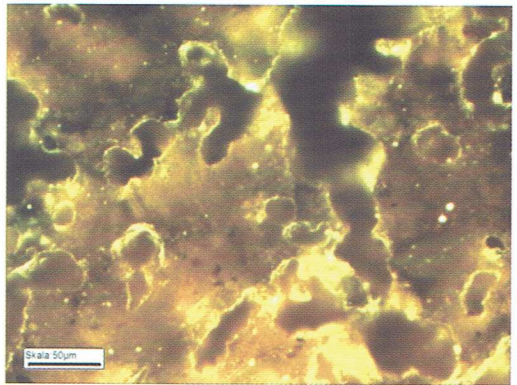
a)



b)

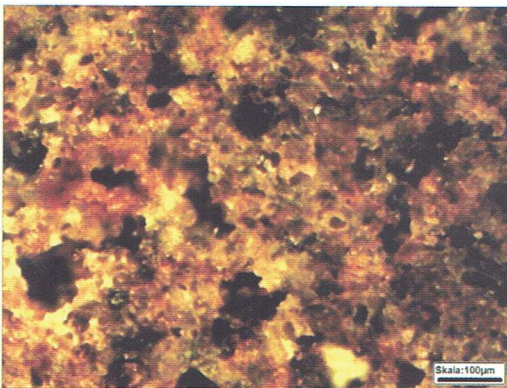


c)

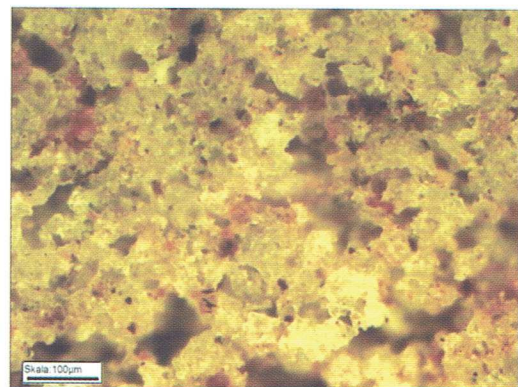


d)

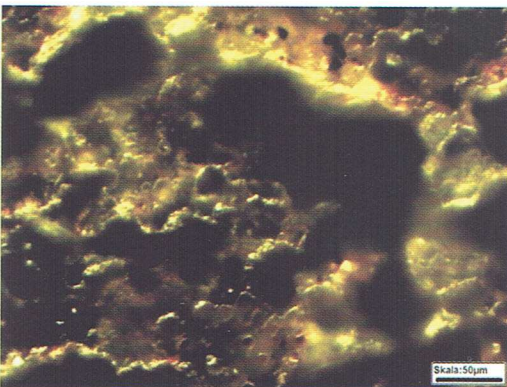
Rys. 2. Mikrostruktury spieków: a, c: (90z\10w) 90% żużla i 10% włókna szklanego; b, d: (90z\10s) 90% żużla i 10% stłuczki szklanej



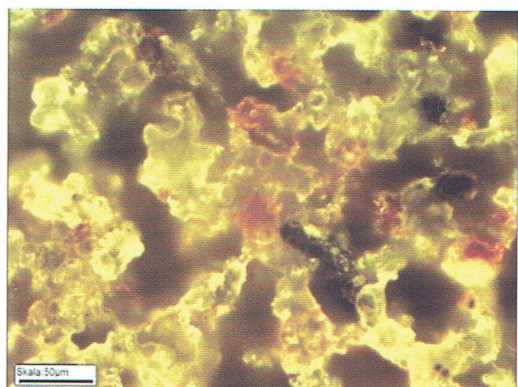
a)



b)

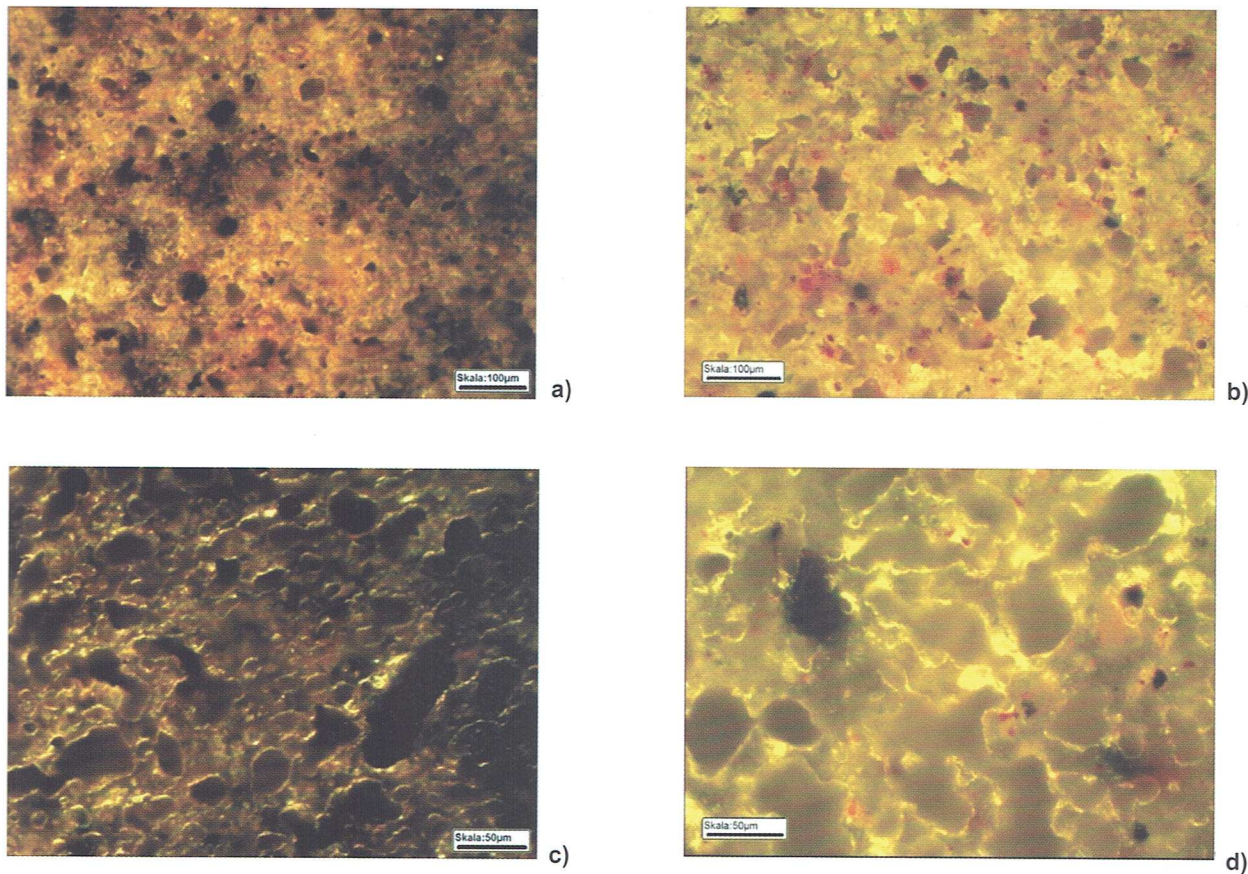


c)

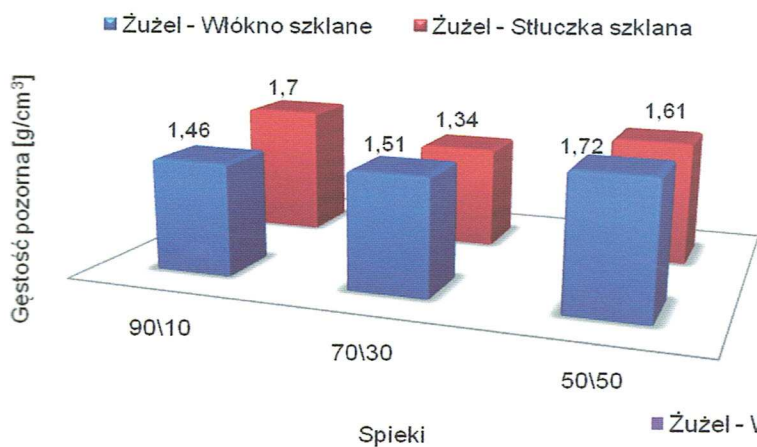


d)

Rys. 3. Mikrostruktury spieków: a, c: (70z\30w) 70% żużla i 30% włókna szklanego; b, d: (70z\30s) 70% żużla i 30% stłuczki szklanej



Rys. 4. Mikrostruktury spieków: a, c: (50z\50w) 50% żużla i 50% włókna szklanego; b, d: (50z\50s) 50% żużla i 50% stłuczki szklanej

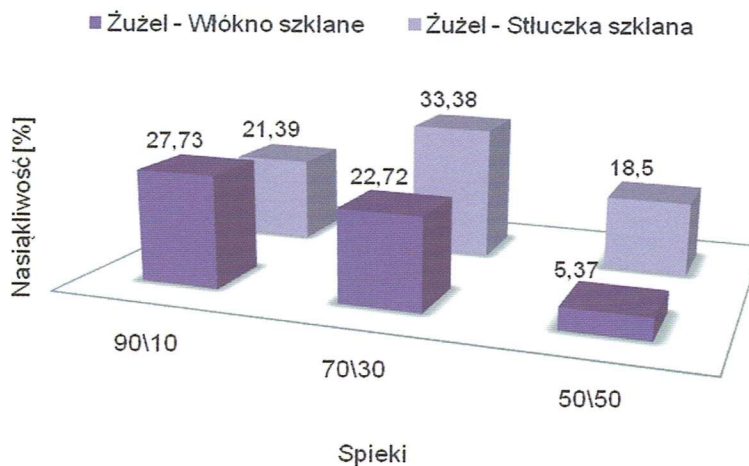


odpadu amorficznego należy uwzględnić jego rodzaj, gdyż w procesie obróbki cieplnej istotny wpływ ma lepkość szkła, której zmiany uwarunkowane są podstawowym składem chemicznym masy szklanej.

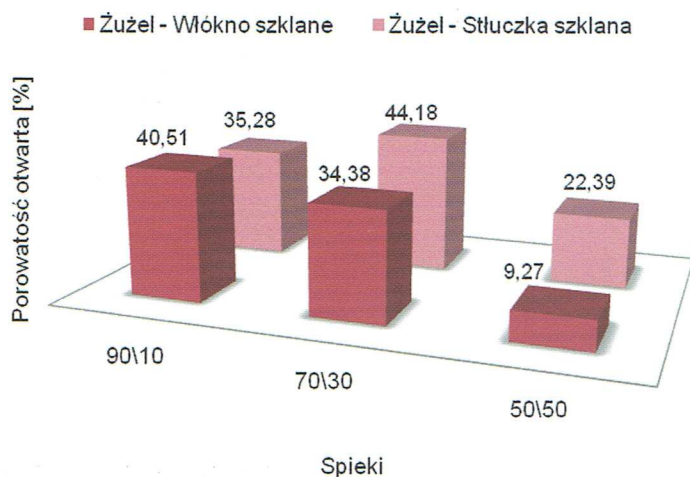
Analizując wyniki badań odporności na zarysowanie diamentowym stożkiem (scratch test) stwierdzono, iż głębokość zarysowania, dla próbek zawierających 90%

Rys. 5. Zmiany gęstości pozornej dla badanych spieków

Na podstawie otrzymanych wyników nasiąkliwości oraz porowatości otwartej można stwierdzić, iż próbki zawierające najwyższy udział fazy amorficznej wykazują najniższą nasiąkliwość oraz powiązaną z nią porowatość otwartą (rys. 6–7). Zaobserwowano również, że spadek ten jest znacznie wyższy przy wzrastającym udziale włókna szklanego aniżeli stłuczki szklanej. Oznacza to, że przy wykorzystaniu



Rys. 6. Zmiany nasiąkliwości poszczególnych zestawów w zależności i od udziału żużla i odpadu szklanego



Rys. 7. Zmiany porowatości otwartej poszczególnych zestawów z udziałem włókna i słuczki szklanej

i 70% żużla, oscyluje w obrębie 40 μm (rys. 8a,b). Duże wahania ściśle powiązane są ze spójnością powierzchni próbek. Im próbka bardziej porowata, tym profil zarysowania bardziej nierównomierny. Spadek porowatości, powiązany ze wzrostem udziału odpadu amorficznego, znacznie wpływa na polepszenie odporności na zarysowanie. Głębokość zarysowania spieków zawierających 50% tego odpadu, zmniejsza się i wynosi średnio ok. 15 μm (rys. 8c).

Podsumowanie

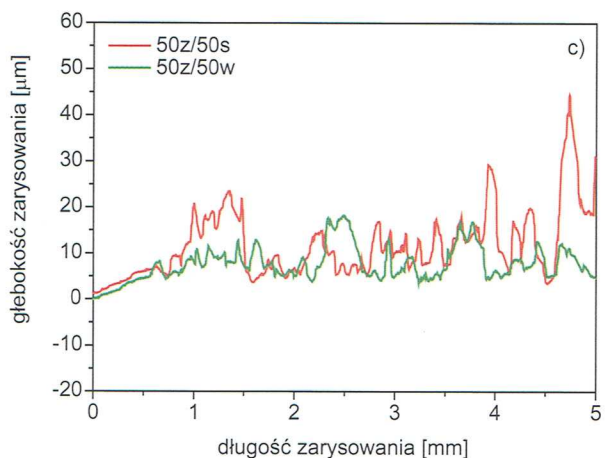
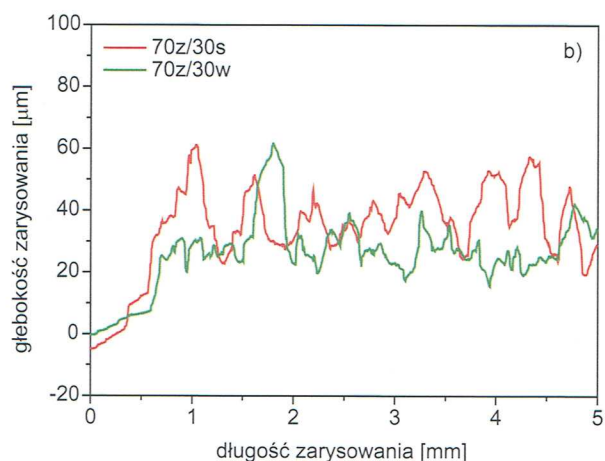
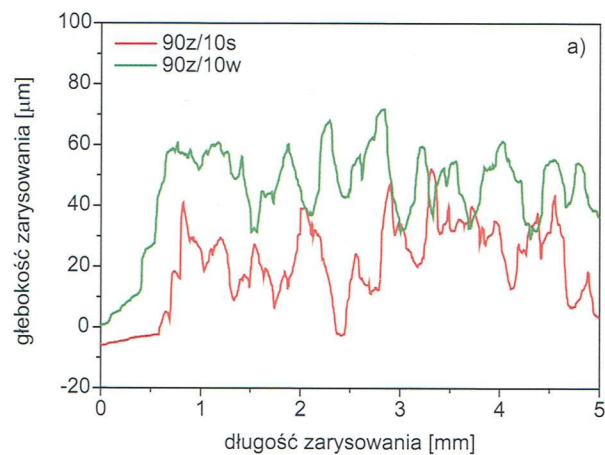
W pracy podjęto próbę oceny wykorzystania żużla ze spalarni odpadów stałych oraz słuczki szklanej, a także włókna szklanego, w aspekcie zastosowania w produkcji spiekanych materiałów ceramicznych.

Analiza przeprowadzona w oparciu o otrzymane wyniki badań pozwala stwierdzić, iż recykling tego rodzaju odpadów na drodze kontrolowanej technologii przetwórczej prowadzi do uzyskania produktu o wysokich parametrach użytkowych, dającego się po procesie eksploatacji w stu procentach ponownie zawrócić do procesu produkcyjnego już jako materiał odpadowy.

Wykorzystanie żużli ze spalarni oraz odpadów amorficznych pozwala ograniczyć ilość składowanych substancji, stanowiących często poważne problemy zarówno ekologiczne jak i ekonomiczne.

Literatura

- [1] Ustawa Prawo ochrony środowiska z dnia 27 kwietnia 2001 r. (Dz.U. 2001 Nr 62, poz. 627).
- [2] Ustawa o odpadach z dnia 27.04.2001 r., Dz. U. Nr 62, poz. 628.
- [3] Environment 2010: Our Future, Our Choice. – The Sixth Environment Action Programme of the European Community 2001-2010. – Office for Official Publications of the European Union, Luxembourg, 2001.
- [4] Mokrosz W.: Ekologiczne aspekty oczyszczania spalin ze spalarni odpadów komunalnych i przemysłowych; X Konferencja Współczesne osiągnięcia w ochronie powietrza atmosferycznego POL-EMIS, Polanica-Zdrój 2010, s. 263–272.



Rys. 8. Profil głębokości zarysowania próbek w zależności od udziału żużla i odpadu szklanego (s-słuczka szklana, w-włókno szklane)

- [5] Zawada A., Przerada I.: Amorficzno-kryształiczne materiały spiekane otrzymane na bazie drobnofrakcyjnych surowców odpadowych, Szkoło i Ceramika 2011, nr 1, s. 36–41.
- [6] Zawada A., Przerada I., Łęgowik I.: Racjonalne zagospodarowanie ubocznych produktów procesu spalania w spiekanych materiałach ceramicznych, VIII Konferencja Polskiego Towarzystwa Ceramicznego Zakopane 2011, s. 90.
- [7] Norma PN-70/B-12016: Wyroby ceramiki budowlanej. Badania techniczne.