mgr inż. Katarzyna Panasiuk

Analiza właściwości mechanicznych kompozytów warstwowych z recyklatem poliestrowo-szklanym

Streszczenie

Różnego rodzaju materiały kompozytowe, w szczególności laminaty poliestrowo-szklane, są powszechnie stosowane w przemyśle. Stanowią one ważny element konstrukcyjny jednostek pływających (kadłubów, nadbudówek, grodzi, przedziałów, kabin), samolotów, samochodów, cystern, motocykli czy rowerów. Wykorzystuje się też w budownictwie lądowym jako elementy mostów i pręty zbrojeniowe. Materiały ter charakteryzują się wysoką odpornością i względnie dobrymi właściwościami wytrzymałościowymi uzyskanymi przy stosunkowo niskich kosztach wytwarzania. Powszechność stosowania tego materiału daje asumpt do dyskursu na temat jego utylizacji. W Polsce każdego roku produkuje się ponad 80 000 ton elementów zawierających ów laminat (ok. 845 zakładów produkcyjnych). Generuje to tworzenie się około 2 000 ton odpadów poprodukcyjnych powstających obok gotowych wyrobów w procesie produkcyjnym. Przykładowo, w roku 2011, pewna firma z okolic Trójmiasta, produkująca jednostki pływające z laminatu, wytworzyła ponad 10 ton odpadów. W sposób naturalny, po okresie użytkowania, wyroby tej firmy (podobnie jak innych przedsiębiorstw produkcyjnych) trafiają na składowiska odpadów. Dane empiryczne mówią, że w Polsce rokrocznie jest ponad 20000 ton tychże odpadów.

Nie ma wątpliwości, że duża ilość odpadów i ich niekorzystny wpływ na środowisko motywuje do konkretnych działań interwencyjnych. Aktualnie jest wiele metod przetwarzania owych odpadów na pełnowartościowe produkty. Postęp techniczny w recyklingu sprawił, że obecnie są duże możliwości wykorzystania zutylizowanych odpadów na różnego typu kompozyty, które w nieodległej przeszłości, traktowano jako zbędne materiały.

Z literatury przedmiotu wynika, że współcześnie jest wiele sposobów odzyskiwania włókien szklanych z odpadów, które można – z dużym powodzeniem – wykorzystać w produkcji pełnowartościowego komponentu. Może on występować w formie: 1) sproszkowanej jako równomierne rozdrobnione i krótkie włókna; 2) wydłużonych cząstek znajdujących zastosowanie w procesie wytwarzania specyficznych wyrobów.

Rozważne modelowanie i zarządzanie materiałami odpadowymi, rozumiane jako tzw. wysoki wskaźnik recyklingu, może spowodować znaczne obniżenie kosztów ich składowania i przetwarzania. Przede wszystkim, pomogłoby to obniżyć koszty transportu i zmniejszyć emisję gazów cieplarnianych. Jak wiadomo, tworzywa sztuczne są prawie zawsze produktem

powstałym z przerobu ropy naftowej (statystycznie jest to 8% światowej produkcji ropy naftowej, z czego 4% wykorzystuje się jako surowiec i 3-4% jako źródła energii niezbędnej w produkcji przemysłowej). Wyniki badań naukowych dowodzą, że recykling tworzyw sztucznych i innych odpadów, wywiera duży wpływ na ograniczenie skutków zmiany klimatu, a także zmniejszenie zapotrzebowania na tzw. abiotyczne zasoby i znaczne obniżenie toksyczności zarówno małych akwenów morskich, jak i oceanów. Nowoczesne technologie stwarzają możliwość zmniejszenia energochłonności transportu surowców koniecznych do wytwarzania kompozytu i przewozu gotowych materiałów konstrukcyjnych, co w efekcie ogranicza emisję gazów cieplarnianych.

Celem głównym badań było określenie właściwości mechanicznych (m.in. wytrzymałości, twardości, odporności na obciążenia udarowe) owego kompozytu, a także opracowanie technologii wytwarzania, użytkowania, składowania i recyklingu tego nowego materiału. Tak sformułowany cel badań osiągnięto poprzez realizację następujących celów etapowych (szczegółowych): 1) Ocenę jakości odpadu poliestrowo-szklanego pochodzącego z kadłubów i nadbudówek jednostek pływających (np. okrętów, statków, żaglowców, jachtów, łodzi ratunkowych itp.) oraz z elementów konstrukcyjnych pojazdów mechanicznych, części maszyn i urządzeń, tudzież z artykułów gospodarstwa domowego, odzieży, opakowań i tym podobnych, 2) Opracowanie technologii recyklingu odpadu poliestrowo-szklanego, 3) Określenie wpływu granulatu poliestrowo-szklanego na właściwości mechaniczne nowego kompozytu (jego zawartości % oraz granulacji), 4) Zweryfikowanie możliwości wykorzystania tradycyjnych technologii produkcji tworzyw sztucznych w procesie wytwarzania kompozytu z regranulatem poliestrowo-szklanym, 5) Wyznaczenie parametrów mechanicznych, na podstawie badań, w szczególności zaś wytrzymałościowych, korozyjnych, a także strukturalnych, 6) Opracowanie wniosków i propozycji dotyczących dalszego doskonalenia procesu wytwarzania oraz użytkowania kompozytu z recyklatem poliestrowo-szklanym.

Podjęto też próbę sformułowania następującej hipotezy ogólnej:

„Kompozyt z recyklatem poliestrowo-szklanym ma właściwości mechaniczne pełnowartościowego produktu i może być budulcem, czy też materiałem stosowanym na konstrukcje maszyn, urządzeń itp.''.

Zarysowane powyżej przypuszczenie stanowiło podstawę konkretyzacji i tworzenia następujących hipotez cząstkowych (szczegółowych): 1) Odpady poliestrowo-szklane mają dużą wartość materialną, finansową oraz użytkową, 2) Odpady poliestrowo-szklane należy poddawać procesowi recyklingu materiałowego, a w ostateczności, stosować recykling energetyczny i surowcowy, 3) Recyklat poliestrowo-szklany warunkuje właściwości

mechaniczne kompozytu zawierającego ten rozdrobniony produkt, 4) Kompozyt z regranulatem poliestrowo-szklanym można wytwarzać w zakładach utylizacyjnych, które mają maszyny i urządzenia pozwalające rozdrabniać oraz segregować odpady z tworzyw sztucznych, 5) Nowoczesne technologie produkcji kompozytu z granulatem poliestrowo-szklanym pozwalają uzyskiwać ten produkt, charakteryzujący się dobrymi właściwościami mechanicznymi, 6) Zastosowanie entropii metrycznej Kolmogorova-Sinaia pozwala określić stadium przejściowe kompozytu z fazy sprężystej do fazy plastycznej, swoistej dla tego materiału, 7) Jest potrzeba rozwijania i doskonalenia badań nad procesem wytwarzania kompozytu z recyklatem poliestrowo-szklanym oraz użytkowania go w sposób efektywny, zyskowny i nie wywołujący kontrowersji.

Niniejsza rozprawa doktorska składająca się z części teoretycznej i badawczej, zawiera weryfikację założonych celów, a także hipotezy ogólnej i hipotez cząstkowych. **Część teoretyczna** jest rezultatem pogłębionych studiów nad literaturą przedmiotu. Zawiera zwięzły opis materiałów kompozytowych, a także ich komponentów, m.in. kompozytów konstrukcyjnych, żywic, napełniaczy ziarnistych oraz włókien wzmacniających, modyfikatorów żywic. Omawia właściwości mechaniczne i korozyjne różnych kompozytów (w tym też poliestrowo-szklanych). Syntetyzuje opinie na temat odpadów polimerowych oraz ich wpływu na środowisko przyrodnicze i stan zdrowotny ludności. Opisuje sposoby przetwarzania tego odpadu, określane mianem odzysku energetycznego, recyklingu surowcowego i recyklingu materiałowego. Zawiera dyskurs na temat recyklingu kompozytu zarówno w naszym kraju, jak i w ościennych państwach. Pokazuje możliwości wykorzystania owego odpadu w produkcji przemysłowej i specjalistycznej.

Część badawcza rozprawy jest natomiast rezultatem badań kompozytów warstwowych zawierających recyklat poliestrowo-szklany. Początek tej części rozprawy dotyczy metodologii i zawiera następujące elementy struktury procesu badawczego: cele badań, problemy badawcze, hipotezy badawcze, metody badań i wyniki badań własnych. W ciągu dalszym pracy scharakteryzowano materiały badawcze uzyskane za pomocą technologii uzyskiwania recyklatu poliestrowo-szklanego oraz technologii wytwarzania kompozytów, drogą laminowania ręcznego i metodą worka próżniowego. Dokonano prezentacji statycznej próby rozciągania kompozytów z recyklatem poliestrowo-szklanym, celem określenia właściwości mechanicznych przy rozciąganiu. Wyniki zostały wykorzystane do określenia granicy plastycznej materiałów kompozytowych, metodą entropii metrycznej Kolmogorova-Sinaia. Przedstawiono metodykę oraz wyniki badań, takich jak: udarność (oraz z nią związana kinetyka zniszczeń), zginanie trójpunktowe, twardość, starzenie kompozytów. Podjęto też się

zagadnienia badań mikroskopowych, z wykorzystaniem mikroskopu stereoskopowego i optycznego.

Przeprowadzone badania, otrzymane wyniki i ich analiza pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków: 1) Są duże możliwości pełnego zagospodarowania odpadów poliestrowo-szklanych eliminujących zanieczyszczenie oraz ograniczających ilości tych odpadów i ich destrukcyjny wpływ na środowisko naturalne; 2) Przetworzone odpady poliestrowo-szklane mogą być całkowicie wykorzystane do wytwarzania nowych materiałów konstrukcyjnych; 3) Zawartość recyklatu poliestrowo-szklanego w kompozycie wywiera wpływ na jego właściwości mechaniczne i warunkuje jego zastosowanie na elementy konstrukcyjne; 4) Zawartość recyklatu do 15% w kompozycie, pozwala go stosować w konstrukcjach poddanych dużym obciążeniom; 5) Materiały kompozytowe wytwarzane metodą worka próżniowego zawierające do 15 % recyklatu, wykazują wyższe właściwości mechaniczne od materiałów o podobnej zawartości recyklatu, ale uzyskiwanych metodą laminowania ręcznego; 6) Zastosowanie metody entropii metrycznej Kolmogorova - Sinaia pozwoliło na określenie granicy plastyczności kompozytów.