

Wpływ środowisk agresywnych na właściwości popularnych materiałów polimerowych stosowanych w transporcie szynowym

Mariusz FABIJĄŃSKI¹

Streszczenie

Materiały polimerowe lub inaczej tworzywa sztuczne znalazły zastosowanie niemal w każdej dziedzinie życia codziennego oraz techniki. Trudno sobie wyobrazić jak wyglądałby świat bez wyrobów z tych materiałów. Polimery są wytwarzane za pomocą odpowiednio prowadzonych reakcji chemicznych i mają różne właściwości. Są też podane na działanie środowiska w jakim pracują. Bardzo często, różne substancje oddziałują agresywnie, powodując zmianę właściwości tych materiałów. Zmiana parametrów, nie tylko mechanicznych, może doprowadzić do uszkodzenia maszyn i urządzeń, jak również nieskorzystanie oddziaływać na człowieka. W transporcie kolejowym powszechnie stosuje się materiały polimerowe. Są one narażone na działanie smarów, olejów, słabych kwasów i zasad oraz innych substancji chemicznych. W pracy przedstawiono wyniki badań wpływu agresywnych środowisk na działanie popularnych tworzyw sztucznych. Określono zmianę parametrów mechanicznych w odniesieniu do pierwotnego materiału. Badane próbki były wystawione na ekspozycję kilku substancji, które są używane w eksploatacji maszyn i urządzeń przeznaczonych dla taboru szynowego oraz tych, których używa się do produkcji innych związków chemicznych, lub stanowiących ich podstawę. Wyniki badań przedstawiono w tablicach oraz rysunkach, które pokazują, w jakim kierunku następowały zmiany mechanicznych właściwości danego tworzywa.

Słowa kluczowe: materiały polimerowe, odporność chemiczna, środki agresywne, właściwości mechaniczne

1. Wstęp

Od połowy XX wieku tworzywa sztuczne znajdują coraz większe zastosowanie w różnych dziedzinach techniki i życia codziennego, początkowo, jako namiastki tradycyjnych i zarazem deficytowych tworzyw wytwarzanych z surowców naturalnych takich jak metale nieżelazne, drewno, skóra, włókna naturalne, szkło oraz wyroby ceramiczne i kauczuk

¹ Doktor inżynier, Instytut Kolejnictwa; e-mail.mfabijanski@ikolej.pl

naturalny. Stały się one pełnowartościowymi materiałami o nowych, niespotykanych dotychczas właściwościach oraz unikatowych zastosowaniach [6, 8]. Umożliwiło to zajęcie im równorzędnej, a w niektórych dziedzinach przodującej, pozycji wobec innych materiałów inżynierskich [7].

Powszechnie stosuje się je w budowie i wyposażeniu taboru kolejowego. Wpływają one na jakość estetyczną oraz konstrukcyjną (obniżają znacząco masę pojazdów). Specyficzne właściwości mechaniczne spowodowały, że znajdują zastosowanie w nawierzchni kolejowej jako elementy amortyzujące, tłumiące drgania i hałas oraz jako materiały elektroizolacyjne. Służą do zabezpieczania konstrukcji stalowych przed zgubnym działaniem korozji i zapewniają ochronę przed agresywnymi substancjami [11].

W różnych gałęziach przemysłu tworzywa sztuczne, występujące jako elementy maszyn i instalacji bądź zbiorniki magazynowe (cysterny itp.), są narażone na działanie silnie agresywnych substancji, jak kwasy, zasady, oleje, paliwa, sole, które nie pozostają bez wpływu na ich właściwości [1, 5, 10]. Odporność tworzyw na działanie tych substancji zależy od budowy chemicznej oraz modyfikacji i dodatków, które są wprowadzane do polimerów w celu polepszenia wartości użytkowych [8, 11]. Dodatkami mogą być między innymi napełniacze zwiększające wytrzymałość polimerów, stabilizatory zapobiegające rozkładowi polimeru pod wpływem utleniania, promieniowania nadfioletowego lub podwyższonej temperatury oraz środki zmniejszające palność [12, 13].

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie zmian właściwości wybranych polimerów stosowanych w budowie taboru kolejowego poddanych działaniu środowiska agresywnego.

2. Materiały do badań

Do badania wpływu środków agresywnych na zmianę właściwości wytypowano następujące materiały:

- polietylen wysokiej gęstości HDPE (TVK Polska Sp. z o.o.),
- polipropylen PP (Sabic Polska Sp. z o.o.),
- polistyren PS (Synthos S.A.),
- poliamid 6.6 PA66 (Du Pont).

Materiały te umieszczono na 21 dni w pięciu różnych substancjach:

- oleju hydraulicznym mineralnym,
- roztworze soli (NaCl) o stężeniu 5%,
- roztworze kwasu siarkowego (H_2SO_4) o stężeniu 5%,
- roztworze wodorotlenku sodu (NaOH) o stężeniu 5%,
- kwasie octowym CH_3COOH , roztwór o stężeniu 10%.

Po ekspozycji w wytypowanych środkach, próbki poddano badaniom cech wytrzymałościowych podczas rozciągania oraz badaniu twardości metodą wciskania kulki.

2.1. Ogólna charakterystyka badanych materiałów polimerowych

2.1.1. Polietylen HDPE

Polietylen (PE), należy do grupy termoplastów, jest otrzymywany metodą:

- niskociśnieniową – HDPE,
- wysokociśnieniową – LDPE.

Sposób wytwarzania ma duży wpływ na strukturę i właściwości uzyskanego tworzywa. Różnice w budowie polimeru wpływają na jego właściwości, takie jak: gęstość i stopień krystaliczności.

Polietylen HDPE o wysokim, dochodzącym do 80% stopniu krystaliczności jest polimerem o lepszych właściwościach wytrzymałościowych, lepszej odporności temperaturowej niż polietylen LDPE. Materiał ten jest polimerem nie polarnym, ma dobre właściwości elektroizolacyjne. Jest odporny na działanie większości odczynników chemicznych, np.: na zasady, sole kwaśne i zasadowe, kwasy organiczne i nieorganiczne, takie jak: solny i fluorowodory, nie rozpuszcza się w rozpuszczalnikach organicznych w temperaturze poniżej +80°C. Przy działaniu kwasu siarkowego H₂SO₄ (stężenie 80% i więcej) w temperaturze powyżej +50°C jego właściwości zmieniają się w niewielkim stopniu. Polietylen jest polimerem łatwo przerabialnym oraz zaliczany do najtańszych tworzyw polimerowych [6, 8].

Polietylen znalazł bardzo duże zastosowanie w przemyśle elektronicznym i elektromechanicznym, kablowym, farmaceutycznym oraz do wyrobu włókien, folii, opakowań i artykułów gospodarstwa domowego. Stosuje się go również jako tworzywo powłokowe, które można nanosić metodą natrysku płomieniowego. Polietylen znalazł szerokie zastosowanie do budowy przemysłowych oczyszczalni ścieków, wykonuje się z niego zbiorniki i rurociągi do magazynowania i transportowania ścieków i chemikaliów [6].

2.1.2. Polipropylen PP

Polipropylen (PP), ma właściwości lepsze niż polietylen niskociśnieniowy HDPE. Może być stosowany w zakresie temperatur od -35°C do +150°C, ale w niskich temperaturach znacznie pogarsza się jego odporność na uderzenia. Odporność na działanie czynników chemicznych jest podobna do odporności polietylenu. Ze względu na obecność drugorzędowych atomów węgla w makrocząsteczce, polipropylen jest mało odporny na działanie tlenu w podwyższonej temperaturze i w temperaturze +80°C już po upływie 10 godzin obserwuje się destrukcyjny wpływ tlenu. Zjawisko to stwarza konieczność stosowania antyutleniaczy. Polipropylen jest tworzywem tanim, łatwo przetwarzalnym, dobrze barwi się na żywe kolory [6, 7, 8].

Polipropylen jest tworzywem termoplastycznym, który nadaje się do formowania wtryskowego oraz wytłaczanego, a także do produkcji folii i włókna. Ze względu na wysoką cenę w porównaniu z ceną polietylenu, polipropylen stosuje się wówczas, gdy pożądana

jest większa sztywność, lepszy połysk oraz trwałość kształtu. Znalazł on zastosowanie jako tworzywo konstrukcyjne do wyrobu rur oraz folii, która może konkurować z folią celofanową.

Włókna z polipropylenu charakteryzują się odpornością chemiczną, dużą wytrzymałością na zrywanie, elastycznością i małą gęstością – najniższą spośród znanych włókien naturalnych i syntetycznych – która uniemożliwia tonięcie, co w niektórych przypadkach zastosowania jest cenną zaletą. Włókna ciągle znalazły zastosowanie w produkcji sznurów, sieci rybackich oraz do wyrobu tkanin filtracyjnych w przemyśle chemicznym, spożywczym i ceramicznym. Włókna cięte znajdują coraz większe zastosowanie w przemyśle tekstylnym w mieszankach z wełną lub bawełną. Polipropylen jest stosowany jako osłony, korpusy do pomp i silników pracujących w agresywnym otoczeniu [8].

2.1.3. Polistyren PS

Polistyren (PS) jest tworzywem twardym, kruchym, bezbarwnym, dającym się barwić na żywe kolory. Swoim wyglądem przypomina szkło. Czysty, niemodyfikowany polistyren łatwo odróżnić od innych tworzyw sztucznych dzięki charakterystycznemu, metalicznemu dźwiękowi wydawanemu podczas uderzenia o twardą powierzchnię. Temperatura mięknięcia polistyrenu wynosi około 110°C. Polistyren jest polimerem o dużej odporności chemicznej na działanie stężonych kwasów i zasad. Rozpuszcza się w rozpuszczalnikach nie polarnych: benzenie, ksylenie, toluenie, w alifatycznych węglowodorach chlorowanych i niektórych ketonach. Łatwo poddaje się obróbce mechanicznej. Jest zaliczany do najlepszych dielektryków, jego stała dielektryczna i tangens kąta staranności dielektrycznej są małe, niezależne od temperatury i częstotliwości pola. Ekspozycja na światło słoneczne powoduje przyspieszone starzenie polistyrenu.

Najczęściej stosuje się polistyren modyfikowany „udarowy”, ponieważ udarność polistyrenu niemodyfikowanego jest bardzo niska, co sprawia, że jest wykorzystywany do produkcji wyrobów technicznych. Jest polimerem tanim, łatwym w przetwórstwie i szeroko stosowanym. Bardzo często jest stosowany w budownictwie do izolacji termicznej budynków; w tym przypadku stosuje się modyfikowaną odmianę polistyrenu (polistyren spieniony) – „styropian”, którego ciężar właściwy wynosi 15–50 kg/m³ [6, 7, 8].

Polistyren jest doskonałym materiałem izolacyjnym, dzięki czemu znajduje duże zastosowanie w elektronice. Piankowy polistyren zwany styropianem stosuje się, jako materiał termoizolacyjny w chłodnictwie, budownictwie i innych gałęziach przemysłu. Z granulatu polistyrenu, przerabianego metodą wtryskową można otrzymać folię polistyrenową oraz wyroby prasowane. Znajdują one zastosowanie przy produkcji opakowań, zabawek, galanterii, wyrobów AGD, ozdób, elementów narzędzi i oświetlenia [6, 8].

2.1.4. Poliamid 6.6

Poliamidy (PA) są otrzymywane w reakcji polikondensacji. Najczęściej stosowany poliamid PA6 i PA6.6 (Nylon) w mieszaninie z wodą, pochłaniają do 10% wody, co może powodować zwiększenie rozmiarów liniowych o 1%. Natomiast PA11 i PA12 chłoną

tylko 1,5% wody. Poliamidy wyróżniają się dobrymi właściwościami mechanicznymi, są odporne na ścieranie, a elementy maszyn wykonane z poliamidu tworzą układy smarujące. Małą twardość i dużą elastyczność PA poprawia się przez wzmocnienie z włóknem szklanym. W przeciwieństwie do innych termoplastów, poliamidy są odporne na działanie wielu rozpuszczalników organicznych, materiałów pędnych, olejów mineralnych, tłuszczów roślinnych, nie są jednak odporne na kwasy i inne zasady.

Wyroby z poliamidów wytrzymują gotowanie i sterylizację. Barwniki naturalne dobrze barwią wyroby z poliamidów. Poliamidy są trudno palne. Górna temperatura eksploatacji poliamidów wynosi około $+180^{\circ}\text{C}$, a temperatura topnienia 220°C , więc poliamidy mogą być odlewane (łubki do łączenia szyn, elementy elektroizolacyjne w nawierzchni kolejowej). Poliamidy można spawać, kleić specjalnymi klejami, obrabiać wiórowo. Najważniejszą dziedziną stosowania wszystkich gatunków poliamidów są kształtki techniczne, odporne na uderzenia mechaniczne, wytrzymujące znaczne obciążenia mechaniczne, dobrze tłumiące drgania mechaniczne i akustyczne, odporne na zużycie, zwłaszcza na ścieranie, a także na oleje napędowe i ogólnie na oleje mineralne, nie wymagają smarowania (łożyska ślizgowe, toczne, kulkowe, elementy urządzeń napędowych i przekładni, łopatkę wentylatorów, śruby okrętowe) [7, 8, 11].

2.2. Charakterystyka substancji agresywnych zastosowanych w badaniach

2.2.1. Hydrauliczny olej mineralny

Olej hydrauliczny mineralny jest przeznaczony do stosowania w średnio obciążonych układach przeniesienia siły oraz napędu i sterowania hydraulicznego urządzeń z napędem hydrostatycznym, pracujących przy podwyższonej temperaturze i wilgotności otoczenia [2, 3].

2.2.2. Roztwór kwasu octowego

Ocet spirytusowy wykorzystany w badaniu, to roztwór wodny kwasu octowego dziesięcioprocentowy (CH_3COOH), powstający w wyniku fermentacji spirytusu. Ze względu na niską cenę i łatwą dostępność, ocet spirytusowy bywa do dziś powszechnie używany w gospodarstwie domowym jako podręczny środek czyszczący, dezynfekujący i odkamieniający oraz jako składnik w wielu tradycyjnych przepisach na domowe odplamiacze, kosmetyki, a nawet lekarstwa.

Kwas octowy stosuje się w produkcji sztucznego jedwabiu, leków (aspiryna), niepalnej taśmy filmowej i esencji octowej, kwasu chlorooctowego, technice grzewczej stosowany do usuwania kamienia kotłowego oraz jako składnik roztworów buforowych i innych. Bardzo duże ilości kwasu octowego są używane jako rozpuszczalnik w rafinacji kwasu tereftalowego, używanego do wielkotonażowej produkcji poli(tereftalanu etylenu) – butelki PET [5, 14].

2.2.3. Wodorotlenek sodu

Wodorotlenek sodu (NaOH) w postaci stałej, jest białą substancją o budowie krystalicznej, bardzo dobrze rozpuszczalną w wodzie, wydzielającą znaczne ilości ciepła. Tworzy

silnie żrący ług sodowy – bezbarwną, bezzapachową i niepalną ciecz, która jest śliska w dotyku i powoduje oparzenia. Wodorotlenek sodu jest jednym z głównych surowców chemicznych, dlatego jest stosowany w branży przemysłowej. Stosuje się go w przemyśle farmaceutycznym do wyrobu m.in. kwasu salicylowego i sulfaniloamidów oraz w reakcji otrzymywania aluminium z boksytów. Służy także do otrzymywania tłuszczów oraz mydeł, bierze udział w otrzymywaniu szkła wodnego z krzemionki. Wodorotlenek sodu jest surowcem pomocniczym w branży celulozowo-papierniczej, jest używany w przemyśle włókienniczym oraz wiskozowym do procesu bielenia, barwienia i utrwalania barwnika. NaOH jest wykorzystywany w procesie rafinacji olejów – przeróbka ropy naftowej, w procesach petrochemicznych, otrzymuje się z niego barwniki syntetyczne, ścieki i ciekłe produkty koksowania poddaje się obróbce z użyciem wodorotlenku sodu, służy do uzdatniania wody do celów przemysłowych. NaOH posiada właściwości myjące i dezynfekujące, co wykorzystuje przemysł spożywczy, m.in. zakłady mleczarskie, browary, zakłady mięsne oraz cukrownie [4].

2.2.4. Kwas siarkowy

Kwas siarkowy (H_2SO_4) to jeden z najmocniejszych, silnie żrących kwasów, niszczy strukturę białka. Występuje w postaci bezbarwnej, oleistej cieczy, cięższej od wody. Kwas siarkowy ma bardzo duże znaczenie w różnych gałęziach przemysłu. Służy między innymi do produkcji innych kwasów, do wyrobu barwników, włókien sztucznych, środków wybuchowych, nawozów sztucznych. Używany jest też do oczyszczania olejów, nafty, parafiny i do osuszania gazów. Stosuje się go do produkcji środków piorących, leków oraz jako elektrolit w akumulatorach ołowiowych. Jest często używanym odczynnikiem w laboratoriach.

2.2.5. Chlorek sodu

Chlorek sodu (sól kuchenna) jest to artykuł spożywczy, będący prawie czystym chlorem sodu ($NaCl$), stosowany jako przyprawa i konserwant w przemyśle spożywczym. Chlorek sodu jest jednym z ważniejszych związków stosowanych w przemyśle chemicznym. Z chlorku sodu otrzymuje się sól, węglan sodu, wodorotlenek sodu, kwas solny i chlor. Chlorek sodu zmieszany z lodem jest stosowany jako mieszanina oziębiająca do temp. $-21^{\circ}C$. W medycynie używany jest jako izotoniczny roztwór fizjologiczny o stężeniu 0,9% do łączenia z płynami ustrojowymi.

3. Metody badań

3.1. Badanie cech wytrzymałościowych w próbie statycznego rozciągania

Badanie cech wytrzymałościowych w próbie statycznego rozciągania przeprowadzono zgodnie z normą PN-EN ISO 527-2:1998. Wyniki tych pomiarów w formie wykresu zależ-

ności siły odkształcającej, a także wydłużenia, były rejestrowane przez maszynę wytrzymałością INSTRON.

3.2. Badanie twardości tworzyw metodą wciskania kulki

Oznaczanie twardości metodą wciskania kulki polega na powolnym wciskaniu kulki w badaną próbkę pod działaniem określonego obciążenia i upływie określonego czasu (30 sekund). Ustala się stan równowagi, w którym powiększająca się powierzchnia odcisku równoważy wywierane obciążenie przez wgłębiającą się kulkę. Głębokość odcisku mierzy się pod obciążeniem. W tym stanie, stosunek siły obciążającej do powierzchni odcisku w materiale określa jego twardość.

Badanie przeprowadzono zgodnie z normą PN-EN ISO 2039-1: 2004. Badane próbki umieszczono na stoliku pomiarowym, a następnie przykładano obciążenie wstępne i dokonywano właściwego pomiaru. Po upływie 30 sekund od zastosowania obciążenia, mierzono pod obciążeniem głębokość odcisku z dokładnością $\pm 0,005$ mm. Następne pomiary wykonywano w odległości nie mniejszej niż 10 mm od innych punktów i krawędzi próbki. Oznaczenia były wykonywane w taki sposób, aby pęcherze lub pęknięcia w badanej próbce nie miały wpływu na wyniki badań.

4. Wyniki

Wszystkie próbki do badań przygotowano metodą wtrysku, zgodnie z obowiązującymi w tym zakresie normami przedmiotowymi. Wszystkie wiosełka zostały poddane sezonowaniu, a następnie rozdzielone i umieszczone na ekspozycje w odpowiednich środkach agresywnych przez okres 21 dni (504 godziny). Przed przystąpieniem do badań, każde wiosełko było starannie oczyszczone z substancji, opłukane i wysuszone.

4.1. Polietylen HDPE

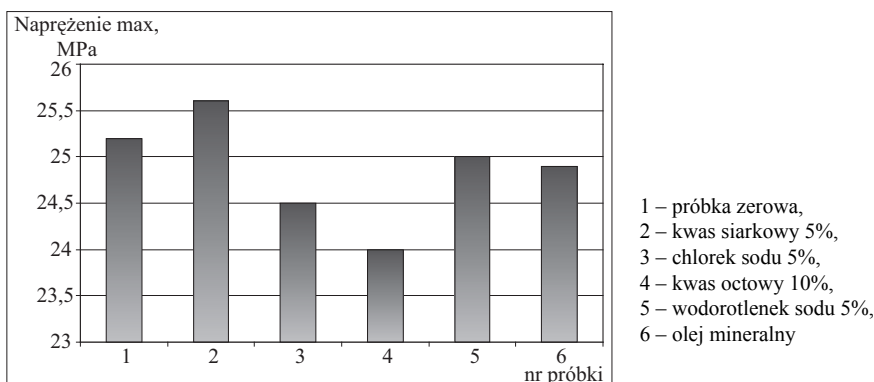
Podczas badania, wszystkie badane próbki zachowywały się podobnie. Początkowo naprężenia wzrastały proporcjonalnie do odkształceń, czemu odpowiadał prostoliniowy odcinek na wykresie rozciągania. Na tym etapie przekrój poprzeczny próbki nie ulegał znacznym zmianom. Podczas dalszego rozciągania, wzrostowi odkształcenia towarzyszył powolniejszy wzrost naprężenia. W tym obszarze odkształceń materiał zaczyna „płynąć” i pojawiają się odkształcenia trwałe. Następnie można było zaobserwować pojawianie się „szyjki”, czyli znaczne zmniejszenie się przekroju poprzecznego próbki. Na podstawie wykresów otrzymanych z maszyny, odczytano maksymalne naprężenie σ_{\max} dla poszczególnych próbek, zarejestrowane w czasie rozciągania, a wyniki zestawiono w tabelicy 1.

Tablica 1

**Wartości naprężenia maksymalnego
oraz twardości poszczególnych próbek polietylenu**

Parametr	Próbka zerowa	Kwas siarkowy H ₂ SO ₄ 5%	Chlorek sodu NaCl 5%	Kwas octowy CH ₃ COOH 10%	Wodorotlenek sodu NaOH 5%	Olej mineralny
	1	2	3	4	5	6
σ_{\max} [MPa]	25,2	25,6	24,5	24,0(-)	25,0	24,9
Twardość [MPa]	40,77	37,60	38,63	39,80	40,03	38,30

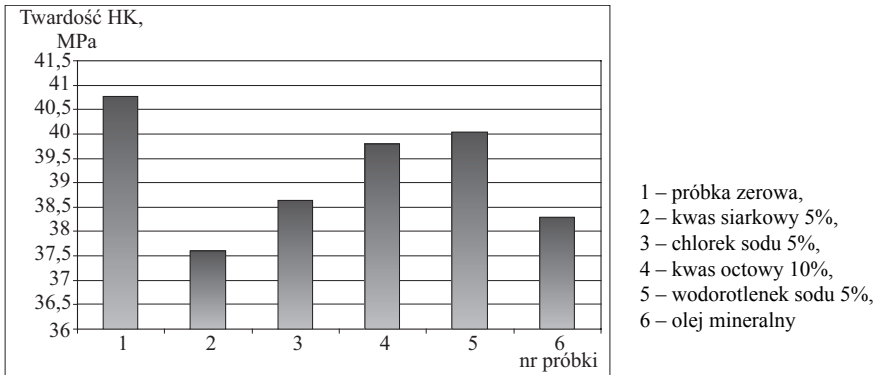
Najniższą wartość uzyskano w przypadku próbek moczonych w roztworze kwasu octowego (10%) – 24,0 MPa. Natomiast w przypadku oddziaływania roztworu kwasu siarkowego H₂SO₄ (5%) zaobserwowano niewielkie wzmocnienie materiału względem próbki zerowej (25,2 MPa) do wartości 25,6 MPa. Wyniki zestawiono również na rysunku 1.



Rys. 1. Zmiana naprężenia poszczególnych próbek po ekspozycji w środkach agresywnych

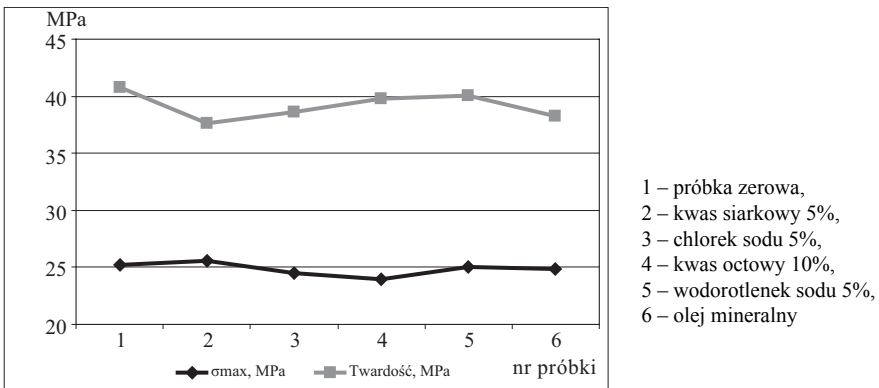
Na podstawie danych widać, że polietylen jest odporny na działanie silnych kwasów i zasad, co potwierdza się w zastosowaniu tego materiału na zakrętki i korki do butelek z substancjami chemicznymi. Średnie wyniki z badania twardości polietylenu HDPE metodą wciskania kulki dla poszczególnych próbek przedstawiono w tablicy 1 oraz na rysunku 2.

Analizując tablicę nr 1 oraz rysunek 2 można odczytać, że polietylen zachowuje największą twardość, gdy nie jest poddawany działaniu żadnych substancji wykorzystanych podczas testów. Największy spadek twardości zaobserwowano w przypadku próbki moczonej w oleju mineralnym. Dzieje się tak, ponieważ polietylen HDPE chłonie olej i tym samym jego cząsteczki migrują w materiale, osłabiając go i zmniejszając jego twardość (ułatwiają poślizg łańcuchom). W znacznym stopniu, aczkolwiek mniejszym niż w przypadku oleju, zmniejszyła się twardość polietylenu pod wpływem działania związków nieorganicznych, tj. kwasu siarkowego o stężeniu 5% i wodorotlenku sodu o stężeniu 5%.



Rys. 2. Zmiana twardości poszczególnych próbek po ekspozycji w środowiskach agresywnych

Kwas octowy 10% oraz roztwór soli 5% również w niewielkim stopniu zmniejszyły twardość. Na rysunku nr 3 przedstawiono zbiorczy wykres pokazujący zmianę zarówno twardości, jak i wytrzymałości materiału.



Rys. 3. Porównanie zmian wytrzymałości oraz twardości materiału pod wpływem działania określonego środowiska

Jak widać na rysunku 3, obniżenie wartości wytrzymałości nie zawsze bezpośrednio wiąże się z obniżeniem twardości materiału, a wręcz przeciwnie, w przypadku oddziaływania kwasu siarkowego 5% widać wyraźny spadek wytrzymałości, a wzrost twardości względem próby zerowej. W przypadku kwasu octowego 10% sytuacja jest odwrotna, spadkowi twardości towarzyszy wzrost wytrzymałości.

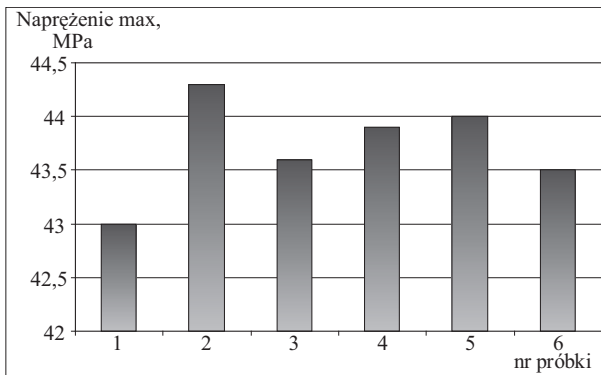
4.2. Polipropylen PP

Kolejnym badanym materiałem polimerowym był polipropylen. Wyniki pomiarów wytrzymałości oraz twardości zestawiono w tabelicy 2 oraz na rysunkach 4 i 5.

Tablica 2

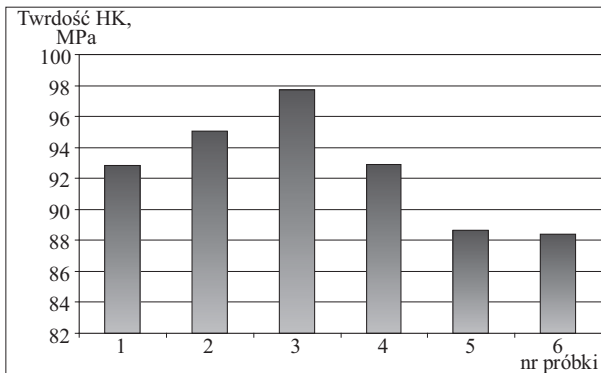
Wartości naprężenia maksymalnego oraz twardości poszczególnych próbek polipropylenu

Parametr	Próbka zerowa	Kwas siarkowy H ₂ SO ₄ 5%	Chlorek sodu NaCl 5%	Kwas octowy CH ₃ COOH 10%	Wodorotlenek sodu NaOH 5%	Olej mineralny
	1	2	3	4	5	6
σ_{\max} , [MPa]	43,0	44,3	43,6	43,9	44,0	43,5
Twardość HK [MPa]	92,83	95,07	97,73	92,87	88,65	88,40



1 – próbka zerowa,
2 – kwas siarkowy 5%,
3 – chlorek sodu 5%,
4 – kwas octowy 10%,
5 – wodorotlenek sodu 5%,
6 – olej mineralny

Rys. 4. Zmiana naprężenia poszczególnych próbek po ekspozycji w środkach agresywnych:



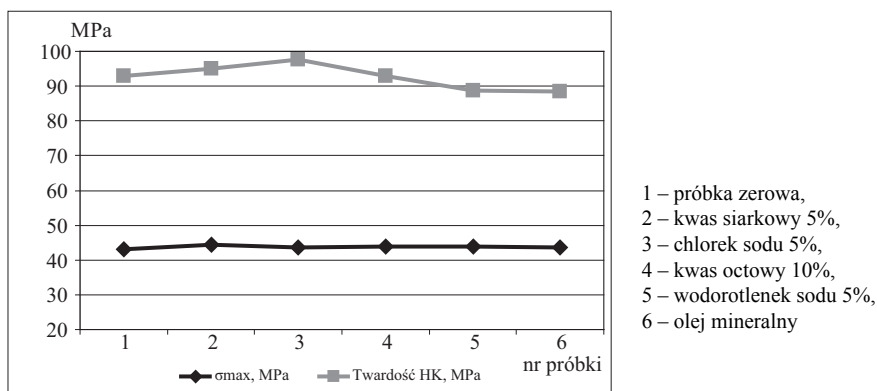
1 – próbka zerowa,
2 – kwas siarkowy 5%,
3 – chlorek sodu 5%,
4 – kwas octowy 10%,
5 – wodorotlenek sodu 5%,
6 – olej mineralny

Rys. 5. Zmiana twardości poszczególnych próbek po ekspozycji w środkach agresywnych:

W przypadku wytrzymałości, rysunek 3 i tablica 2, można odczytać, iż środowiska agresywne, w jakich znajdowały się badane próbki nie miały negatywnego wpływu na właściwości polipropylenu. Można zauważyć, że próbki zerowe uzyskały najniższą wartość.

Wyniki wskazują, że PP jest odporny na działanie substancji wykorzystanych do badań, a pod ich wpływem materiał umacnia się. W przypadku twardości średnie wyniki dla poszczególnych próbek przedstawiono na rysunku 5.

W przypadku polipropylenu tylko wodorotlenek sodu o stężeniu 5% i roztwór soli o stężeniu 5% obniżyły twardość tworzywa (rys. 5). W przypadku kwasu octowego 10%, twardość pozostała na tym samym poziomie. Olej mineralny i kwas siarkowy zwiększyły twardość PP, przy czym H_2SO_4 w większym stopniu niż olej (rysunek 5). Zbiorczy wykres pokazujący zmianę zarówno twardości, jak i wytrzymałości materiału, przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 6. Porównanie zmian wytrzymałości oraz twardości materiału pod wpływem działania określonego środowiska

Z rysunku wynika, że wytrzymałość praktycznie nie zmienia się, natomiast w przypadku twardości widać wyraźną zmianę przy oddziaływaniu chlorku sodu 5% na badany materiał.

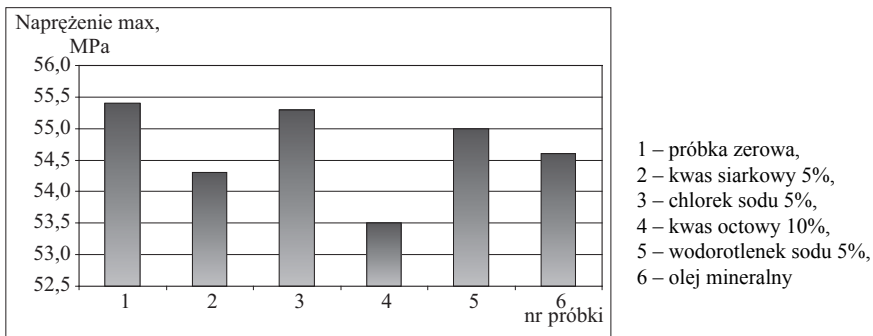
4.3. Polistyren PS

Wszystkie wyniki badań dla polistyrenu mieszczą się w granicach błędów pomiaru. Zestawiono je w tabelicy 3 oraz na rysunkach 7 i 8. Stwierdzono, że największy wpływ na zmianę właściwości ma kwas octowy 10%.

Tabela 3

Wartości naprężenia maksymalnego oraz twardości poszczególnych próbek polistyrenu

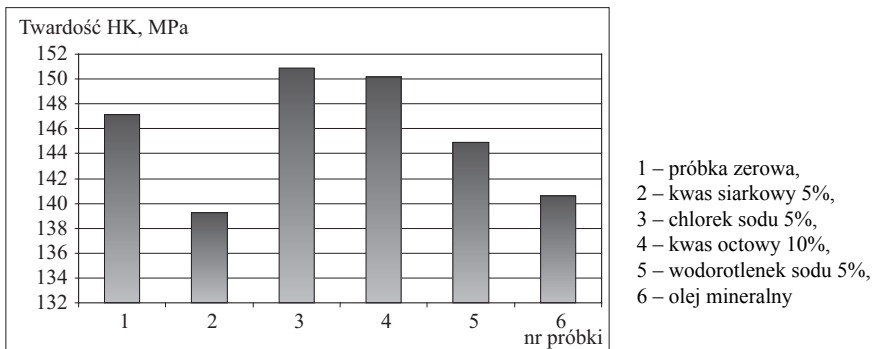
Parametr	Próbka zerowa	Kwas siarkowy H_2SO_4 5%	Chlorek sodu NaCl 5%	Kwas octowy CH_3COOH 10%	Wodorotlenek sodu NaOH 5%	Olej mineralny
	1	2	3	4	5	6
σ_{max} [MPa]	55,4	54,3	55,3	53,5	55,0	54,6
Twardość [MPa]	147,10	139,27	150,87	150,17	144,87	140,63



Rys. 7. Zmiana wytrzymałości poszczególnych próbek po ekspozycji w środkach agresywnych

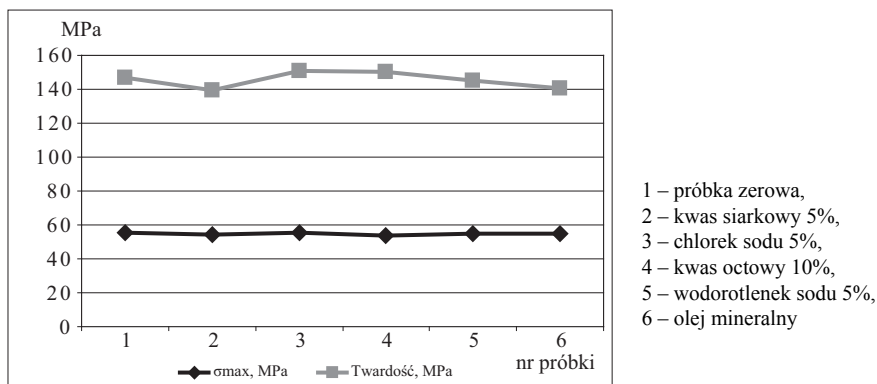
Mając na uwadze niewielkie różnice w otrzymanych wynikach można stwierdzić, że polistyren jest odporny na działanie środowisk agresywnych. Znajduje to potwierdzenie w wykorzystaniu polistyrenu do produkcji wszelkiego rodzaju jednorazowych opakowań i tacek w branży spożywczej i gastronomicznej.

Średnie wyniki z badania twardości polistyrenu metodą wciskania kulki dla poszczególnych próbek, zestawiono w tabelicy 3 oraz na rysunku 8. Największy spadek wartości względem próby zerowej zaobserwowano w przypadku ekspozycji próbek na działanie roztworu kwasu siarkowego 5% i oleju mineralnego. W dwóch przypadkach chlorku sodu 5% i kwasu octowego 10% twardość próbek wzrosła względem próby zerowej.



Rys. 8. Zmiana twardości poszczególnych próbek po ekspozycji w środkach agresywnych

Polistyren zachowywał się podobnie jak polietylen, największy wpływ na zmniejszenie twardości miał olej mineralny. Na rysunku 9 przedstawiono zbiorczy wykres pokazujący zmianę zarówno twardości, jak i wytrzymałości materiału. Podobnie jak w przypadku polipropylenu (rys. 6) twardość materiału nieznacznie się zmienia, a działanie środków użytych w badaniach ma niewielki wpływ na zmianę tej cechy materiału. Największy wpływ na tworzywo ma kwas siarkowy 5% i olej mineralny, ponieważ obniżają one znacząco wytrzymałość materiału.



Rys. 9. Porównanie zmian wytrzymałości oraz twardości materiału pod wpływem działania określonego środowiska

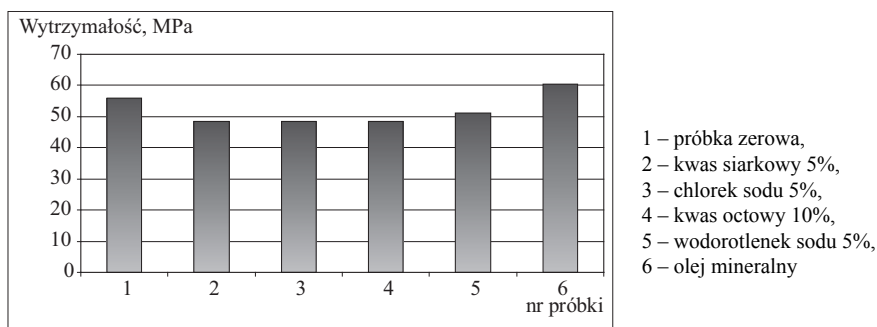
4.4. Poliamid 6.6

Kolejnym badanym polimerem był poliamid 6.6. Materiał ten jest zaliczany do tworzyw konstrukcyjnych. Na podstawie wykresów z maszyny odczytano maksymalne naprężenia dla poszczególnych próbek, a wyniki zestawiono w tabelicy 4 oraz na rysunku 10, wyniki z pomiarów twardości przedstawiono na rysunku 11.

Tablica 4

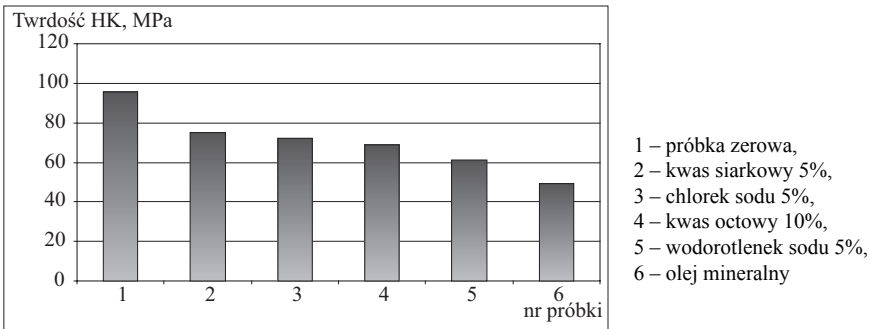
Wartości naprężenia maksymalnego oraz twardości poszczególnych próbek poliamidu 6.6

Parametr	Próbka zerowa	Kwas siarkowy H ₂ SO ₄ 5%	Chlorek sodu NaCl 5%	Kwas octowy CH ₃ COOH 10%	Wodorotlenek sodu NaOH 5%	Olej mineralny
	1	2	3	4	5	6
σ _{max} [MPa]	55,8	48,5	48,4	48,5	51,3	60,3
Twardość [MPa]	95,53	74,87	72,20	69,07	61,07	49,43



Rys. 10. Zmiana wytrzymałości poszczególnych próbek po ekspozycji w środkach agresywnych

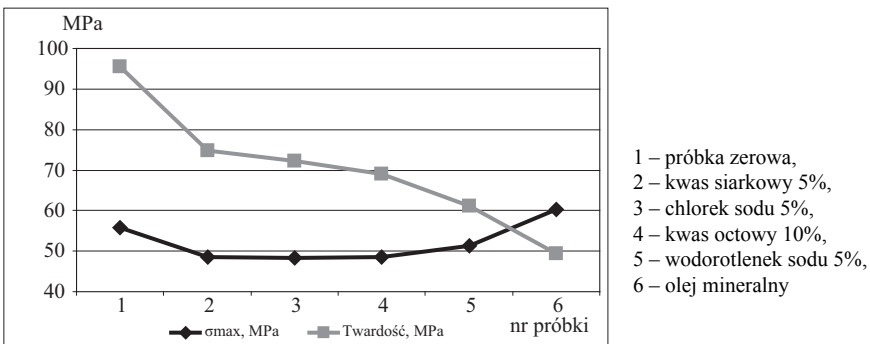
NaOH, H_2SO_4 , ocet oraz sól zmniejszają wytrzymałość na rozciąganie. Zarówno kwas siarkowy, jak i zasada (wodorotlenek sodu) wpływają na pogorszenie właściwości, przy czym środowiska kwaśne, zarówno organiczne jak i nieorganiczne, mają bardziej destrukcyjny wpływ niż środowisko zasadowe. Olej mineralny natomiast zwiększa wytrzymałość na rozciąganie, co znajduje potwierdzenie w wykorzystaniu PA 6.6 jako tworzywo konstrukcyjne, z którego wykonuje się mocno obciążone mechanicznie części maszyn, urządzeń i pojazdów. Średnie wyniki z badania twardości poliamidu 6.6 metodą wciskania kulki dla poszczególnych próbek przedstawiono w tabelicy 4 oraz na rysunku 11.



Rys. 11. Zmiana twardości poszczególnych próbek po ekspozycji w środowiskach agresywnych

Analizując rysunek 11 oraz tabelicę 4 można zauważyć, że wszystkie próbki w odniesieniu do próby zerowej, po ekspozycji w odpowiednim środowisku, cechowały się mniejszą twardością. Największy, prawie dwukrotny spadek twardości zaobserwowano w przypadku próbek poddanych działaniu wodorotlenku sodu. W nieco mniejszym stopniu negatywny wpływ na poliamid miało także środowisko kwaśne oraz olej mineralny.

Na rysunku 12 przedstawiono zbiorczy wykres pokazujący zmianę zarówno twardości, jak i wytrzymałości materiału. Poliamid jest podatny na działanie wszystkich substancji biorących udział w badaniu, zmianie ulega jego wytrzymałość oraz twardość. W przypadku oleju mineralnego twardość materiału po ekspozycji jest większa niż próby zerowej (rysunki 11, 12).



Rys. 12. Porównanie zmian wytrzymałości oraz twardości materiału pod wpływem działania określonego środowiska

5. Podsumowanie

Przeprowadzone badania potwierdzają, że tworzywa sztuczne wykorzystane w eksperymencie są odporne na oddziaływanie substancji agresywnych wykorzystanych w badaniu. Nie są one jednak obojętne, gdyż w niewielkim stopniu oddziałują na zmianę właściwości mechanicznych tworzyw. Polietylen HDPE, polipropylen PP oraz polistyren PS wykazują znaczącą odporność na działanie kwasów i zasad, natomiast poliamid jest w mniejszym stopniu odporny na ich działanie. Żaden materiał nie uległ całkowitej destrukcji w środowisku agresywnym i nie utracił całkowicie swoich cech.

Badane tworzywa są szeroko stosowane w różnych gałęziach przemysłu i transportu. Uzyskane wyniki potwierdzają ich odmienne przeznaczenie. HDPE, PP i PS są tworzywami najczęściej stosowanymi na opakowania, osłony, a w przypadku taboru kolejowego, z tych materiałów wykonuje się elementy wyposażenia, osłony i mało obciążone mechanicznie elementy. Poliamid jako materiał konstrukcyjny jest wykorzystywany na elementy obciążone mechanicznie oraz części maszyn, które są poddawane ciągłym obciążeniom. Stosuje się go jako łubki do łączenia szyn, wkładki elektroizolacyjne i inne elementy w nawierzchni kolejowej, natomiast w taborze są stosowane jako maskownice osłony, koła zębate mniej obciążonych mechanizmów.

Wybrane polimery, dzięki swoim właściwościom, znalazły również szerokie zastosowanie w przemyśle chemicznym i galwanotechnice, szczególnie charakteryzującymi się agresywnym środowiskiem. Wykorzystywane są do produkcji pomp rotacyjnych i dozujących, zaworów, uszczelek, kurków, płyt i ram filtracyjnych, elementów ślizgowych, kół zębatach, zbiorników, wykładzin do zbiorników, bębnow galwanicznych oraz innych różnych elementów, gdzie odporność chemiczna jest bardzo ważna.

Bibliografia

1. Ashby M.F., Jones D.R.H.: *Materiały inżynierskie, Tom 2*, WNT, Warszawa 1996.
2. Bartz W.J.: *Ecotribology: Environmentally acceptable tribological practices*. Tribol. Int., 2006, 39, 728–733.
3. Beran E.: *Wpływ budowy chemicznej bazowych olejów smarowych na ich biodegradowalność i wybrane właściwości eksploatacyjne*, Prace Naukowe Wydziału Chemicznego Politechniki Wrocławskiej, Seria Monografie, zeszyt nr 5, Wrocław 2008.
4. Bielański A.: *Podstawy chemii nieorganicznej*. T. 1 i 2, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2008.
5. Broniewski T., Kapko J., Płaczek W., Thomalla J.: *Metody badań i ocena właściwości tworzyw sztucznych*, WNT, Warszawa, 2000.
6. Fabijański M.: *Badania nowych kompozycji poliamidowych przeznaczonych na wkładki dociskowe stosowane w przytwierdzeniu sprężystym szyn*, Prace Instytutu Kolejnictwa, 2010, nr 144, str. 47.
7. Fabijański M.: *Podstawy recyklingu materiałów w transporcie szynowym ze szczególnym uwzględnieniem tworzyw sztucznych*, Problemy Kolejnictwa, 2010, nr 151.
8. Garbarski J.: *Materiały i kompozyty niemetalowe*, OWPW, Warszawa, 2001.
9. Gościański M., Kapcińska D., Łabęcki M., Szulczyk J.: *Fizykochemiczne i mechaniczne aspekty nasycania środkami chemicznymi stosowanymi w rolnictwie (w tym środkami ochrony roślin) wybranych tworzyw konstrukcyjnych termoplastycznych, stosowanych w budowie maszyn rolniczych*. Prace PIMR, TT-3/2007.
10. Kucharczyk W., Mazurkiewicz A., Żurowski W.: *Nowoczesne materiały konstrukcyjne*, Wydawnictwo Politechnika Radomska, Radom, 2008.
11. Pielichowski J., Puszyński A.: *Technologia tworzyw sztucznych*, WNT, Warszawa, 1998.
12. PN-EN ISO 2039-1:2004, *Tworzywa sztuczne – Oznaczanie twardości – Część 1: Metoda wciskania kulki*.
13. PN-EN ISO 527-2:1998, *Tworzywa sztuczne – Oznaczanie właściwości mechanicznych przy statycznym rozciąganiu – Część 2: Warunki badań tworzyw sztucznych przeznaczonych do prasowania, wtrysku i wytłaczania*.
14. Schlager N., Weisblatt J., Newton D. E (red.): *Chemical Compounds*. Thomson Gale, 2006, s. 23–26.

The influence of aggressive environments on mechanical properties of popular polymer materials used in rail transport

Summary

Different polymer materials or plastics have been applied in almost every area of daily life and technology. It is difficult to imagine how the world would look without the products made from these materials. The polymers are produced by certain chemical reactions and have different properties. They are subject to the environment in which they work. Very often, different substances interact aggressively, causing a change in the properties of these materials. Changing the parameters, not just mechanical, can cause damage to the machinery and equipment as well as prove harmful to humans. Commonly used materials in rail transport. They are exposed to grease, oil, weak acids and alkalis and other chemicals. The paper presents results of research on the influence of aggressive environments on popular plastics. Change of mechanical properties in relation to the original material are shown. The test samples were exposed to a number of substances that are used in the operation of machines and equipment for rail transport vehicles and which are used in production of other chemicals. The results are presented in tables and figures.

Keywords: polymers, chemical resistance, aggressive measures, mechanical properties

Влияние агрессивных сред на свойства популярных полимерных материалов, используемых на железнодорожном транспорте

Резюме

Полимерные материалы или по другому пластмассы нашли применение практически во всех областях повседневной жизни и технологии. Трудно себе представить, как бы выглядел мир без продукции из этих материалов. Полимеры производятся с помощью соответственно провидимых химических реакций и обладают различными свойствами. Они подвергаются также воздействию среды, в которой работают. Очень часто различные вещества воздействуют агрессивно, вызывая изменение свойств этих материалов. Изменение параметров, не только механических, может привести к повреждению машин и оборудования, а также отрицательно влиять на человека. На железнодорожном транспорте широко используются полимерные материалы. Они подвергаются воздействию смазок, топлива, слабых кислот и щелочей, а также других химических веществ. В работе представлены результаты исследований влияния агрессивных сред на популярные пластмассы. Определено изменение механических параметров по отношению к исходному материалу. Испытываемые образцы подвергались воздействию нескольких веществ, которые используются в эксплуатации машин и оборудования, предназначенного для рельсового подвижного состава, а также применяются в производстве других химических соединений или являются их основой. Результаты исследований представлены в виде таблиц и рисунков, которые указывают направление, в каком происходили изменения механических свойств данной пластмассы.

Ключевые слова: полимерные материалы, химическая устойчивость, агрессивные средства, механические свойства