

TWORZYWA SZTUCZNE W WARSZTACIE MAJSTERKOWICZA

Własności i wykorzystanie tworzyw

Każdy inżynier, konstruktor, technolog a więc i majsterkowicz musi umieć odpowiedzieć samemu sobie na kilka pytań. Pytanie pierwsze jest najprostsze – co chcę zrobić? Potem już trudniej – jaka musi być budowa, konstrukcja wyrobu, aby spełniał planowane dla niego funkcje? Pytania następne to: jak wykonać zaprojektowaną część lub całe urządzenie i... z czego, z jakiego materiału? Dziś zastanowimy się nad odpowiedzią na pytanie ostatnie, ściślej ostatnie z wymienionych, gdyż pytań takich powinno być więcej, i tych dotyczących kosztów wyrobu czy niezawodności.

Odpowiedź ograniczymy oczywiście do tworzyw sztucznych. Przeprowadziliśmy już próbę identyfikacji, wiemy, że dysponujemy np. polistyrenem oraz polietylenem. Które z tych tworzyw wybrać jako materiał do budowy zaplanowanego urządzenia?

Zanim podejmiemy decyzję musimy odpowiedzieć sobie na kolejne pytania: w jakich warunkach będzie pracował wykonywany przez nas przedmiot, czy poddany będzie obciążeniom, działaniu podwyższonej temperatury, kwasów lub zasad, itp., itd. Często warunki trzeba uściślić. Jeśli np. chcemy wykonać wieszak, to powinniśmy określić jaki ciężar będzie na nim zawieszany. Po sprecyzowaniu możliwie najściślej odpowiedzi na te pytania – pytanie ostatnie: które tworzywo spełnia ustalone wcześniej warunki?

Odpowiedź można znaleźć w tablicy 1. Z jednym zastrzeżeniem. W tablicy tej podano tylko niektóre, najbardziej podstawowe własności tworzyw sztucznych termoplastycznych. W szczególnych przypadkach konieczne będzie odszukanie innych własności fizycznych lub chemicznych w książkach fachowych, katalogach itp.

Pierwszą i najważniejszą cechą materiału konstrukcyjnego jest jego wytrzymałość na rozciąganie lub na zginanie. Tym, którzy zapomnieli – przypominamy. Wytrzymałość na rozciąganie to wielkość siły potrzebnej np. do rozerwania nitki. Ale siła ta zależy od dwóch czynników. Od rodzaju materiału

Tworzywo sztuczne		Wytrzymałość MPa		Temperatura użytkowania °C	Temperatura mięknięcia °C	Przewodność cieplna kcal/mh°C	Wytrzymałość na przebicie kV/mm	Środki niszczące
		Rozciąganie	Zginanie					
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
PE ₁	Polietylen	17,5-30	10	90-120	127-130	0,30-0,36	30-40	Benzyna, ksylen, kwas azotowy, nie rozpuszcza się
PE ₂	Polietylen twardy	10-18	10	80-100	112-115	0,25-0,30	20-30	Trochę mniej odporny niż PE ₁
PP	Polipropylen	20-30		do 100	135	0,26	75	Wysoka odporność chemiczna, rozpuszcza się w: benzen, ksylen, benzyna
PA	Poliamid	40-80		85-100	100	0,29	20-30	Stężone kwasy, fenol a w wysokiej temp. alkohole
PS	Polistyren	35-50	55	70-80	82	0,13-0,18	40-50	Benzyna, nafta, terpentyna, aceton, benzen, ksylen
PC	Poliwęglan	60-70		130-140	150	0,18-0,19	25-35	Aminy, zasady, chlorek metylenu
PCW ₁	Polichlorek winylu	40-70	110	do 80	80	0,13-0,16	40-60	Praktycznie nierozpuszczalny
PCW ₂	"-" twardy	40-70	110	do 70	70	0,1-0,13	40-60	Praktycznie nierozpuszczalny
PMMA	Polimetakrylan metylu	60-100	110	do 70	70	0,15-0,21	40-50	Stężone kwasy, aceton, alkohol, eter, fenol
POM	Poliformaldehyd	60-70		83-100	100	0,25-0,28	60-75	Rozpuszczalniki organiczne
Stopy aluminium		80-400		150-320		125-175		Nawet zwykłe, wilgotne powietrze
Stale		130-1000		750-1200		50		---

użytego do wykonania nitki; inna będzie potrzebna do zerwania nici bawełnianej, inna w przypadku nici nylonowej, a jeszcze inna – dla nici wykonanej z metalu. Drugim czynnikiem jest grubość nici lub ściślej, w języku techniki – jej przekrój mierzony w jednostkach powierzchni. Z codziennej praktyki wiemy, że łatwiej rozerwać cienki niż gruby sznurek, nawet jeśli oba wykonane są z papieru. Z tego właśnie powodu wytrzymałość na rozciąganie określa się dla wszystkich materiałów tym samym wskaźnikiem: stosunkiem siły, pod działaniem której materiał ulegnie rozerwaniu do jednostki jego przekroju, np. tak jak w tabeli – w megapaskalach (MPa). Pamiętajmy: 1 MPa określa działanie siły miliona niutonów (N) na powierzchnię 1 m², lub bardziej praktycznie – 100 N/cm². Odpowiada to w przybliżeniu

obciążeniu pręta o przekroju 1 cm² odważnikiem o masie 10 kg (1 kG = 9,80665 N).

Tak jak założyliśmy, do wyboru mamy dwa rodzaje tworzyw, polistyren i polietylen. Z tablicy wynika, że pierwszy z nich ma wytrzymałość od 35 do 50 MPa, przyjmijmy wartość 40, drugi od 17,5 do 30, przyjmijmy – 20 MPa. Polistyren ma więc dwukrotnie wyższą wytrzymałość niż polietylen, a więc jest dużo lepszym materiałem konstrukcyjnym.

Znacznie gorzej, gdy projektowane przez nas urządzenie ma pracować w podwyższonej temperaturze. W jednej z kolumn tablicy podano dopuszczalną temperaturę użytkowania różnych tworzyw, a w kolejnej – temperaturę mięknięcia. Z podanych w tych kolumnach liczb wynika, że polistyren mięknie już w temperaturze 80°C. Mięknie, a więc zmienia swój kształt tym szybciej, im

większą siłą jest obciążony. Jeśli jakikolwiek element naszego urządzenia zmieni kształt, urządzenie przestaje pracować – wybraliśmy zły materiał. Inaczej polietylen. Może być użytkowany w temperaturze 90° a nawet 120°C, mięknie dopiero powyżej temperatury 127°C. Najwyższą temperaturę mięknięcia powyżej 150°C, a równocześnie bardzo wysoką wytrzymałość ma poliwęglan (PC), a więc właśnie to tworzywo powinniśmy zastosować do pracy pod silnym obciążeniem w wysokiej temperaturze.

Jeśli jednak rzeczywiście dysponujemy tylko polistyrenem i polietylenem – możemy zastosować polistyren, a w konstrukcji urządzenia przewidzieć możliwość chłodzenia np. nadmuchem zimnego powietrza albo co jest znacznie prostsze, zastosować ...polietylen, ale o odpowiednio większym przekroju. Jeśli 1 mm² przekroju zdolny jest wytrzymać obciążenie odważnikiem dwukilogramowym, to przekrój 2 mm² wytrzyma 4 kg, 3 mm² – 6 kg, itd. Sprawa jest prosta, wymaga tylko liczenia, tak jak liczą inżynierowie.

Własności mechaniczne materiału decydują jednak nie tylko o powierzchni przekroju projektowanej przez nas części, mogą decydować również o kształcie. Gdy wytrzymałość na rozciąganie używanego przez nas tworzywa jest niewielka, możemy tak zaprojektować potrzebną nam część, aby nie była ona rozciągana lecz ściskana. Przykład pokazano na rysunku 1. Konstrukcja czerwonego wieszaka jest zła, tworzywo pracuje na zginanie i rozciąganie. Wieszak niebieski wytrzyma znacznie więcej, mimo, że do jego wykonania użyto tę samą ilość tworzywa, gdyż materiał pod punktem zawieszenia pracuje na ściskanie.

Niektóre z tworzyw sztucznych są kruche, podatne na działanie karbu. Zjawisko karbu znane jest każdemu kto choć raz próbował ułamać wtkę wikliny czy wierzby. Wielokrotne nawet zginanie takiej wtki nie powoduje złamania. Jeśli jednak na jednym z boków wtki wykonamy szczyrykiem niewielkie nawet nacięcie – wotka pęknie. Podobnie ze szkłem. Niewielka rysa nacięta na powierzchni szkła diamentem, ułatwia ułamanie tafli szklanej wzdłuż tej rysy. Właśnie takie rysy o ostrych krawędziach technicy nazywają karbem.

Większość tworzyw sztucznych to materiały elastyczne, nie wykazujące kruchości

podobnej do szkła. Szczególnym wyjątkiem jest polimetakrylan metylu (PMMA) zwany zresztą organicznym szkłem – prawie tak samo jak szkło podatny na działanie karbu. Drugim, również czułym na karb tworzywem jest polipropylen (PP).

Cechę tę musimy uwzględnić przy konstruowaniu i wykonywaniu elementów z tych tworzyw, zwłaszcza gdy pracują one pod dużym obciążeniem. Przykład złej konstrukcji pokazano na rysunku 2. Ostra krawędź wewnętrzna może stać się miejscem, od którego zacznie się pękanie części wzdłuż narysowanej linii krzywej. Aby tego uniknąć przejście między dwiema płaszczyznami powinno być łagodne, wykonane łukiem, jak na rysunku niebieskim, lub z dodatkowym wykończeniem okrągłym – jak na rysunku fioletowym. Podczas obróbki toceniem wykonanie takich łuków lub podcięć jest proste. Natomiast w przypadku cięcia, najpierw wierzymy w wyznaczonym miejscu otwór, a dopiero później tnijemy piłką wzdłuż linii stycznej do krawędzi otworu (rysunek niebieski) lub wzdłuż linii przechodzącej przez środek otworu (rysunek fioletowy).

W kolejnej kolumnie tabeli podano przewodność cieplną tworzyw sztucznych. Z liczb w niej zawartych rzadko będziemy korzystać, podobnie jak z pominiętych w tabeli współczynników rozszerzalności cieplnej. Z zestawienia z odpowiednimi liczbami dla stopów aluminium i stali wynika, że tworzywa sztuczne są doskonałymi izolatorami ciepła. Jeszcze lepszym izolatorem jest jednak powietrze i tym, którzy chcieliby stosować tworzywa sztuczne w budowie ręcznych „łódówek” lub tp. proponujemy stosowanie tworzyw spienionych, jak pianka poliuretanowa lub najlepiej zwykły styropian czyli spieniony polistyren. Pęcherzyki powietrza zamknięte tworzywem dadzą najlepszy efekt izolacyjny.

Przedostatnia kolumna zawiera dane dla konstruktorów urządzeń elektrycznych. Jak widać wszystkie tworzywa są wysokoodpornymi izolatorami – najlepsze to poliformaldehyd ale równie dobre jest zwykłe PCW.

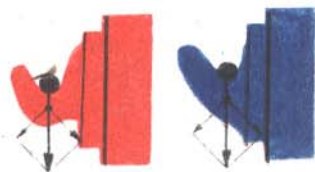
Ostatnia kolumna to spis środków niszczących lub rozpuszczających tworzywa sztuczne. Spis bardzo skrócony, nie wyczerpujący zagadnienia. Jednym z najbardziej odpornych na działanie czynników chemicznych jest polipropylen wykazujący również



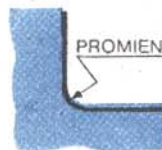
Zerwie się... nie zerwie.

dużą odporność na działanie tłuszczów i olejów. Przy wysokiej temperaturze mięknięcia może być również poddany sterylizacji w temperaturze znacznie przekraczającej 100°C. Rozkłada go tylko niewielka liczba rozpuszczalników, takich jak benzen, ksylen, benzyna, pirydyna czy octan butylu. Niewiele mniej odporny jest polietylen.

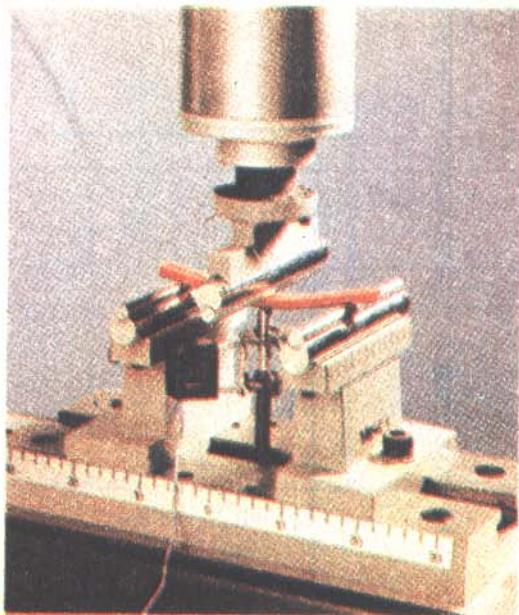
Znaczna odporność chemiczna wielu tworzyw spowodowała, że niektóre z nich wykorzystywane są do wytwarzania pojemników na żywność, a wśród nich na tłuszcze, jak np. maselniczki. Pamiętać jednak należy, że



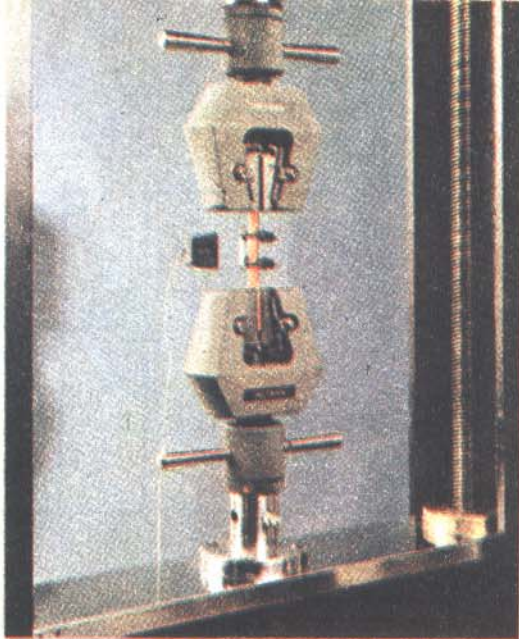
Rys. 1. Części pracujące na rozciąganie (kolor czerwony) i na ściskanie (niebieski)



Rys. 2. Zła (kolor czerwony) i dobra (kolor niebieski i fioletowy) konstrukcja z tworzyw podatnych na działanie karbu



Badanie tworzywa na zginanie



Badanie wytrzymałości tworzywa – na rozciąganie

Skafander z tworzyw sztucznych: szczelny (próżnia), elastyczny (swoboda ruchów), odporny na rozerwanie (zagrożenie życia), chroniący przed kosmicznym zimnem (doskonały izolator ciepła)



Tablica 2.
 „Gotowe” elementy konstrukcyjne z tworzyw sztucznych

Tworzywo	Dostępne w postaci wyrobów							
	Części wtryskowe	Pojemniki dmuchane	Płyty bloki	Folie	Rury profile	Przewody giętkie	Części prasowane	Kable
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
PE Polietylen	+	+	+	+	+	+	+	-
PP Polipropylen	+	+	+	+	+	-	-	-
PA Poliamid	+	+	+	+	+	+	+	+
PS Polistyren	+	-	+	+	-	-	-	-
PC Poliwęglan	+	+	+	+	+	-	-	-
PCW, Polichlorek winylu miękki	+	-	-	+	+	+	+	-
PMMA Polimetakrylan metylu	+	-	+	-	+	-	-	-
POM Poliformaldehyd	+	+	-	-	+	-	-	-

ewentualna szkodliwość tworzyw sztucznych w kontakcie z żywnością zależna jest nie tylko od rodzaju tworzywa, ale i od wielu innych, bardzo różnych czynników. Decydującą rolę odgrywają środki pomocnicze dodawane do tworzywa podstawowego w celu poprawy jego własności, np. mechanicznych. Niektóre z nich prowadzą jednak równocześnie do pojawienia się toksycznych właściwości tworzywa, które w stanie czystym jest całkowicie nieszkodliwe. Równie ważna jest technologia przetwórstwa tworzyw, a nawet zwykłe starzenie się wyrobów z tworzyw pod wpływem światła czy podwyższonej temperatury.

Z tych względów stanowczo odradzamy wytwarzanie we własnym zakresie jakichkolwiek pojemników, opakowań, masełek lub tp. i to z kilku powodów. Doskonałe tworzywo, rozpoznane przez nas w jakimś wyrobie nie przeznaczonym do kontaktu z żywnością może być zanieczyszczone środkami poprawiającymi np. jego odporność na przebicia elektryczne, które czynią go toksycznym. Wyrób przeznaczony do kontaktu z żywnością skleiony przez nas jakimś klejem lub rozpuszczalnikiem, który może być przyczyną niekontrolowanych reakcji chemicznych również może stać się toksyczny. Nawet zwykłe zgrzewanie, zgięcie na gorąco lub spawanie może być przyczyną depolimeryzacji i w konsekwencji toksyczności. Przyjmijmy więc zasadę: możemy stosować tworzywa do wszystkich celów, mają one tak doskonały zespół własności, że stosowane są nawet w kosmosie, my możemy z nich wytwarzać różne przedmioty, wszystkie oprócz pojemników na żywność, tacek, talerzyków itp.

Wiemy więc jakie własności mają tworzywa termoplastyczne i czego nie należy z nich wytwarzać w warunkach pracowni majsterkowicza. Ale materiał do wykonania to nie tylko tworzywo i jego własności, to również kształt. W drewnie prócz rozróżniania: olchowe, brzozone, dębowe wyróżniamy deski, płyty, bale itp. Również w przypadku tworzyw czasem potrzebna jest nam folia, czasem płyta, rurka lub nawet butelka. Często musimy połączyć półwyrob w kształcie płyty z innym półwyrobem w kształcie rury. Dobrze gdy łączymy ze sobą ten sam materiał, to samo tworzywo, łatwiej je ze sobą skleić, zgrzać lub zespawać, a wykonana konstrukcja lepiej spełnia postawione jej zadania gdy wykonana jest z jednorodnego pod względem własności fizycznych, chemicznych i konstrukcyjnych tworzywa. Pomocą w doborze elementów konstrukcyjnych może być tablica 2. Zestawiono w niej poszczególne tworzywa z formą wyrobów jakie można spotkać w sklepach lub domowych lamusach. Części wtryskowe to na ogół skomplikowane wyroby uzyskiwane metodą wtrysku tworzywa sztucznego pod ciśnieniem do metalowej formy. Są to takie wyroby jak kubki, solniczki, skomplikowane części maszyn itp. Części takie wykonuje się ze wszystkich tworzyw termoplastycznych. Pojemniki dmuchane to np. butelki na olej słonecznikowy. Jak widać najbogatszy asortyment „półwyrobów” możemy skompletować z rynkowych towarów wykonanych z poliamidu, a prawie tak samo bogaty z polietylenu. Prócz wymienionych, dodatkowym „półwyrobem” mogą być części z tworzyw piankowych, spienionych.

Krzysztof Błaszowski