

IZABELLA HYLA

TWORZYWA SZTUCZNE W HUTNICTWIE

Streszczenie. W artykule omówiono, w oparciu o dane literaturowe, przykłady zastosowań tworzyw sztucznych w przemyśle hutniczym. Zwrócono również uwagę na występowanie w elementach z tworzyw sztucznych zjawiska starzenia materiału oraz przytoczono sposób opisu tego zjawiska stosowany przez badaczy radzieckich.

Tworzywa sztuczne w sposób niezwykle dynamiczny i szybki wkraczają do wszystkich dziedzin życia. Osiągają procentowy wzrost produkcji nie notowany wśród innych materiałów konstrukcyjnych.

Dla porównania zestawiono w tabelicy 1, dane zaczerpnięte z Rocznika Statystycznego 1969 r., dotyczące wzrostu produkcji stali surowej oraz tworzyw sztucznych w niektórych państwach, w latach 1955 i 1968. Tworzywa sztuczne zastosowane w warunkach poprawnie dobranych do danego gatunku polimeru, pozwalają nie tylko zaoszczędzić znaczne ilości deficytowych metali kolorowych, ale umożliwiają także opracowywanie ciekawych i nowatorskich konstrukcji, które byłyby niemożliwe przy innych materiałach.

Tabela 1

Kraje	Produkcja stali surowej		Przyrost produkcji w %	Produkcja tworzyw szt.		Przyrost produkcji w %
	1955 r.	1968 r.		1955 r.	1968 r.	
	w milionach ton			w tysiącach ton		
Polska	4,4	11,0	150	11,7	199,0	1600
ZSRR	45,3	107,0	136	151,0	1164,0	670
USA	106,0	119,0	12	.	6684,0	.
Japonia	9,4	66,9	612	134,0	3669,0	2638
W. Brytania	20,1	26,3	31	295,0	1262,0	329
Włochy	5,4	17,0	214	151,0	1164,0	670
Węgry	1,6	2,9	81	1,9	43,3	2180
NRD	2,8	4,4	57	72,1	306,0	324
CSR	4,5	9,1	102	.	197,0	.

W ostatnich latach, również przemysł hutniczy coraz częściej kieruje swoje zainteresowanie w stronę tworzyw sztucznych. Podobnie bowiem jak w innych gałęziach przemysłu tak i tu, rachunek ekonomiczny każe szukać rozwiązań tańszych i sprawniejszych, nie tylko w zakresie samej technologii, lecz również w rozwiązaniach konstrukcyjnych stosowanych maszyn i urządzeń.

W przemyśle odlewniczym żywice syntetyczne, takie jak np. żywice fenolowo-formaldehydowe i żywice epoksydowe znalazły zastosowanie do wyrobu modeli, skrzynek i podstawek rdzeniowych, płyt modelowych oraz form dla metali niskotopliwych. Bywają również stosowane do pokrywania modeli drewnianych, aby zwiększyć ich odporność na zużycie.

Modele z tworzyw sztucznych są przydatne szczególnie przy formowaniu maszynowym, gdzie na płycie modelowej umieszcza się szereg identycznych części składowych.

Ekonomia tej metody staje się szczególnie widoczna przy skomplikowanym kształcie modelu oraz większej ilości powielanych elementów. Średni koszt zespołu modelowego w zależności od ilości modeli na płycie oraz rodzaju materiału użytego do wykonania modelu zestawiono w tabelicy 2.

Tabelica 2

Ilość modeli na płycie	Rodzaj zespołu modelowego	Średni koszt zespołu modelowego w zł
2	model drewniany	2294
	model metalowy	5070
	model z żywicy	2050
3	model drewniany	1746
	model metalowy	3030
	model z żywicy	1334
8	model drewniany	6372
	model metalowy	8230
	model z żywicy	2744

Stosując modele z tworzyw sztucznych, oprócz obniżenia średniego kosztu modelowego, zyskujemy także bardzo na trwałości modeli. Efektywną trwałość produkcyjną drewnianego modelu ocenia się na 400 do 500 form, natomiast żywotność modeli z tworzyw sztucznych jest znacznie wyższa i zbliża się do żywotności modeli aluminiowych. Oprócz dużej wytrzymałości posiadają one jeszcze inne cenne zalety; nie wymagają obróbki wykończeniowej, a minimalny skurcz żywicy (0,2+0,4%) pozwala na otrzymywanie wymiarów prawie identycznych jak model pierwotny. Również powielanie modelu z żywicy jest tanie i proste co powoduje, że w porównaniu z modelami aluminiowymi są w efekcie również tańsze.

Reasumując, zalety modeli z tworzyw sztucznych można przedstawić w postaci następujących dyspozycji:

- 1) tanie powielanie przez zastosowanie do powielania formy gipsowej,
- 2) nie wymagają wykańczania, ponieważ odlewy z tworzyw sztucznych są gładkie i ścisłe,
- 3) modele mogą być powielane bez kompensacji skurczowej,
- 4) może być wyeliminowana zbieżność,
- 5) zapewnione jest minimalne zużycie powierzchni.

Spośród żywic syntetycznych, żywice mocznikowe, formaldehydowe, fenolowo-formaldehydowe i furanowe znalazły również szerokie zastosowanie jako spoiwa rdzeniowe. Stosuje się je szczególnie przy wykonywaniu skomplikowanych profili wklęsłych. Podczas odlewania metali żywica ulega rozkładowi, masa traci swoją spójność i daje się łatwo usunąć z odlewu.

Rdzienie z mas formierskich zawierających żywice syntetyczne wykonywane bywają w oparciu o technologię gorących lub zimnych rdzennic.

W technologii gorących rdzennic, masa, składająca się z piasku kwarcowego z dodatkiem ciekłej żywicy syntetycznej, jest wdmuchiwana do skrzynki rdzeniowej nagrzaną do temperatury $150 \pm 240^{\circ}\text{C}$. Utwardzenie powierzchniowe następuje w czasie 5 ± 40 sek. Umożliwia to wyjęcie rdzenia z rdzennicy. Dalsze utwardzenie przebiega nadal już poza rdzennicą.

Metoda ta znalazła zastosowanie przy wykonywaniu małych i średnich rdzeni w produkcji seryjnej w odlewniach staliwa, żeliwa i metali nieżelaznych.

Stosując metodę zimnych rdzennic musimy posłużyć się masami samoutwardzalnymi, które bazują głównie na żywicach furanowych. Masy te utwardzają się samorzutnie, bez doprowadzania ciepła, jedynie pod wpływem katalizatorów dodanych do mas. W technologii zimnych rdzennic, masa, złożona z piasku i spoiwa, na bazie żywicy syntetycznej oraz utwardzacza, jest wstrzeliwana do rdzennicy, przez którą następnie przedmucha się katalizator. Utwardzenie rdzenia przebiega w ciągu kilku sekund.

W przemyśle hutniczym tworzywa sztuczne znalazły także zastosowanie w elementach maszyn i urządzeń. Duże uznanie u konstruktorów i użytkowników zyskały panewki łożyskowe z tłoczyw fenolowych (lub krezolowych) skrawkowych lub napełnianych grafitem, z poliamidów, lub teflonu, które znajdują zastosowanie w walcarkach, kruszarkach, młynach i innych ciężkich maszynach hutniczych. Żywotność panewek z materiałów tradycyjnych waha się w granicach 6 miesięcy do 1 roku, natomiast po zastosowaniu tworzyw sztucznych żywotność ta wzrasta 3-krotnie. Jeżeli równocześnie uwzględnimy, że cena 1 dm^3 brązu jest około pięciokrotnie wyższa od ceny 1 dm^3 poliamidu, to dążenie do zastąpienia brązu np. poliamidem stają się jak najbardziej przekonujące i słuszne.

Panewki z tworzyw sztucznych posiadają dodatkowe zalety takie jak: mały ciężar, mały współczynnik tarcia oraz zdolność tłumienia drgań. Ponieważ

umieszczane są zwykle w metalowych gniazdach, wytrzymują dość znaczne naciski (zależnie od tworzywa 200 do 570 kg/cm^2). Oprócz tych niewątpliwych i cennych zalet panewki te posiadają również pewne wady, które ograniczają zasięg ich stosowania. Do wad tych zalicza się:

- 1) małe przewodnictwo cieplne, co może prowadzić do znacznego nagrzania się łożysk. Z tego względu panewki takie mogą być stosowane w urządzeniach pracujących przy małych obrotach oraz często wymagają chłodzenia wodą lub powietrzem,
- 2) znaczna nasiąkliwość (zwłaszcza tworzyw tekstolitowych i poliamidów) co może prowadzić do zmiany wymiarów panewki.

Z tworzyw sztucznych wykonuje się również różnego typu łożyska, łącząc je z łożyskami kulkowymi, z których większe wytrzymują nawet obciążenia 6 ton przy prędkości obrotowej 300 obr/min. łożyska te wykonane z wypełniaczem grafitowym nie wymagają smarowania i są odporne na korozję. Dodatkową bardzo ważną zaletą tych łożysk jest łatwość ich wykonania.

Coraz częściej również w ciężkich maszynach, takich jak np. walcarki, stosuje się cichobieżne koła zębate z tworzyw tekstolitowych lub poliamidów.

Pod względem wytrzymałościowym koła te na ogół nie ustępują kołom żelaznym (koła tekstolitowe mają wytrzymałość na zginanie 420 kg/cm^2 a żelazne 300 kg/cm^2). Mają także gładszą powierzchnię, mniejszy współczynnik tarcia i minimalne potrzeby jeśli chodzi o smarowanie. Wadą tych kół jest stosunkowo małe przewodnictwo cieplne i mała odporność cieplna. Dla polepszenia tych własności często wykonuje się jedynie wieniec z tworzyw, natomiast piastę z metalu.

Coraz częściej również spotyka się tłoczniaki do blach odlewane z żywicy epoksydowej. Tego rodzaju tłoczniakiem można wykonać około 30 tys. tłoczeń z blachy o grubości 0,9 mm. Dużą ich zaletą jest mały ciężar i niski koszt.

Trudno tu wymienić wszystkie możliwe zastosowania tworzyw sztucznych, ponieważ jest ich już stosunkowo dość dużo i liczba ta stale wzrasta. Prace badawcze w zakresie tworzyw sztucznych prowadzone są bowiem w tym kierunku, aby dostarczyć konstruktorom tworzyw o takich własnościach mechanicznych, które pozwoliłyby na zastąpienie nimi w konstrukcjach materiałów deficytowych oraz zmniejszyły straty jakie powoduje niszczące działanie korozji.

Tablica 3 ujmuje częściowo zestawienie pewnych elementów wykonywanych z tworzyw sztucznych z uwzględnieniem stosowanych na nie materiałów.

Oprócz wielu niewątpliwych zalet jakie wykazują tworzywa sztuczne używane w charakterze materiałów konstrukcyjnych, posiadają one również pewne wady, o których konstruktorzy i użytkownicy nie mogą zapominać.

Jedną z nich jest starzenie się materiału, które w podwyższonych temperaturach przebiega szczególnie szybko. Uwzględnienie tego zjawiska jest bardzo istotne, ponieważ starzenie prowadzi do spadku własności fizyko-

Tablica 3

Przedmiot formowany	T w o r z y w o						
	PCW nie zmiękczone	PCW zmiękczone	Poli-styren	Poli-etylen	Poli-amid	Polime-takry-lan	Polime-ry fluo-rowe
Śruby i nakrętki	x				x		
Części tłumików		x		x	x		
Łożyska	x				x		
Obudowa łożysk					x		x
Koła zębate				x	x		x
Wirniki	x				x		x
Rollki	x			x	x		x
Pasy transmisyj.		x			x		
Przenośniki taśm		x			x		
Płyty, rury, profile	x	x	x	x	x	x	x
Naczynia, obudowa	x		x	x	x	x	
Uszczelki		x		x	x		
Kurki	x			x	x		

chemicznych, co powoduje obniżenie się trwałości elementów z tworzyw sztucznych. Potwierdzają to wyniki badań uzyskane w szeregu prac poświęconych temu problemowi [1], [2], [3], [5]. Z uwagi na to, że szybkość starzenia jest określoną funkcją temperatury, istnieje możliwość temperaturowego modelowania procesów starzenia.

Przyjmując jako miarę starzenia zmianę wytrzymałości i wydłużenia przy rozciąganiu, możemy wielkości te wyrazić następującymi równaniami

$$\sigma = \sigma_0 - m\tau \quad (1)$$

$$\varepsilon = \varepsilon_0 - a\tau,$$

gdzie:

τ - trwałość wyrażona w jednostkach czasu
 σ - naprężenie
 ε - wydłużenie względne } przy rozciąganiu

σ_0 - naprężenie
 ε_0 - wydłużenie względne
 m - szybkość starzenia
 a - uzależniona od temperatury.

przy rozciąganiu wyznaczone dla próbek nie
 poddanych starzeniu

$$\left. \begin{aligned} m &= m_0 e^{-\frac{u}{T}} \\ a &= a_0 e^{-\frac{w}{T}} \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

gdzie:

m_0 - } szybkość starzenia w temperaturze początkowej,
 a_0 - }
 u - } współczynniki zależne od rodzaju tworzywa,
 w - }
 T - temperatura w $^{\circ}\text{K}$.

Zależności (2) otrzymujemy z danych eksperymentalnych. Po wstawieniu ich do równań (1) otrzymamy

$$\left. \begin{aligned} \sigma &= \sigma_0 - m_0 e^{-\frac{u}{T}} \tau \\ \varepsilon &= \varepsilon_0 - a_0 e^{-\frac{w}{T}} \tau \end{aligned} \right\}. \quad (3)$$

Przy pomocy przytoczonych wzorów, można wyliczyć τ_{\max} - maksymalny czas użytkowania dla danej temperatury.

τ_{\max} i τ'_{\max} odpowiadają warunkom $\sigma = 0$ i $\varepsilon = 0$.

$$\left. \begin{aligned} \tau_{\max} &= \frac{\sigma_0}{m_0} e^{\frac{u}{T}} \\ \tau'_{\max} &= \frac{\varepsilon_0}{a_0} e^{\frac{w}{T}} \end{aligned} \right\}. \quad (4)$$

Formalnie τ_{\max} odpowiada maksymalnej możliwości eksploatacji produktu. W praktyce jednak posługujemy się znacznie mniejszymi wielkościami, które są wynikiem przyjmowania współczynników uzupełniających (np. współczynnik umownej pracy itp.). Przytoczone zależności, chociaż nie uwzględniają znacznej liczby czynników wewnętrznych towarzyszących omawianemu zjawisku pozwalają modelować procesy starzenia tworzyw poliamidowych na bazie superpozycji temperaturowo-czasowej.

Modelowanie temperaturowe możliwe jest jednak jedynie wówczas, gdy procesy starzenia przebiegają względnie powoli i w tym długim okresie czasu struktura zmienia się nieznacznie.

W praktyce inżynierskiej często narzucamy dopuszczalną szybkość starzenia (m , a) odpowiadającą określonym warunkom eksploatacji, a następnie przy pomocy równań (2) wyliczamy tzw. temperaturę efektywną T_E .

T_E - jest to temperatura, przy której prędkość starzenia pokrywa się ze średnią prędkością starzenia w eksploatacji.

$$\left. \begin{aligned} T_E &= \frac{u}{\ln \frac{m}{m_0}} \\ T_E &= \frac{w}{\ln \frac{a_0}{a}} \end{aligned} \right\} \cdot \quad (5)$$

Następnie, w oparciu o równanie (3), można sporządzić interesujące nas charakterystyki wytrzymałościowe.

LITERATURA

- [1] Howard T. - SPE Journal, nr 5, 1959 r.
- [2] Chevassus F. - Modern Plastics, nr 7, 1957 r.
- [3] Goldfein S. - Modern Plastics, nr 4, 1960 r.
- [4] Chudzyński St., Krajewski Br. - Zastosowanie tworzyw sztucznych w przemyśle i życiu codziennym, Warszawa 1958 r. PWT.
- [5] Boksziickij M.N., Budanow W.D. - Chemiczeskoje i Nieftiannoje Maszynostrojenie, nr 10, 1960 r.
- [6] Rocznik statystyczny 1960 r.
- [7] Wąsowicz H. - Przegląd Odlewnictwa nr 6, 1958 r.
- [8] Szopa M. - Przegląd Odlewnictwa, nr 6, 1960 r.

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ
В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Р е з ю м е

В статье представлены, на основе литературы, примеры применения искусственных материалов в металлургической промышленности. Обращено внимание на явление старения, выступающее в элементах из искусственных материалов, и представлен применяемый советскими исследователями способ описания этого явления.

THE PLASTIC MATERIALS IN THE SMELTING INDUSTRY

S u m m a r y

In the article has been shown - on the base of literature - the examples of using the plastic materials in the smelting industry.

There also pointed out the appearance of the ageing in the plastic elements and was shown the way of circumscribe this process applicated by the Russian's scientists.