

Klaudia BAK-SCELINA

WYCISKANIE PRĘTÓW Z POLICZTEROFLUOROETYLENU

Streszczenie. Policzterofluoroetylen (PTFE) powyżej temperatury uplastycznienia krystalitów 598-613 K nie przechodzi, tak jak inne tworzywa termoplastyczne, w stan lepkosprężysty, tylko zachowuje wcześniej nadaną postać. Wpływa na to duża lepkość w temperaturze uplastycznienia, która wynosi 10^9 Pa.s przy 653 K i jest dziesięciokrotnie większa od lepkości innych tworzyw termoplastycznych w ich temperaturze uplastycznienia. Ponieważ polimer w swoim stanie amorficznym jest bardzo wrażliwy na ścinanie, nadanie kształtu przez wtryskiwanie lub wytłaczanie w tradycyjny sposób jest niemożliwe.

1. WYCISKANIE POLICZTEROFLUOROETYLENU [1, 2, 3, 4]

Wyciskanie PTFE prowadzone jest jako wyciskanie ze spiekaniem. Jest ono procesem ciśnieniowego spiekania pojedynczych elementarnych segmentów w strefie grzewczej, umożliwiającym wykonywanie ciągłych profili z PTFE.

Pręty i rury wykonywane są metodą wyciskania w następujący sposób: proszek PTFE jest cyklicznie dozowany do cylindra wyciskającego, Stempel prasy prasuje go i wtlacza do strefy spiekania, gdzie działa na niego ciepło. Po każdym cyklu sprasowania stempel wycofuje się, następuje napełnianie cylindra proszkiem i kolejne sprasowanie. Prasowanie, obok zagęszczania proszku, ma na celu przesunięcie szeregu wykonanych pojedynczych tabletek (segmentów) do strefy spiekania cylindra, gdzie są spiekane w jedną całość. Potrzebne do sprasowania proszku przeciwcisnienie powstaje przez opór tarcia gorącego tworzywa o ścianki cylindra, wywołany przez znaczną rozszerzalność cieplną PTFE. Ogrzanie materiału z temperatury pokojowej do 653 K powoduje zwiększenie objętości polimeru o około 28%. Powyżej temperatury uplastycznienia tworzywo to posiada też wyższy współczynnik tarcia niż poniżej tej temperatury.

W strefie spiekania temperatura zawarta jest między 633 - 673 K. Temperatura ta powinna łagodnie wzrastać i opadać.

1.1. Parametry procesu wyciskania

Parametrami procesu dla danego cylindra wyciskającego są:

- 1 - czas przebywania w strefie spiekania,
- 2 - długość strefy spiekania,
- 3 - ciśnienie wyciskania,

4 - prędkość wyciskania,

5 - prędkość chłodzenia.

Czas przebywania w strefie spiekania t_{\min} [s] powinien być taki, aby zabezpieczył oalkowite spieczenie wyrobu. Zależy on od długości strefy grzewczej L [m] i maksymalnej prędkości wyciskania v_{\max} [m/s] [2, 3]:

$$t_{\min} = \frac{L}{v_{\max}} \quad (s) \quad (1)$$

Z badań firmy Hoechst [2, 3] wynika, że czas t_{\min} jest również uzależniony od średnicy wyciskanego pręta D [mm]

$$t_{\min} = 5 D^{5/3} \quad (s) \quad (2)$$

Długość strefy spiekania L [m] powinna być taka, aby po przejściu przez nią tworzywo uległo spieczeniu. Długości tej nie można powiększać dowolnie, gdyż z jej wzrostem wzrasta prędkość wyciskania, a wraz z nią ciśnienie wyciskania, które mogłoby przekroczyć dopuszczalną największą wartość. W zależności od długości strefy spiekania dobrana powinna być maksymalna prędkość wyciskania. Na długość strefy spiekania ma wpływ także gatunek PTFE. Dla gatunków wrażliwych na ciśnienie stosuje się krótkie strefy spiekania i odpowiednio mniejsze prędkości wyciskania. Długość strefy spiekania można zwiększyć wraz ze zwiększaniem gładkości wewnętrznych powierzchni cylindra wyciskającego i tłoka.

Z przyczyn technicznych w praktyce nie stosuje się urządzeń o strefie spiekania większej niż 2 m.

Ciśnienie wyciskania, działające na pole przekroju, powoduje zagęszczenie proszku i przepchnięcie oalności przez strefę spiekania. Ciśnienie wyciskania zależy zarówno od gatunku proszku poliozterofluoroetylenowego, jak i wyciskanych przekrojów. Im mniejsze jest pole przekroju, tym mniejsza jest powierzchnia prasowania przy większej powierzchni tarcia. Przy dużych średnicach prętów okrągłych występują ciśnienia od 2 do 3 MPa, przy oienkościennych rurach ciśnienie osiąga od 60 do 80 MPa. Przy wysokich ciśnieniach występuje niebezpieczeństwo tworzenia się niezwiązanych wzajemnie tabletek, na połączeniach których mogą wystąpić rysy lub karby, lub powstają tak gładkie powierzchnie ozołowe tabletek, że nie mogą się one spiec.

Ciśnienie wyciskania związane jest też z prędkością wyciskania. Ze wzrostem prędkości wyciskania wzrasta ciśnienie, jednak ten wzrost jest ograniczony przez długość strefy spiekania, gdyż wyrób na całym przekroju powinien być oalkowicie spieczony. Przy tej samej prędkości zmniejszenie ciśnienia jest możliwe, gdy stempel wykonuje powolny i długi ruch roboczy.

Im gładsze są powierzchnie wewnętrzne cylindra wyciskającego i tłoka, tym niższe są ciśnienia wyciskania.

Prędkość wyciskania związana jest z długością strefy spiekania L [m] i średnicą wyciskanego pręta D [mm]. Porównując równanie (1) i (2) otrzymuje się:

$$v_{\max} = 0,2 L \frac{1}{D^{5/3}} \cdot (\text{m/s}) \quad (3)$$

Aby osiągnąć duże prędkości wyciskania strefa spiekania L powinna być możliwie długa, co jednak jest ograniczone ciśnieniem wyciskania.

Małe prędkości wyciskania stosuje się do gatunków wrażliwych na ciśnienie wyciskanych w krótkich strefach spiekania.

Stosując cylindry wyciskające o gładkich powierzchniach, można zwiększać prędkość wyciskania, gdyż są wtedy potrzebne niższe ciśnienia wyciskania.

Prędkość chłodzenia tworzywa wychodzącego ze strefy spiekania wpływa na właściwości gotowego wyrobu. Przy wyborze prędkości chłodzenia, jeżeli nie jest ona uwarunkowana średnicą wyrobu, należy mieć na uwadze, że po gwałtownym chłodzeniu wyrobu są bardziej sprężyste i posiadają wyższe inne właściwości mechaniczne, a po wolnym ochładzaniu są bardziej twarde i sztywne lecz o niższych właściwościach mechanicznych. Przy dużych przekrojach należy unikać gwałtownego ochładzania prowadzącego do powstawania naprężeń cieplnych.

2. BADANIA WŁASNE

Celem badań było wykonanie stanowiska i przeprowadzenie na nim prób wyciskania prętów okrągłych.

Wyciskano trzy garunki poliocterofluoroetyleny:

Algoflon - firmy Montecatini (Włochy),

Ftoroplast-4 - (ZSRR),

Tarflen - Zakłady Azotowe w Tarnowie (Polska).

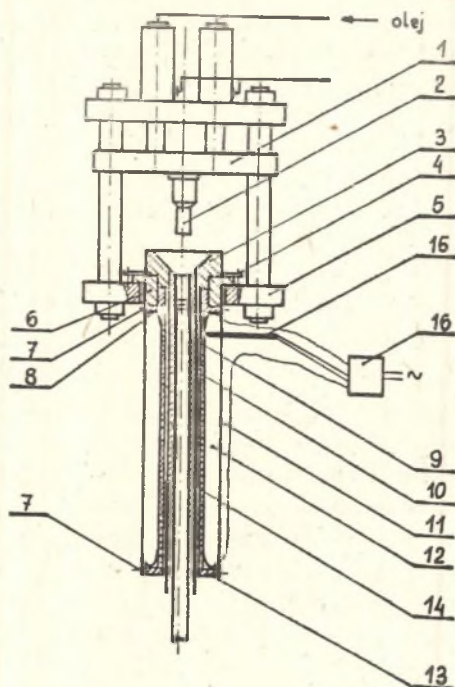
Z otrzymanych prętów wykonano próbki do badań wytrzymałości na rozciąganie.

2.1. Stanowisko badawcze

Stanowisko badawcze, na którym były prowadzone próby wyciskania, przedstawiono schematycznie na rys. 1.

Długość strefy spiekania L , czyli długość gdzie we wnętrzu cylindra wyciskającego utrzymuje się robocza temperatura spiekania, wynosząca 613 - 673 K, wynosiła 0,2 m.

Cylinder o średnicy $D = 9,8$ mm miał powierzchnię wewnętrzną w stanie surowym.



Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego

1 - suwak prasy, 2 - stempel wyciskający, 3 - lej zasypowy, 4 - śruby mocujące urządzenie do stołu prasy, 5 - stół prasy, 6 - tuleja, 7 - wkręty, 8 - pierścień, 9 - wykładzina azbestowa, 10 - rura aluminiowa, 11 - aluminiowy płaszcz zewnętrzny pieca, 12 - elementy grzejne, 13 - pierścień, 14 - cylinder, 15 - termopara, 16 - regulator temperatury

Ze wzorów (2) i (3) obliczono pozostałe parametry wyciskania:

- minimalny czas spiekania $t_{\min} = 3,86$ min,
- maksymalna prędkość wyciskania $V_{\max} = 3,11$ m/h.

Przyjęto dozowanie $G = 2$ g/min, dla którego prędkość wyciskania wynosiła $V = 0,694$ m/h, była więc czterokrotnie mniejsza od prędkości maksymalnej.

Dozowanie proszku odbywało się ręcznie, odważone porcje wsypywane były do leja zasypowego.

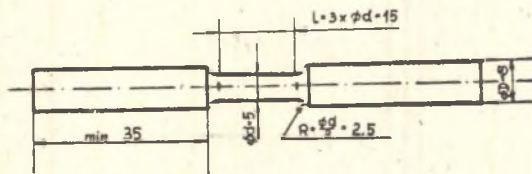
Ciśnienie wyciskania było stałe i wynosiło 42 MPa.

Wychodzący z urządzenia pręt chłodzony był bezpośrednio przez otaczające powietrze o temperaturze 290 K

Średnica pręta po ochłodzeniu wynosiła $D_1 = 8,7$ mm.

2.2. Badania wytrzymałości na rozciąganie

Pomiar wytrzymałości na rozciąganie przeprowadzono zgodnie z normą ASTM D 1710. Do badań wytoczono określone wyżej wymienioną normą próbki o kształcie i wymiarach jak na rys. 2.



Rys. 2. Próbką do badań wytrzymałościowych na rozciąganie

Badania przeprowadzono na 15 próbkach z każdego gatunku poliocterofluoroetyleny.

Próby rozciągania wykonano na maszynie wytrzymałościowej ZMGi 500 produkcji NRD. Prędkość rozciągania wynosiła 50 mm/min. Dla każdej próbki wyznaczono wytrzymałość na rozciąganie i wydłużenie względne wg PN-68/C-89034.

3. WYNIKI BADAN I ICH DYSKUSJA

Srednie wartości wytrzymałości na rozciąganie i wydłużenia względnego podaje tablica 1.

Tablica 1

Gatunek PTFE	Średnia wytrzymałość na rozciąganie		Średnie wydłużenie względne	
	$R_{m\text{sr}}$	MPa	śr	%
Algoflon	23,46		235,1	
Ftoroplast-4	21,51		125,2	
Tarflen	17,33		193,9	

Przy analizie wyników posłużono się normami USA, Wielkiej Brytanii, Japonii i RFN, które podają wartości, jakie powinny posiadać pręty z poliocterofluoroetyleny, otrzymane metodą wyciskania. Wytrzymałość na rozciąganie i wydłużenie względne wg tych norm przedstawiono w tablicy 2.

Średnia wytrzymałość na rozciąganie próbek wykonanych z Algoflonu i Ftoroplastu-4 mieści się w wartościach podanych przez wszystkie normy, natomiast średnia wytrzymałość na rozciąganie Tarflenu mieści się tylko w zakresie wartości podanych w normach japońskiej i brytyjskiej.

Tablica 2

Norma	Wytrzymałość na rozciąganie R_m MPa	Wydłużenie względne %
ASTM D 1457-69 T	20 - 40	250 - 500
ASTM D 1710-63 T		
BS 4271 - 1968	10 - 24,5	100 - 300
JIS K 6889-1972	min 10	min 300
DIN 53479	20 - 40	250 - 500

Jeżeli rozpatrywać średnie wydłużenie względne, to w wartościach określonych przez normę brytyjską znalazły się próbki z wszystkich trzech garunków policzterofluoroetyleny. Wartości podane przez pozostałe normy nie uzyskały żadne próbki.

Na wyniki badań, których rezultaty były poniżej norm, mogło wpłynąć wiele czynników. Tylko Algoflon był w postaci granulek, zaś Ftoroplast-4 i Tarflen miały postać włóknistą. Proszki Ftoroplastu-4 i Tarflenu łatwo się zbrylały i przy dozowaniu zatrzymywały się w leju zasypowym. Była więc konieczność przesunięcia ich do cylindra za pomocą pręcika policzterofluoroetylenowego. W tym przypadku mógł wystąpić nierównomierny rozkład proszku w cylindrze. Powierzchnia prasowana mogła być nierówna i z tego powodu przy prasowaniu mogły występować różne ciśnienia jednostkowe na powierzchni poszczególnych tabletek. Różne ciśnienia występujące na powierzchni tabletek są przyczyną powstania różnych naprężeń na przekroju poprzecznym pręta. Miejscowe, zbyt wysokie ciśnienie prasowania może spowodować powstanie tak gładkiej powierzchni tabletki, że nie nastąpi dokładne jej połączenie z następną i własności wytrzymałościowe pręta w tym miejscu ulegają poważnemu obniżeniu.

Cylinder wykonany był ze stali węglowej, a jego wewnętrzna powierzchnia była w stanie surowym. Powierzchnia ta była narażona na korodujące działanie fluoru. Skorodowane części powierzchni cylindra pozostawały na powierzchni pręta i dostawały się na granicę tabletek, osłabiając w tych miejscach własności wytrzymałościowe pręta. Również we wgłębieniach powierzchni wewnętrznej cylindra policzterofluoroetylen miał możliwość odkładania się i łączenia z przesuwającym materiałem w sposób niekontrolowany.

4. WNIOSKI

1. Zbudowane urządzenie i dobrane parametry przetwórstwa pozwoliły na uzyskanie prętów z policzterofluoroetyleny.

2. Wyniki prób wytrzymałościowych w większości są zadowalające.

3. Cylinder powinien być wykonany ze stali chromoniklowej.
4. Poliozterofluoroetylen powinien być w postaci granulek, by dozowanie było równomierne.

LITERATURA

- [1] STEININGER A., TSCHACHER M.: Kunststoffe nr 59/1969, ss. 652-653.
- [2] STEININGER A., STAMPRECH P.: Kunststoffe nr 60/1970, ss. 290-294.
- [3] Prospekty firmy Hoechst, Hostafilon TF, Frankfurt 1976.
- [4] Prospekty firmy ICI, Fluon, Technical Service Note F 2, 1966.

ЭКСТРУЗИЯ ПРУТКОВ ИЗ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА

Р е з ю м е

Были изготовлен пост для экструзии ПТФЭ и были проведены опыты по экструзии круглых прутков. Были проведены испытания прочности на разрыв полученных прутков. Представлены результаты исследований и даны выводы.

EXTRUSION OF BARS MADE FROM THE POLYTETRAFLUOROETHYLENE

S u m m a r y

The stand for polytetrafluoroethylene extrusion was made and used for the extrusion of circular rods. The tensile strength of the rods was tested. The results of the investigation and the conclusions are presented.