

Матвійшин П.В.ВІП НУБіП України
"Бережанський агротехнічний інститут",
м. Бережани, Україна
E-mail: tribosenator@gmail.com**ВПЛИВ ВЕЛИЧИНИ ЗАЗОРУ
МІЖ ШНЕКОМ І ЦИЛІНДРОМ НА
ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТІВ**

УДК 678.057

Одержано експериментальні залежності крутильного моменту та часу завантаження і пластикації різних пластмас від величини зазору між шнеком і циліндром термопластавтомату. Визначено критичні значення зазору між шнеком і циліндром для досліджуваних пластмас, перевищення яких приводить до зниження якості продукції.

Ключові слова: термопластавтомат, шнек, циліндр, зазор, пластмаса, продуктивність.

Вузол пластикації є одним з найважливіших вузлів термопластавтомата. На відміну від типового екструдера, в якому шнек обертається безперервно і не змінює свого положення, шнек термопластавтомата обертається періодично і робить зворотно-поступальний рух вздовж осі матеріального циліндра. Величина зазору між шнеком і циліндром термопластавтоматів має великий вплив на їх експлуатаційні характеристики, а саме: тиск в різних зонах по довжині циліндра; величина крутильного моменту; час в період завантаження та пластикації; продуктивність термопластавтомата тощо [1 - 4]. Тому дослідження впливу зазору між шнеком і циліндром при переробці різних полімерних матеріалів має велике практичне значення і є актуальним. Нами проведені такі дослідження [5] на термопластавтоматі моделі ДБ3328.

На рис. 1 наведені графіки залежності крутильного моменту $M_{кр}$ на шнеку від зазору δ між шнеком і циліндром в період завантаження і пластикації пластмас. З графіків видно, що зазор δ суттєво впливає на величину $M_{кр}$. При мінімальному значенні $\delta = 0,11$ мм для всіх досліджуваних матеріалів він має максимальне значення і знаходився в межах від 280 Нм (для капрону 6,6) до 380 Нм (для склопластику ПС68-30). При цьому величина $M_{кр}$ тим більша, чим більша в'язкість розплаву матеріалу. Для всіх досліджуваних матеріалів в інтервалі значень зазору $\delta = 0,17 - 0,4$ мм спостерігається значне зменшення $M_{кр}$ в порівнянні з його значенням при $\delta = 0,11$ мм. Це пояснюється тим, що мінімальному зазору $\delta = 0,11$ мм в матеріальному циліндрі виникають великі сили тертя в результаті контактування поверхонь шнека і циліндра в зв'язку з деформуванням шнека від поздовжнього згину при дії великого осьового зусилля (до 95 кН,) та наявності відхилення від прямолінійності осі шнека при існуючій технології його виготовлення.

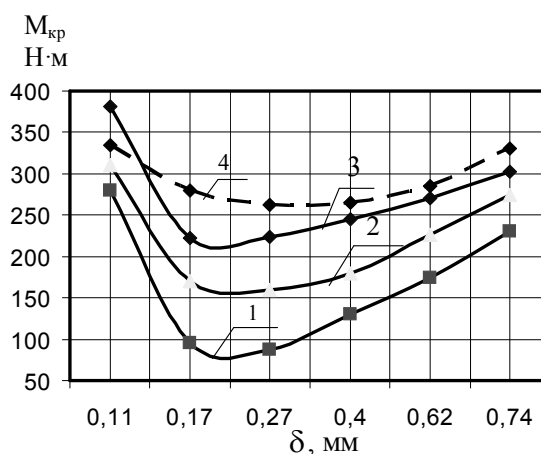


Рис. 1 – Залежність крутильного моменту від зазору δ в період завантаження різних пластмас:

- 1 – капрон П6,6;
- 2 – поліетилен ПВТ;
- 3 – склопластик ПС68-30;
- 4 – полістирол ПСМ

Дослідженнями [5] встановлено, що на шнек діють великі осьові сили (до 95 кН в період завантаження і до 188 кН в період вприскування), які викликають поздовжні деформації шнека в результаті поздовжнього згину [6], що викликає більш інтенсивний знос поверхонь шнека і циліндра та додаткові енерговитрати в процесі роботи.

Дослідження показали, що при збільшенні зазору δ від оптимальних значень 0,17 ... 0,4 мм величина крутильного моменту збільшується для всіх досліджуваних матеріалів. Це пояснюється збільшенням сил тертя в матеріальному циліндрі в зв'язку з попаданням гранул матеріалу в зазор між гребенем шнека і циліндром, та перерозподілом тиску по довжині циліндра зі збільшенням зазору δ .

Слід відзначити, що термопластавтомат на відміну від екструдерів є машиною циклічною дії, з автоматичною системою управління вузлів завантаження і пластикації матеріалу, змикання і розмикання прес-форми, вприскування розплаву в прес-форму та її охолодження.

Продуктивність термопластавтомата можна визначити за залежністю:

$$\Pi = \frac{3600 \cdot (T - T_{нд})}{t_u} N \text{ вироб/зміну}, \quad (1)$$

де T – протяжність зміни в год.;

$T_{нд}$ – час на підготовку термопластавтомата до роботи в год.;

N – кількість виробів в прес - формі;

t_u – протяжність циклу, сек.;

$$t_u = t_p + t_z + t_{np} + t_{вн} + t_{ох} + t_n,$$

де t_p – час розмикання прес - форми, с.;

t_z – час змикання прес - форми, с.;

t_{np} – час перехідного руху прес - форми, с.;

$t_{вн}$ – час вприскування розплаву, с.;

$t_{ох}$ – час витримки під тиском і охолодження прес-форми, с.;

t_n – час паузи між циклом, с.

Протяжність циклу складається з часу змикання напів - форм, часу їх спільного руху, часу заповнення прес-форми розплавом, часу витримки під тиском і охолодження прес-форми, часу розмикання прес-форми та паузи між циклами.

Мінімальна пауза між циклами $t_{n_{\min}}$ приймається 1 - 2 секунд. В цьому випадку виникає мінімальна протяжність циклу $t_{u_{\min}}$. Якщо в процесі роботи термопластавтомата час завантаження і пластикації матеріалу буде більшим від мінімальної протяжності циклу ($t_{зг} > t_{u_{\min}}$), як наслідок від збільшення зазору δ між шнеком і циліндром, то в цьому випадку буде збільшуватися час паузи t_n , що викличе і зменшення продуктивності термопластавтомата. У випадку, коли протяжність завантаження і пластикації порції матеріалу менша від протяжності циклу при мінімальній паузі ($t_{зг} \leq t_{u_{\min}}$), величина зазору δ між шнеком і циліндром не впливає на продуктивність термопластавтомата. Проте в усіх випадках величина зазору δ впливає на енергозатрати на одиницю продукції, зміну тиску в матеріальному циліндрі та якість виробів.

В табл. 1 наведені результати досліджень експлуатаційних параметрів термопластавтомату ДБ3328 в залежності від величини зазору при переробці різних пластмас. З табл. 1 видно, що зі збільшенням зазору δ , збільшується час завантаження і пластикації $t_{зг}$ матеріалів та кількість обертів шнека n в даний період. Характер зміни $t_{зг}$ для різних матеріалів різний (рис. 2). Найбільший час завантаження спостерігається при переробці капрону Пб.6 і найменший час $t_{зг}$ – при пробці полістиролу ПСМ. Матеріали, що мають меншу в'язкість розплаву і більшу схильність до перегітання через гребні шнека, при збільшенні зазору вимагають більшого часу на завантаження при наборі необхідного об'єму порції матеріалу для вприскування. І, навпаки, матеріали з більшою в'язкістю розплаву мають менший час завантаження $t_{зг}$ при наборі порції матеріалу.

З рис. 2 і табл. 1 видно, що для всіх досліджуваних матеріалів при зазорах 0,17 ... 0,27 мм існує мінімальне значення $t_{зв}$, яке в подальшому збільшується зі збільшенням δ . При цих зазорах діє мінімальний крутильний момент $M_{кр}$ (табл. 1), який теж збільшується при подальшому збільшенні зазору. Це обумовлено тим, що в результаті викривлення осі шнека при існуючій технології виготовлення шнеків і під дією осьового зусилля шнек деформується та поверхня шнека контактує з поверхнею циліндра. При зазорі $\delta = 0,11$ мм виникають великі сили тертя між поверхнями шнека і циліндра, що зумовлює зменшення кутової швидкості шнека, підвищення часу завантаження порції матеріалу та збільшення енерговитрат в період завантаження в результаті збільшення крутильного моменту.

Таблиця 1

**Експлуатаційні параметри процесу переробки різних пластмас
при різних зазорах δ між шнеком і циліндром термопластавтомата ДБ3328
в період завантаження і пластикації матеріалу**

Зазор δ , мм	Параметри технологічного процесу									
	$t_{зв}$, с	n , об	ω , об/с	$M_{кр}$, Н·м	$P_{ос}$, кН	$t_{зв}$, с	n , об	ω , об/с	$M_{кр}$, Н·м	$P_{ос}$, кН
	поліетилен ПВТ					капрон П6.6				
0,11	19,5	32,7	1,68	310	84,2	23,0	37,8	1,65	250	68,7
0,17	12,7	23,2	1,83	170	75,0	17,8	31,8	1,79	96	68,1
0,27	13,1	24,3	1,85	172	70,1	17,6	31,7	1,80	98	67,9
0,40	17,6	32,0	1,82	180	67,8	25,1	45,9	1,83	135	67,5
0,62	25,0	45,7	1,83	227	64,4	32,0	58,2	1,82	174	66,8
0,74	32,2	58,9	1,83	275	63,3	38,4	70,6	1,84	230	68,9
	полістирол ПСМ					склопластик ПС68-30				
0,11	12,0	20,5	1,7	334	93,0	15,0	26,6	1,74	381	95,0
0,17	9,4	17,0	1,82	280	82,2	14,4	26,3	1,82	222	80,2
0,27	11,3	20,7	1,83	262	75,4	15,3	28,0	1,83	224	76,0
0,40	14,9	27,0	1,81	251	71,1	16,5	29,8	1,81	255	72,2
0,62	16,8	30,7	1,83	265	67,9	22,6	41,1	1,82	271	62,3
0,74	21,1	38,4	1,82	330	66,0	25,0	45,7	1,83	302	60,1

Позначення:

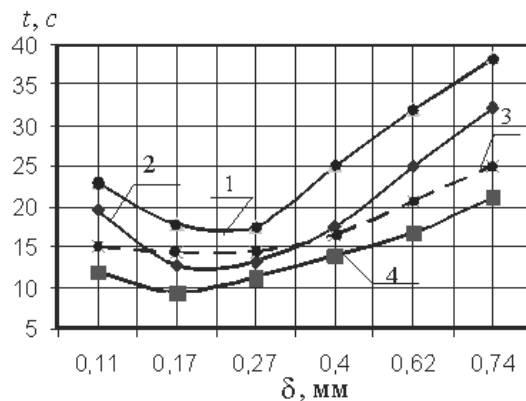
$t_{зв}$ – середній час завантаження і пластикації матеріалу в матеріальному циліндрі;

n – середня кількість обертів шнека під час завантаження;

ω – середня кутова швидкість при завантаженні;

$M_{кр}$ – крутильний момент;

$P_{ос}$ – осьове зусилля на шнеку при завантаженні.



**Рис. 2 – Залежність часу завантаження і пластикації $t_{зв}$
від зазору δ між шнеком і циліндром при переробці різних пластмас:
1 – капрон П6.6; 2 – поліетилен ПВТ;
3 – склопластик ПС68-30;
4 – полістирол ПСМ**

При значеннях зазору δ більших від 0,3 мм відбувається збільшення часу $t_{3\theta}$ в результаті перетікання розплаву через гребні шнека і тим більше, чим менша його в'язкість (рис. 2). В умовах проведення експериментів на термопластавтоматі ДБ3328 при оптимальних зазорах $\delta = 0,2 \dots 0,3$ мм протяжність циклу склала 20 ... 25 с. Розрахунки показують, що для термопластавтоматів з об'ємом вприскування 63 см³ час охолодження виробу складає 27,5 с. Тому згідно даних рис. 2 зменшення продуктивності термопластавтомату ДБ3328 в процесі переробки різних пластмас буде виникати при наступних значеннях зазору δ : для капрону П6,6 $\delta > 0,3$ мм; для поліетилену $\delta > 0,4$ мм; для полістиролу $\delta > 0,74$ мм, для склопластику $\delta > 0,62$ мм. Тому з метою запобігання зменшення продуктивності термопластавтомата рекомендується при переробці пластмас враховувати степінь зносу шнека, що впливає на величину зазору δ між шнеком і циліндром, і спочатку при невеликому зазорі δ необхідно переробляти матеріали з меншим коефіцієнтом в'язкості розплаву, а матеріали з більшим коефіцієнтом в'язкості переробляти при більших допустимих зазорах. Наприклад, серед досліджуваних нами матеріалів слід переробляти в першу чергу капрон П6,6 при зазорах $\delta < 0,3$ мм, в другу чергу поліетилен ПВТ при зазорах $\delta < 0,4$ мм, в третю чергу склопластик ПС68-30 при зазорах $\delta < 0,62$ мм і на завершення полістирол ПСМ.

Разом з цим, при переробці пластмас слід враховувати вплив зазору на якість продукції. Проведене нами візуальне дослідження якості виробів в процесі проведення експериментів показали, що в деяких матеріалів (капрон П6,6, поліетилен ПВТ) вже при зазорі між шнеком і циліндром 0,5 мм якість виробу знижується (появляються в виробах неластифіковані зерна, дефекти поверхні тощо), що є недопустимим.

Література

1. Переработка пластмасс / Шварц О., Эбелинг Ф.-В., Фурт Б. / под. общ. Ред. А.Д. Панаматченко. – СПб.: Профессия. – 2005. – 320 с.
2. Швецов Г.А. Технология переработки пластических масс / Г.А. Швецов, Д.У. Алимова, М.Д. Барышникова. – М.: Химия, 1988. – 512 с.
3. Гладченко А.Н. Реология износостойкости металлических трибосистем / А.Н. Гладченко, И.В. Шевеля // Хмельницький, ТУП «Універ» – 2001. – 183 с
4. Завгородний, В.К. Литьевые машины для термопластов и реактопластов / В.К. Завгородний, Э.Л. Калинин, Е.И. Марам. – М., 1968. – 374 с.
5. Зносостійкість деталей екструдерів і термопластавтоматів в абразивному середовищі: Книга в двох частинах / Під загальною редакцією В.Г.Каплуна. – ХНУ. – 2014. – 244с.
6. Каплун В.Г. Исследование шнека термопластавтомата на устойчивость с применением ЭВМ/ В.Г. Каплун, В.Д. Леськив, Л.А. Силина, Б.С. Волюнский// Инф. Матер. АН УССР. – К.: Наук. Думка, 1979. – С. 26 - 27.

Надійшла в редакцію 16.09.2015

Matviishyn P.V. The effect of the gap between screw and cylinder on the operating characteristics injection molding machine.

The experiment also showed the dependence of the twister and the time of loading and damping different types of plastic on the size of clearance between the screw and the cylinder, determined critical data for the clearance between the screw and the cylinder for the plastic under study. The excess of critical data makes the quality of the product worse.

Key words: injection molding machine, screw, cylinder gap, plastics, performance.

References

1. Pererabotka plastmas. Shvarc O., Jebeling F.-V., Furt B. pod. obshh. Red. A.D. Panimatchenko. SP.: Professija. 2005. 320 s.
2. Shvecov G.A., Alimova D.U., Baryshnikova M.D. Tehnologija pererabotki plasticheskikh mass. M.: Himija, 1988. 512 s.
3. Gladchenko A.N., Shevelja I.V. Reologija iznosostojkosti metallicheskih tribosistem. Hmel'nickij, TUP «Univer» .2001. 183 s
4. Zavgorodnij V.K., Kalinchev Je.L., Maram E.I. Lit'evye mashiny dlja termoplastov i reaktoplastov. V.K. Zavgorodnij. M., 1968. 374 s.
5. Znosostojkist' detalej ekstruderiv i termoplastavtomativ v abrazivnomu seredovishhi: Kniga v dvoh chastinah. Pid zagal'noju redakcieju V.G.Kapluna. HNU. 2014. 244s.
6. Kaplun V.G., Les'kiv V.D., Silina L.A., Volynskij B.S. Issledovaanie shneka termoplastavtomata na ustojchivost' s primeneniem JeVM.. Inf. Mater. AN USSR. K.: Nauk. Dumka, 1979. S. 26-27.