

5. Козлов И.А. и др. Исследование прочности деталей машин при помощи тензодатчиков сопротивления. – К.: Техніка, 1967. – 204 с.

6. Мэнли Р. Анализ и обработка записей колебаний / Мэнли Р. – М.: Машиностроение, 1972. – 368 с.

7. Крассий Г.Г. Справочник трикотажника / Крассий Г.Г. – К.: Техника, 1975. – 320 с.

Надійшла 26.5.2010 р.

УДК 620.193.1: 678.058.371

П.В. МАТВІЙШИН, В.Г. КАПЛУН

Хмельницький національний університет

ВПЛИВ ЗАЗОРУ МІЖ ШНЕКОМ І ЦИЛІНДРОМ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТА ДБ3328

Наведені результати досліджень впливу зазору між шнеком і циліндром термопластавтомату на його експлуатаційні характеристики при переробці різних полімерних матеріалів.

The article highlights the results of the research of how the air gap between coil conveyor and the cylinder of thermoplastic automatic machine influences its processability while processing different polymeric materials.

Ключові слова: термопластавтомати, шнек, циліндр, експлуатаційні характеристики.

До основних показників, що характеризують конкурентоздатність і надійність машин для переробки пластмас методом екструдуювання, є експлуатаційні характеристики, зокрема їх продуктивність, енергозатратність на одиницю продукції, якість виробів тощо, які, в свою чергу, в значній мірі залежать від величини зазору між шнеком і циліндром.

Продуктивність екструдерів з врахуванням втрат від величини зазору між шнеком і циліндром визначається з формули [1]:

$$Q = \frac{p^2 D^2 N h \sin j \cos j}{2} - \frac{p D h^2 \sin^2 j \cdot r}{12 m L} - \frac{p^2 D^2 d^3 \operatorname{tg} j \cdot r}{12 m e L}, \quad (1)$$

де Q – продуктивність;
 D – зовнішній діаметр шнека;
 N – число обертів в хвилинку;
 e – ширина гребня нарізки в напрямку осі шнека;
 h – глибина нарізки;
 d – зазор між шнеком і циліндром;
 P – тиск в кінці шнека;
 L – довжина зони дозування;
 m – в'язкість розплаву.

Як показують дослідження [2], збільшення зазору між шнеком і циліндром від 0,055 до 0,27 мм при переробці поліетилену високого тиску марки 102–14 на екструдері 4П 63x25 викликає зменшення його продуктивності на 20 %, збільшення питомих витрат електроенергії – на 50 %, а затрати на виробництво збільшуються в 3 рази.

Величина зазору між шнеком і циліндром термопластавтоматів теж 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.

Слід відзначити, що термопластавтомат на відміну від екструдерів є машиною циклічної дії, з автоматичною системою управління вузлів завантаження і пластикації матеріалу, змикання і розмикання пресформи, вприскування розплаву в пресформу та її охолодження.

Продуктивність термопластавтомата можна визначити за залежністю:

$$П = \frac{3600 \cdot (T - T_{nd})}{t_{\text{ц}}} N \text{ вироб/зміну}, \quad (2)$$

де T – протяжність зміни в год.;
 T_{nd} – час на підготовку термопластавтомата до роботи в год;
 N – кількість виробів в пресформі;
 $t_{\text{ц}}$ – протяжність циклу, сек.;

$$t_{\text{ц}} = t_p + t_z + t_{np} + t_{\text{вн}} + t_{\text{ох}} + t_n$$

де t_p – час розмикання пресформи, секунд;
 t_z – час змикання пресформи, секунд;

t_{np} – час перехідного руху пресформи, секунд;

t_{en} – час вприскування розплаву, секунд;

t_{ox} – час витримки під тиском і охолодження пресформи, секунд;

t_n – час паузи між циклами, секунд.

Протяжність циклу складається з часу змикання напівпресформ, часу їх спільного руху, часу заповнення пресформи розплавом, часу витримки під тиском і охолодженням поресформи, часу розмикання пресформи 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 ($t_{3e} \gg t_{u_{min}}$), як наслідок від збільшення зазору d 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 ($t_{3e} \leq t_{u_{min}}$), величина зазору d між шнеком і циліндром не впливає на продуктивність термопластавтомата. Проте в усіх випадках величина зазору d впливає на енергозатрати на одиницю продукції, зміну тиску в матеріальному циліндрі та якість виробів.

З метою дослідження впливу зазору між шнеком і циліндром термопластавтомата на його експлуатаційні характеристики при переробці різних пластмас була спроектована і виготовлена експериментальна установка на базі термопластавтомата ДБ 3328, яка дозволяла вимірювати в процесі досліджень тиск в різних зонах по довжині матеріального циліндра, крутний момент на шнеку, частоту обертання і осьове зусилля шнека [3]. В процесі досліджень змінювалися зазор між шнеком і циліндром та перероблювальний матеріал. Зазор d між шнеком і циліндром змінювався методом шліфування шнека по діаметру виступів витків після кожної серії дослідів, імітуючи його знос. Після кожного шліфування діаметр шнека вимірювався на інструментальному мікроскопі з точністю до $\pm 0,01$ мм. Всього було проведено 12 груп дослідів, після кожної з яких шнек перешліфовувався зі зменшенням його діаметру на 0,1 мм в перших групах дослідів і на 0,2÷0,3 мм в наступних групах дослідів. Така картина зміни діаметра шнека пояснюється бажанням більш детально досліджувати вплив зносу поверхневих шарів в межах від 0,1 до 0,6 мм по глибині, коли зношування поверхні шнека, зміцненої методом ХТО, відбувається повільніше ніж серцевини.

В якості перероблювальних матеріалів при проведенні досліджень вибрані термопластичні полімерні матеріали капрон П6.6, поліетилен високого тиску ПВД 1580-020, полістирол ПСМ і склонаповнений полімер ПС 68-30. Ці матеріали мають широке застосування в народному господарстві і великий діапазон фізико-механічних характеристик. Зокрема капрон 6.6 відноситься до групи полімерів, що вимагають точного дотримання режиму переробки, відхилення від якого веде до різкої зміни в'язкості і застигання в мундштуці при пониженні температури. При температурі переробки він має малу в'язкість, що викликає різке збільшення часу завантаження і пластикації порції матеріалу особливо при збільшенні зазору між шнеком і циліндром термопластавтомата. Поліетилен високого тиску ПВД 1580-020 характеризується широким діапазоном температур переробки при значній зміні коефіцієнта в'язкості матеріалу. Полістирол ПСМ добре переробляється, має високі фізико-механічні властивості і знаходить широке застосування в техніці. Склопластик ПС68-30 важко переробляється. Основою матеріалу є поліамідна смола, яка має приблизно ті ж властивості, що і капрон 6.6. Наповнювачем є скловолокно, наявність якого значно збільшує в'язкість матеріалу і при відхиленні від режиму призводить до заклинювання шнеку в циліндрі.

Першу групу досліджень проводили при зазорі між шнеком і циліндром 0,09÷0,1 мм в напівавтоматичному режимі роботи установки. Матеріали перероблялися в такій послідовності: поліетилен, полістирол, капрон і склопластик. В процесі переробки всіх зазначених матеріалів вимірювалися крутильний момент на шнеку, час завантаження порції матеріалу, протяжність циклу, частота обертання шнеку, тиск в різних зонах циліндра. Сигнали від датчиків записувалися на осцилограму. Послідуючі групи дослідів проводили по аналогії з першою після очистки шнека від пластмаси, перешліфування його на наступний розмір діаметру та вимірювання діаметру після шліфування. В тому випадку, коли в процесі досліджень при переробці певного матеріалу продуктивність установки різко зменшувалась або якість виробу була незадовільною, то в наступну групу дослідів цей матеріал не включався.

Результати експериментальних досліджень

На рис. 1 наведені графіки залежності крутильного моменту $M_{кр}$ на шнеку від зазору d між шнеком і циліндром. З графіків видно, що зазор d суттєво впливає на величину $M_{кр}$. При мінімальному значенні $d = 0,11$ мм для всіх досліджуваних матеріалів він має максимальне значення і знаходився в межах від 290 Нм для капрону 6.6 до 390 Нм для полістиролу ПСМ. При цьому величина $M_{кр}$ тим більша, чим більша в'язкість розплаву матеріалу. Для всіх досліджуваних матеріалів крім полістиролу ПСМ при значеннях зазору $d = 0,17 \div 0,27$ мм величина $M_{кр}$ різко зменшилася до значень 65 Нм для капрону та до 90

Нм для поліетилену. Це обумовлено різким зменшенням сил тертя між шнеком і циліндром, які мали місце при зазорі $d=0,11$ мм в результаті деформації осі шнека при виготовленні і від втрати стійкості при дії осьової сили [3, 4]. При збільшенні зазору d до величини $0,17 \div 0,27$ мм на шнек діяли в основному сили тертя між шнеком і перероблювальним матеріалом.

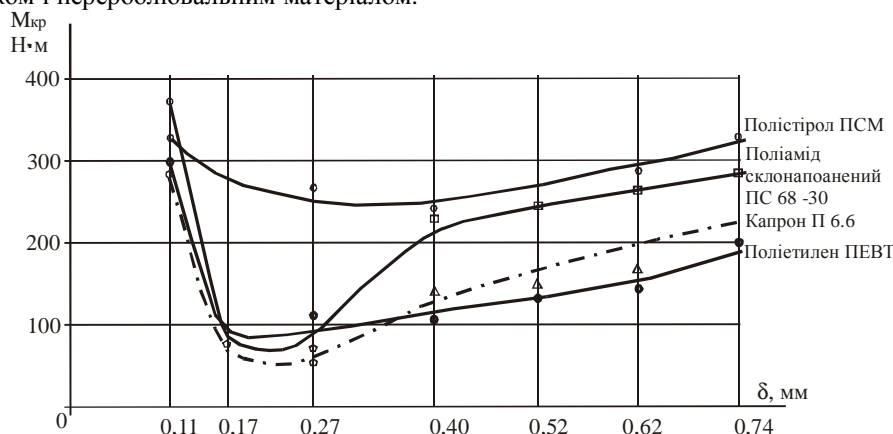


Рис. 1. Залежність крутильного моменту $M_{кр}$ від величини зазору d між циліндром для різних матеріалів

Для полістиролу ПСМ, в'язкість якого значно вища ніж інших досліджуваних матеріалів, мінімальне значення $M_{кр}$ було при $d=0,4$ мм. Дослідження показали, що величина $M_{кр}$ збільшується зі збільшенням зазору d від оптимальних значень для всіх матеріалів в зв'язку з підвищенням їх в'язкості і підвищенням сили тертя при поданні гранул в зазор між гребнями шнеку і циліндром та в зону розплаву.

На основі проведених досліджень можна зробити висновок, що для зменшення втрат енергозатрат термопластавтомата при експлуатації величину мінімального зазору в парі «шнек-циліндр» при виготовленні термопластавтоматів можна збільшити до 0,25 мм. При такому зазорі втрати продуктивності термопластавтомату при переробці досліджуваних матеріалів не перевищують 2 % в порівнянні з зазором 0,17 мм.

Залежність продуктивності термопластавтомата ДБ 3328 і втрат від перетікання розплаву при різних зазорах між шнеком і циліндром, що розраховані за формулою (1).

В табл. 1 наведені розрахунки продуктивності термопластавтомату ДБ 3328 та її втрати від перетікання розплаву різних матеріалів при різних зазорах між шнеком і циліндром, обчислені за формулою (1), для вихідних даних $D = 38$ мм, $N = 60$ об/хв, $j = 17^0$, $e = 4$ мм, $L = 8$ см, $P = 1000$ кг/см², $h = 3,25$ мм. З таблиці видно, що для різних матеріалів втрата від перетікання розплаву тим вище, чим менша його в'язкість і більший зазор між шнеком і циліндром. Для всіх досліджуваних матеріалів при зазорі $d=0,5$ втрати продуктивності термопластавтомату від перетікання розплаву при тиску 1000 кг/см² (100 МПа) не перевищують 4 %, тоді як при $d=1,0$ мм ці втрати для капрону 6.6 складають 21,53 %.

Таблиця 1

Розрахунки продуктивності термопластавтомату ДБ 3328 та її втрати від перетікання розплаву різних матеріалів при різних зазорах між шнеком і циліндром

Матеріал	В'язкість матеріалу кГ·с/см	Зазор δ , мм	Продуктивність термопласт-автомата П, см ³ /хв	Втрати продуктивності	
				ВТ, см ³ /хв	ВТ/П, %
Поліетилен високого тиску ПЕВТ	0,025	0,2	389	4,36	1,09
		0,3	383,40	5,59	1,43
		0,5	369,1	9,0	2,54
		1,0	340,0	49,0	12,59
		1,5	234,5	154,5	39,71
Капрон П 6.6	0,015	0,2	385,0	7,46	1,94
		0,3	375,5	9,58	2,46
		0,5	371,1	13,9	3,64
		1,0	302,1	82,0	21,53
		1,5	122,3	262,7	68,23
Полістирол ПСМ	0,05	0,2	390,0	2,18	0,56
		0,3	387,2	2,8	0,71
		0,5	385,0	5,0	1,23
		1,0	365,6	24,4	6,26
		1,5	312,7	77,3	21,51
Склопластик ПС 68-30	0,04	0,2	398,5	2,75	0,7
		0,3	395,0	3,5	0,9
		0,5	392,0	6,3	1,58
		1,0	368,0	30,5	7,65
		1,5	302,0	96,5	34,21

На рис. 2 наведені графіки залежності часу завантаження і пластикації t_3 різних матеріалів в термопластавтоматі ДБ 3328 залежно від величини зазору d між шнеком і циліндром. З рис. 2 видно, що при переробці капрону, поліетилену і полістиролу при зазорі $d=0,2\pm 0,3$ мм t_3 має мінімальне значення. Це пояснюється мінімальним значенням сил тертя, що виникають в матеріальному циліндрі в даних умовах експлуатації. Збільшення зазору d викликає збільшення часу t_3 , що пояснюється збільшенням сил тертя між шнеком і циліндром при попаданні гранул в зазор d і перетіканням розплаву через зазор. Підвищення значення t_3 при зазорі $d = 0,1$ мм в порівнянні з його мінімальним значенням при $d=0,2\pm 0,3$ мм обумовлено підвищеним значенням сил тертя між шнеком і циліндром при їх контактуванні в зв'язку з деформацією осі шнека від втрати стійкості від дії осової сили та викривлення осі шнека при технологічній обробці [3, 4].

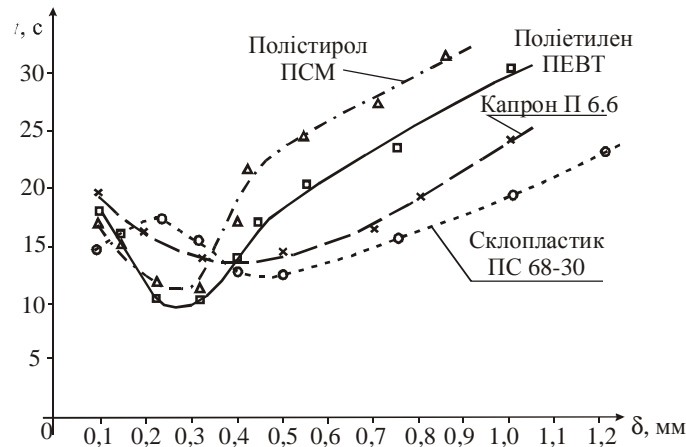


Рис. 2. Залежність завантаження і пластифікації t_3 від зазору d між шнеком і циліндром при переробці різних пластмас

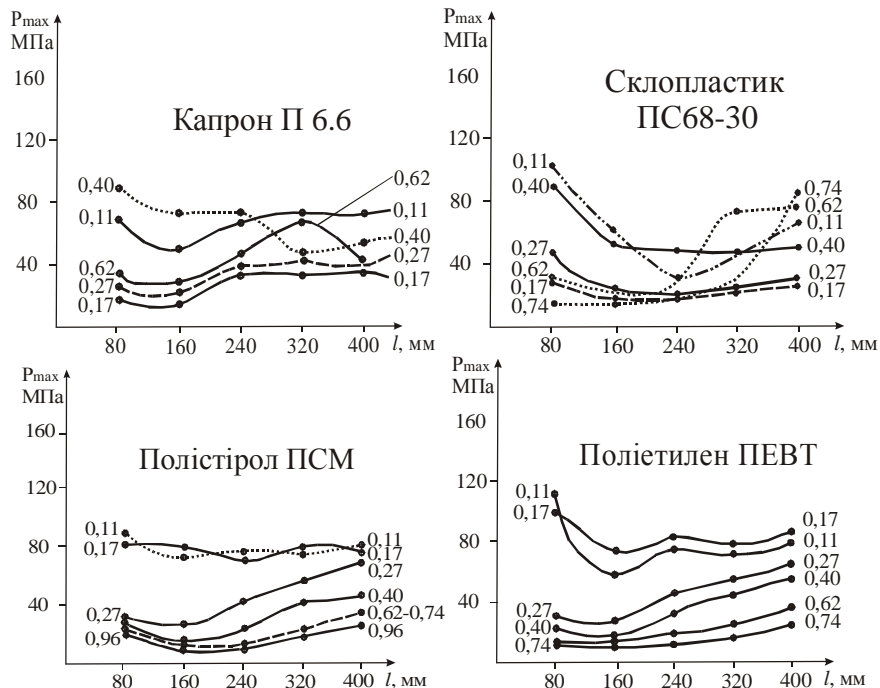


Рис. 3. Залежність максимального тиску по довжині зони розплаву матеріального циліндра при різних зазорах (d , мм) між шнеком і циліндром в період завантаження різних матеріалів

На рис. 3 наведені графіки зміни максимального тиску P_{max} по довжині зони розплаву матеріального циліндра при різних зазорах між шнеком і циліндром в період завантаження різних матеріалів. З рисунку видно, що для різних матеріалів розподіл максимального тиску по довжині зони розплаву різний і залежить від величини зазору d і в'язкості розплаву. Для капрону П 6.6 при зазорах $d=0,11-0,25$ мм P_{max} розподіляється більш рівномірно по довжині зони розплаву, починаючи з 80 до 400 мм від кінця шнека. Збільшення зазору від 0,4 до 0,62 мм викликає нерівномірний розподіл тиску P_{max} по довжині циліндра з його підвищенням на ділянках більш віддалених від кінця шнеку. Для склопластику ПС 68-30 при зазорах $d = 0,4 - 0,74$ мм розподіл P_{max} по довжині циліндра характеризується більшою нерівномірністю з різким

підвищенням його на границі зон розплаву та завантаження (на віддалі 400 мм від кінця шнека). Для поліетилену ПЕВТ при малих значеннях $d = 0,11 - 0,17$ мм P_{\max} має найвище значення (110 МПа) на віддалі 80 мм від кінця зони розплаву з подальшим рівномірним розподілом по довжині. При зазорах від 0,27 до 0,74 мм існує тенденція збільшення P_{\max} в зонах найбільш віддалених від кінця шнека [5].

При переробці полістиролу ПСМ при зазорах $d = 0,11 - 0,17$ мм тиск P_{\max} має рівномірний розподіл по довжині зони розплаву і досягає значення 80 МПа. Збільшення зазору d від 0,27 до 0,96 мм викликає перерозподіл тиску по довжині циліндра з його поступовим збільшенням при наближенні до зони завантаження.

Висновки

Зазор між шнеком і циліндром термопластавтоматів має великий вплив на його експлуатаційні характеристики.

1. Продуктивність термопластавтоматів зменшується, а енергетичні витрати збільшуються зі збільшенням зазору у випадку, якщо час циклу $t_{\text{ц}}$ більший часу охолодження виробу, і тим більше, чим менша в'язкість розплаву і більший тиск в період завантаження і пластикації.

2. Крутильний момент на шнеку термопластавтомату ДБ 3328 має мінімальне значення при оптимальному значенні зазору 0,17-0,27 мм і збільшується з відхиленням зазору від оптимального.

3. Розподіл тиску в матеріальному циліндрі в зоні розплаву по її довжині залежить від величини зазору між шнеком і циліндром та в'язкості розплаву. Зі збільшенням зазору збільшується тиск на ділянках, що найбільш віддалені від кінця шнека, та збільшується нерівномірність його розподілу по довжині циліндра.

Література

1. Каплун Я.Б. Формующее оборудование экструдеров / Я.Б. Каплун, В.С. Ким // М.: Машиностроение – 1969. – 159 с.
2. Зверлин В.Г. Исследование предельного допустимого износа рабочих органов червячных прессов // Химическое и нефтяное машиностроение – 1982. – № 9. – С. 20-22.
3. Каплун В.Г. Дослідження зносу і тиску в матеріальному циліндрі термопластавтоматі при переробці пластмас / В.Г. Каплун, П.В. Матвіїшин, В.А. Гончар // Проблеми трибології (Problem of Tribology). – 2007. – № 3. – С.25-29.
4. Каплун В.Г. Исследование шнека термопластавтомата на устойчивость с применением ЭВМ / В.Г. Каплун, В.Б. Рудницкий, В.Д. Леськив, Л.А. Силина, Б.С. Волюнский // Инф. Матер. АН УССР, Киев.: наук. Думка, 1979. – С. 26-27.
5. Каплун В.Г. Дослідження працездатності і надійності термопластавтомата ДБ 3328 при переробці пластмас / В.Г. Каплун, П.В. Матвіїшин, В.А. Гончар // Вісник Хмельницького національного університету – 2008. – № 4. – С. 87-91.
6. Силин В.А. Динамика процесса переработки пластмасс в червячных машинах // М.: Машиностроение. – 1972. – 150 с.

Надійшла 8.5.2010 р.

УДК 621.84.6

О.В. МОКШИНА, О.М. РЯБЧИКОВ
Українська інженерно-педагогічна академія, м.Харків

ПРОБЛЕМИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ І ОПТИМІЗАЦІЇ СПІВВІСНИХ ВАЛІВ ШВЕЙНИХ МАШИН

Розроблено метод визначення профілів і поверхонь співвісних порожнистих валів швейних машин на основі застосування сучасних комп'ютерних моделей. Наведено методику комп'ютерного моделювання і розрахунку. Проведено порівняння аналітичного методу розрахунку деформацій порожнистих валів з методом кінцевоелементного аналізу. Наведено приклад розрахунку порожнистих валів в системах Ansys Worckbench 12.0 та MathCAD 13.0.

A method of determination of profiles and surfaces of coaxial hollow shaft of sewing machines through the use of modern computer models is developed. The method of computer simulation and calculation is showed. A comparison of the analytical method of calculating the deformation of hollow shafts with the finite element method of analysis is worked out. An example of calculation of hollow shafts in the system Ansys Worckbench 12.0 u MathCAD 13.0 is showed.

Ключові слова: порожнистий вал, профіль деформацій, комп'ютерне моделювання, кінцевоелементний аналіз.

Постановка задачі

У швейному обладнанні часто зустрічаються елементи, які передають кручення від двигуна до механізму, що і приводить в рух робочі органи швейної машини. Так, у будь-якій швейній машині присутній