

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ ЛИТТЯ СУЦІЛЬНО ПОЛІМЕРНОГО ВЗУТТЯ

Стаття присвячена проблемам виготовлення суцільно полімерного взуття із термопластичних матеріалів, яке останнім часом набуває популярності через високі експлуатаційні властивості та можливість використання його у різноманітних спеціальних умовах. Проте на сьогодні не створено наукових основ виготовлення такого взуття. У статті наведено дослідження впливу технологічних параметрів процесу лиття на параметри розплаву полімеру в прес-формі при виготовленні виробів складної конфігурації. Розглянуто два варіанти заповнення прес-форми: коли впускні отвори у прес-формі знаходяться на ділянці з товстостінними елементами взуття та у місці, де формуються тонкостінні елементи. За рахунок правильного розташування впускних отворів у прес-формі та керування тиском і температурою лиття можна забезпечити необхідні параметри розплаву полімеру в порожнині прес-форми під час формування вилівка, що призведе до підвищення якості виробів, що виготовляються.

Ключові слова: суцільно полімерне взуття, лиття суцільно полімерних виробів, технологічні параметри процесу лиття.

T.I. KULIK, O.P. BURMISTENKOV, B.M. ZLOTENKO

Kyiv national university of technologies and design

TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF POLYMERIC FOOTWEAR MOULDING

Abstract – The article is devoted to manufacturing of polymeric footwear with thermoplastic materials, which has recently become very popular. This direction is very promising today because of the high performance properties of such product and its possibility to be used in a variety special conditions. But today there are no established scientific principles of manufacturing such shoes. The article represents the research of moulding process parameters influence to parameters of polymer melt in the mould during the process of manufacture of complex configuration products. It is studied two options for filling the mould: when the intake vent in the mould are in an area with thick-walled elements shoes and in the place, where formed thin-walled elements. Due to the correct location of the inlet in the mould and controlling pressure and temperature of the moulding process we are able to provide the optimal parameters of the polymer melt in the mould cavity during moulding formation that will lead to higher quality products which is made.

Keywords: polymeric footwear, moulding of plastic products, technological parameters of moulding process.

Вступ

Методом лиття під тиском з термопластів виготовляють такі види суцільно полімерного взуття, як чоботи, чобітки, калоші, сандалети, а також різні види взуття спеціального призначення – для спортсменів, медиків, взуття для басейну та дайвінгу тощо. У суцільно полімерному взутті вдало поєднуються гігієнічні, експлуатаційні та естетичні властивості. Таке взуття є легким, водонепроникним, досить міцним та, при необхідності, може надійно захищати власника від різних несприятливих умов оточуючого середовища. Крім того, з такого взуття можна легко видаляти забруднення та навіть дезінфікувати його, що майже неможливо зробити з текстильним та шкіряним взуттям.

Завдяки новим сучасним матеріалам, що використовуються при виготовленні, суцільно полімерне взуття є зручним та комфортним у використанні – воно м'яке, пружне, добре амортизує, не натирає ноги, не ковзається. І, якщо раніше суцільно полімерне взуття використовувалося лише для специфічних цілей, то останнім часом люди все частіше використовують його у якості повсякденного – дома, на вулиці, на роботі. Крім звичних для всіх гумових чобіт та шльопанців, з'явився великий асортимент “веселого” дитячого та молодіжного взуття і, навіть, досить стильного взуття для дорослих (рис. 1).

Беззаперечним лідером у виробництві суцільно полімерного взуття на світовому ринку є компанія «CROCS» (США). Продукція цієї компанії досить дорога, проте, незважаючи на це, попит на неї збільшується з кожним роком. В Україні цільнолите взуття випускається рядом компаній, проте вони спеціалізуються переважно на виробництві гумових чобіт та сланців і не мають великого асортименту моделей.

Отже, виробництво взуття з пластичних мас є перспективним напрямом розвитку асортименту взуття як загального, так і спеціального призначення, а розвиток наукових основ його проектування сприятиме інтенсивному розвитку даного напрямку в Україні.

Постановка завдання

Отримання взуття методом лиття під тиском з термопластичних матеріалів включає пластикацію та плавлення гранульованого полімеру у литтєвій машині, впорскування розплаву під високим тиском у прес-форму та остаточне формування виробу при охолодженні полімеру у формі [1]. Цим методом можна отримати як взуття з верхом з текстилю й інших матеріалів, так і суцільно полімерне взуття. При цьому для суцільно полімерного взуття може застосовуватися одношарове та багатшарове лиття. Матеріалами для лиття взуття є пластифіковані композиції полівінілхлориду, термоеластоласти, етилвінілацетат та інші. На якість взуття, зокрема на міцність зв'язку полімеру у місцях стиків, істотний вплив чинять такі технологічні параметри, як температура і тиск розплаву, час заповнення форми. Міцність зв'язку знижується при збільшенні тривалості заповнення форми. Отже, визначення необхідних геометричних параметрів прес-форми та встановлення відповідних технологічних параметрів процесу лиття може суттєво підвищити якість готових виробів.



Рис. 1. Асортимент суцільно полімерних взуттєвих виробів

При виготовленні суцільно полімерного взуття методом лиття під тиском в прес-формі відбувається формування товстостінних елементів, таких, як підошва, і тонкостінних, таких як верх. Визначити технологічні параметри процесу лиття можна лише на основі аналізу процесів заповнення прес-форми з урахуванням послідовності заповнення відповідних елементів оформлення.

Результати досліджень

Розглянемо два можливі варіанти послідовності заповнення елементів оформлення для товстостінних та тонкостінних частин литого виробу (рис. 2).

При центральному розміщенні впускного ливника заповнення оформлюючої порожнини прес-форми відбувається у дві стадії. У випадку *a* спочатку заповнюється половина форми для верху, потім – половина для підошви, а у випадку *б* – навпаки.

Середня швидкість заповнення у кожній з частин буде:

$$v = \frac{Q}{BH}, \quad (1)$$

де Q – витрата розплаву $\text{м}^3/\text{с}$;
 B – поперечний розмір виробу, м;
 H – висота прес-форми, м.

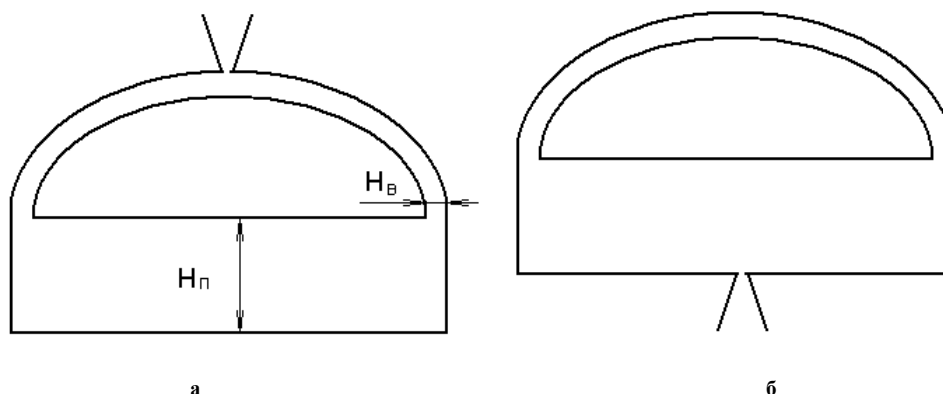


Рис. 2. Варіанти послідовності заповнення оформлюючих елементів для товстостінних та тонкостінних частин при одношаровому литті суцільно полімерного взуття

Час течії розплаву в оформлюючому елементі:

$$t_x = \frac{x}{v}, \quad (2)$$

де x – поточна координата (довжина течії) м;
 v – швидкість течії розплаву, $\text{м}^2/\text{с}$.

З урахуванням (1) і (2) відоме розв'язання [2] рівняння теплопровідності для потоку розплаву буде мати вигляд:

$$T = \frac{4}{p} \cos\left(p \frac{y}{H}\right) \exp\left(-\frac{gBH}{Q}x\right) (T_0 - T_w) + T_w, \quad (3)$$

де y – поточна координата по висоті прес-форми;

$$g = \frac{10a}{H^2}; \quad a \text{ – температуропровідність розплаву;}$$

T_0 – початкова температура розплаву на вході у прес-форму (температура лиття), К;

T_w – температура прес-форми, К.

Середнє значення температури розплаву в потоці дорівнюватиме:

$$\bar{T} = \frac{2}{H} \int_0^{\frac{H}{2}} \left[\frac{4}{p} \cos\left(p \frac{y}{H}\right) \exp\left(-\frac{gBH}{Q}x\right) (T_0 - T_w) + T_w \right] dy. \quad (4)$$

Після інтегрування і перетворень (4) отримаємо:

$$T_s = k \exp\left(-\frac{gBH}{Q}x\right) (T_0 - T_w) + T_w, \quad (5)$$

де k – коефіцієнт, який враховує величину похибки визначення температури.

Формула (5) дозволяє простежити зміну температури розплаву в процесі заповнення будь-якої з частин прес-форми. На рис. 3 пунктирною лінією показана зміна температури розплаву при заповненні прес-форми згідно з варіантом *a*, а суцільною – згідно з варіантом *b* на рис. 2 за початкових умов: $k = 1$; $H_{II} = 10^{-2}$ м; $H_B = 2 \cdot 10^{-3}$ м; $T_0 = 500$ К, $B = 10^{-2}$ м і $Q = 60 \cdot 10^{-6}$ м³/с.

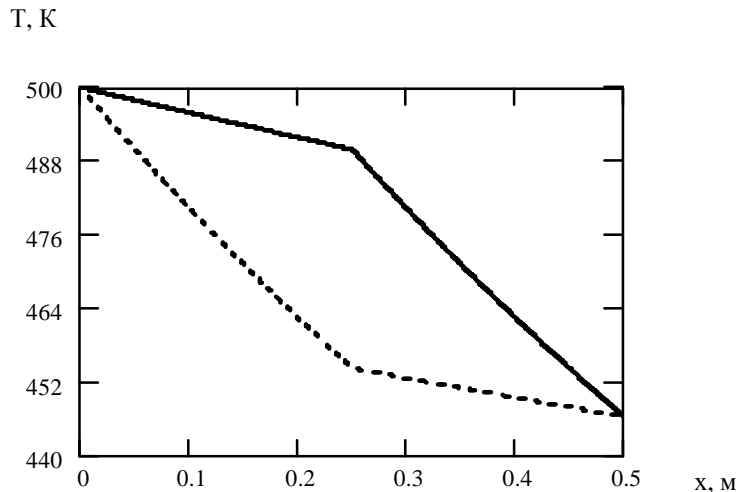


Рис. 3. Зміна температури розплаву в процесі заповнення прес-форми

Згідно з розрахунками за формулою (5), середня температура розплаву при заповненні форми з підосви виробу становить 481 К, а при заповненні зверху взуття – 463 К, що підтверджується графіками на рис. 3.

Для визначення витрат тиску скористаємось отриманою раніше формулою [3]:

$$P = 2m_0 \left[\frac{2Q \left(\frac{1}{n} + 2 \right)}{BH^{\frac{1}{n}+2}} \right]^n \left[x + \frac{b(T_0 - T_w)gBH}{2Q} x^2 \right], \quad (6)$$

де P – тиск на вході в прес-форму, Па; m_0 – коефіцієнт консистенції розплаву, Па·с.

На рис. 4 пунктирною лінією показана зміна витрат тиску при заповненні прес-форми згідно з варіантом *a*, а суцільною – згідно з варіантом *b* на рис. 2 за тих самих початкових умов, що й для рис. 3.

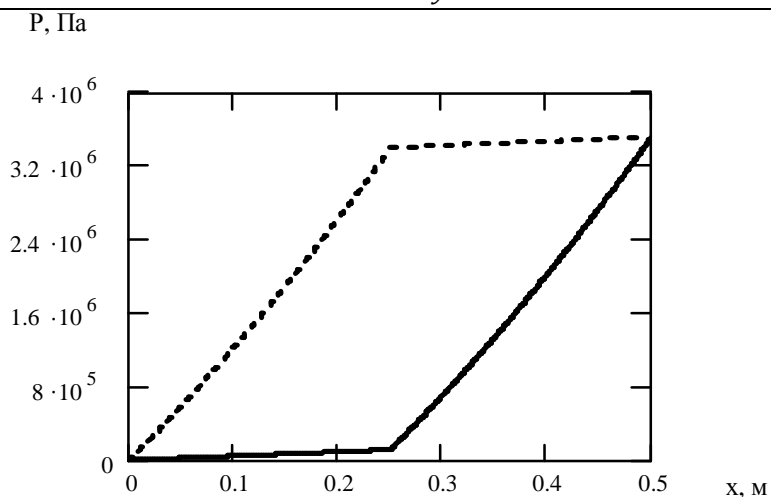


Рис. 4. Зміна витрат тиску в процесі заповнення прес-форми

Згідно з формулою (6) і рис. 4, середні витрати тиску при заповненні прес-форми з підшви становлять 2,535 МПа, а зверху – 8,937 МПа.

Нижчому тиску лиття відповідає нижча споживана потужність литтєвого агрегату, яка визначається як добуток витрат тиску лиття і витрати розплаву.

Отже, виходячи з розрахунків, можна зробити висновок, що у процесах виготовлення суцільно полімерного взуття вища температура розплаву при заповненні прес-форми згідно з варіантом *б* на рис. 2 зумовлює нижчі внутрішні напруження у виробі і менші втрати тиску лиття у порівнянні з варіантом *а*.

Висновки

Отримані результати свідчать про те, що при проектуванні прес-форм для лиття під тиском необхідно забезпечувати розташування впускних отворів у частинах, в яких здійснюється формування товстостінних частин виробів, наприклад, у підшвах або каблуках. Проте така компоновка прес-форми може призвести до переохолодження розплаву в місцях, де відбувається формування тонкостінних елементів, таких як верх взуття, що, у свою чергу, призведе до зниження міцності стиків у місцях зустрічі фронтів розплаву. Тому для розробки методики проектування прес-форм для виготовлення суцільно полімерного взуття необхідні подальші дослідження процесу заповнення з використанням сучасних комп'ютерних методів моделювання, які забезпечують високий ступінь точності розрахунку параметрів розплаву при виробництві литих виробів складної форми у легкій промисловості.

Таким чином, удосконалення процесу проектування прес-форм для виготовлення суцільно полімерного взуття на основі аналізу процесів течії розплавів полімерів з урахуванням силових та енергетичних параметрів литтєвого обладнання створить умови для енергозбереження в галузі та підвищення якості готової продукції.

Література

1. Альтзицер В.С. Производство обуви из полимерных материалов / В.Н. Красовский, В.Д. Меерсон. – Л. : Химия, 1987. – 232 с.
2. Басов Н.И. Литьевое формование полимеров / Н.И. Басов, Ю.В. Казанков. – М. : Химия, 1984. – 248 с.
3. Кулік Т.І. Аналітичне визначення технологічних параметрів процесу лиття під тиском комбінованих взуттєвих виробів / Т.І. Кулік // Вісник КНУТД. – 2005. – №5. – С. 74–79.

References

1. Al'tzits'er V.S., Krasovskiy V.N., Meerson V.D. Manufacture of polymeric footwear. Leningrad, Chemistry, 1987, 232 p.
2. Basov N.I., Kazankov Yu.V. Injection molding of polymers. Moscow, Chemistry, 1984, 248 p.
3. Kulik T.I. Analytical determination of technological parameters of the injection molding process of combined shoe products, Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design, Kyiv, 2005, Issue 5. – pp. 74-79.

Рецензія/Peer review : 4.3.2013 р. Надрукована/Printed : 21.4.2013 р.

Рецензент: