

ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

УДК 621.924.7

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.5/01>**Панасюк І.В.**

Київський національний університет технологій та дизайну

Залюбовський М.Г.

Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна»

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ У СЕРЕДОВИЩІ НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР (ЧАСТИНА 2: ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИВАЛОСТІ ПРОМЕРЗАННЯ І ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ГАЛТУВАННЯ)

Підвищення продуктивності виготовлення деталей із полімерних матеріалів багато в чому залежить від скорочення часу підготовчих і фінішних оздоблювально-зачищувальних операцій. На такі операції витрачається до 80% загального технологічного часу. У легкій промисловості деякі типи фурнітурних деталей, а також полімерні деталі взуття (каблуки, задники, вставки в каблуки) виготовляються литтям. Як правило, такі деталі вимагають проведення дуже трудомісткої фінішної галтувальної обробки, в ході виконання якої реалізується відділення відлитих деталей від їх ливників. Така обробка реалізується з використанням різного галтувального обладнання: машини з обертальними барабанами, вібраційні й роторні машини, машини з планетарним або зі складним просторовим рухом робочих ємкостей тощо. Крім того, така обробка можлива лише за крихкості полімерних деталей. Крихкість полімерних деталей досягається значним зниженням їх температури шляхом охолодження в рідкому азоті, який забезпечує їх охолодження до температури $-195,8^{\circ}\text{C}$. Ударний вплив на охолоджені деталі призводить до руйнування найменш міцних їх елементів – облоя, ливників. Для можливості успішного застосування в промисловості такого методу обробки деталей були проведені експериментальні дослідження тривалості промерзання полімерних деталей, а також зачистки полімерних деталей у середовищі низьких температур із використанням планетарно-відцентрової машини з перпендикулярними осями обертання барабана й водила. Знання основних характеристик полімерних матеріалів у середовищі низьких температур дозволяє створювати вискоєфективні технологічні процеси й обладнання для видалення облоя та ливників формованих із них деталей. Результати досліджень можуть бути використані на стадії проєктування відповідних технологічних процесів обробки полімерних деталей.

Ключові слова: полімер, температура крихкості, рідкий азот, робоча ємкість, ударна дія, тривалість промерзання.

Постановка проблеми. Одним із видів галтування є технологічна операція відділення металевих або полімерних деталей від ливників [1, с. 11–15]. Така технологічна операція виконується з використанням спеціального обладнання. До такого обладнання відносяться різні типи машин – машини з обертається барабанами, вібраційні і роторні машини, машини з планетарним або зі складним просторовим рухом робочих ємкостей [2, с. 544] та інші.

Відділення деталей від ливників в такому обладнанні [3, с. 8–10] відбувається внаслідок

зіткнення рухомих деталей між собою, зі стінками ємкості та з частками наповнювача (якщо він використовується) [4, с. 19–22; 5, с. 48–54]. Така обробка ефективна, якщо деталі металеві або виготовлені з крихких полімерних матеріалів, відповідно легко руйнуються при ударній дії.

Для відділення від ливників деталей, виготовлених з полімерних матеріалів необхідно попередньо піддавати їх охолодженню рідким азотом для досягнення стану крихкого руйнування [6, с. 20–100]. Таким чином, тонкі елементи полімерних деталей (облой, задирки, залишки ливників)

будуть руйнуватися як крихкі тіла при величині деформації ($< 10\%$) [7, с. 5–85].

Для успішного застосування цього методу обробки необхідно знати ряд фізико-механічних властивостей полімерних матеріалів в середовищі низьких температур, зокрема, тривалість промерзання облоя і деталі до заданої температури.

Постановка задачі. Мета роботи – експериментальне дослідження тривалості промерзання і зачистки деталей з полімерних матеріалів в середовищі низьких температур.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Дослідження тривалості промерзання. Тривалість повного промерзання зразків досліджували на двох полімерних матеріалах: гумі стиропіну (ОСТ 17-226 - 73) і пористому поліуретані (рідке формування). Були обрані зразки товщиною 10^{-2} м та площиною $2 \cdot 10^{-3}$ м². Вони мали по своїх боках облой товщиною $(0,4 \dots 0,5) \cdot 10^{-3}$ м. Маса гумового зразка становила $25 \cdot 10^{-3}$ кг, поліуретанового – $12 \cdot 10^{-3}$ кг. Зразки були оснащені термопарами, які встановлювалися в наступних місцях (рис. 1): термопара 1 – облой; термопара 2 – відстань 10^{-3} м від нижньої поверхні зразка; термопара 3 – відстань $2 \cdot 10^{-3}$ м від нижньої поверхні зразка; термопара 4 – середина зразка, $5 \cdot 10^{-3}$ м від поверхні.

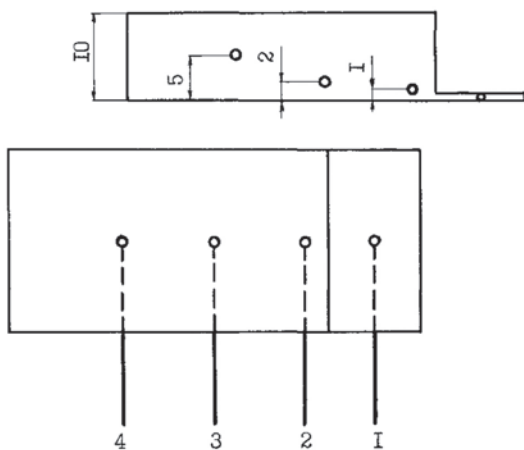


Рис. 1. Схема розташування термопар у зразку досліджуваного матеріалу

Експеримент виконувався на експериментальній установці, кінематична схема якої представлена на рис. 2. Установка складається з столу 1, на якому встановлені посудина Дьюара 2 з рідким азотом, механізм опускання зразка, що складається із опори з направляючою втулкою 3, штока 4 з затискачем. Шток підпружинений і утримується в піднятому стані фіксатором 5, з'єднаним з мікровимикачем 6. На столі встановлено ударний меха-

нізм, що включає ударник 7 з бойком, корпус 8, ударну пружину 9, фіксатор 10, електромагніт 11. Ударний механізм змонтований на столі за допомогою регульованої опори 12.

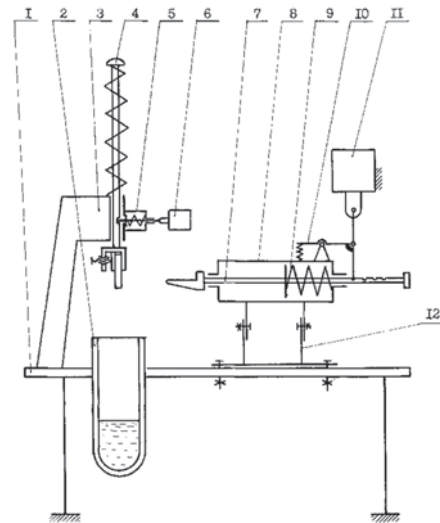


Рис. 2. Кінематична схема експериментальної установки для дослідження фізико-механічних властивостей полімерних матеріалів в середовищі низьких температур

Експеримент проводився в такий спосіб. Зразок, оснащений термопарами закріплювався в затискачі штока. Шток плавно опускався в зону охолодження. Час опускання становив 30 секунд. Витримка зразка в зоні охолодження проводилася до температури -100°C . Після повного промерзання зразка шток піднімався у вихідне положення.

Температура облоя і матеріалу зразка вимірювалася за допомогою термопар мідь-константан. Для вимірювань були відібрані чотири термопари з найменшим розкидом показань. Термопари підключалися до дванадцятиканального самописного потенціометра КСП-4.

Термопари були встановлені в тілі зразків, у каналах. Канали з термопарами були ущільнені і герметизувалися відповідно до існуючих рекомендацій [8, с. 52–198].

У результаті проведених експериментів отримано залежності, що показують зміну температури матеріалу в різних точках зразків в залежності від часу охолодження (рис. 3). Криві 1, 2, 3, 4 на рисунках 3 а і 3 б показують зміну температури в різних точках зразків, що відповідають місцям установки термопар з тими ж номерами.

Аналіз отриманих залежностей показує, що тривалість промерзання облоя товщиною $0,5 \cdot 10^{-3}$ м до температури -100°C становить (з урахуванням часу опускання зразка в зону охолодження):

- гуми «стіраніп» – 2 хвилини;
- пористого поліуретану – 1,5 хвилини.

Промерзання всього зразка до температури -100°C відбувається упродовж наступних проміжків часу:

- гума «стіраніп» – 15 хвилин;
- пористий поліуретан – 12 хвилин.

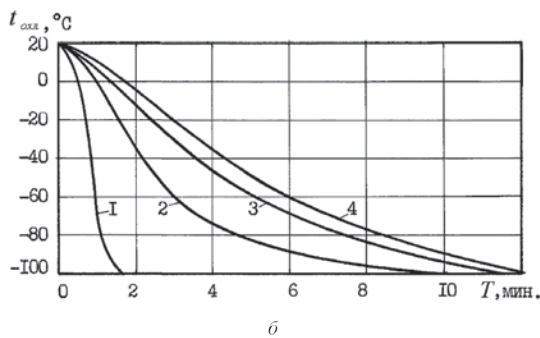
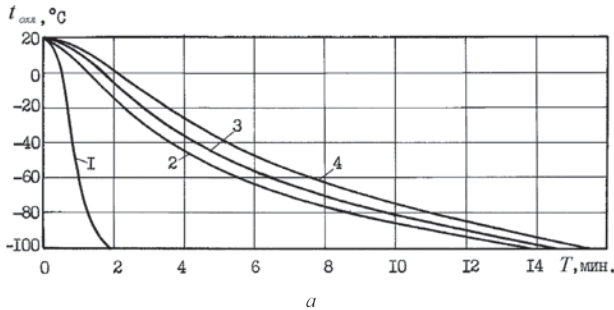


Рис. 3. Залежність температури $t_{\text{охл}}$ в різних точках зразка від тривалості його охолодження T : а – гума «стіраніп»; б – пористий поліуретан

Температура матеріалу в різних точках зразків при досягненні облоєм температури -100°C вказана в таблиці 1.

Таблиця 1

№	Місце розташування термометри	Зразок із гуми	Зразок із поліуретану
1	облой	-100°C	-100°C
2	Відстань від нижньої поверхні зразка $1 \cdot 10^{-3}$ мм	-10°C	-26°C
3	Відстань від нижньої поверхні зразка $2 \cdot 10^{-3}$ мм	0°C	-10°C
4	середина зразка	5°C	0°C

Таким чином, отримані дані дозволяють проводити ефективну оздоблювально-зачищувальну обробку в середовищі низьких температур деталей, відформованих з полімерів, широко застосовуваних у легкій промисловості.

Експериментальне дослідження зачистки полімерних деталей в середовищі низьких температур.

В експериментальній планетарно-відцентрової машині [9, с. 3–20] з перпендикулярними осями обертання барабана і водила обробляли деталі з полімерних матеріалів. Для експерименту використовували деталі (каблуки, задники, вставки в каблуки) з поліетилену і вторинного поліаміду (рис. 4), отримані литтям під тиском і оброблені в середовищі низьких температур. Деталі охолоджували в барабані установки за допомогою рідкого азоту, який подавався безпосередньо в барабан, до температури крихкості матеріалу (поліетилен: -113°C ; поліамід: -43°C). Температуру в барабані контролювали за допомогою термометри мідь-константан. В якості наповнювача використовували сталеві поліровані кулі діаметром 4–5 мм, які забезпечували в даній установці необхідну енергію удару ($20 \cdot 10^{-3}$ Дж) для видалення облоя товщиною до 0,5 мм. Барабан заповнювався робочим середовищем до 50% свого об'єму.

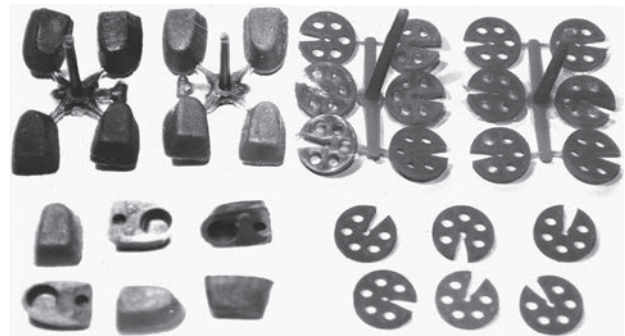


Рис. 4. Деталі взуття, виготовлені з поліаміду й поліетилену до й після обробки в установці

У процесі експерименту визначали час до повного видалення ливників та облоя з поверхні деталей. Відповідно до технологічного регламенту, що застосовуються у виробництві, допускалося наявність на поверхні слідів від ливників та облоя висотою до 0,5 мм.

Оброблювані деталі поміщали в барабан установки і охолоджували упродовж 1,5–2 хв (відповідно до отриманих даних) до повного промерзання облоя. Потім установку приводили в дію і відбувалося видалення облоя і ливників.

Отримані дані показують, що тривалість обробки деталей знаходиться в межах 1–5 хв. Таким чином, весь технологічний цикл становив 3–7 хв. У процесі проведення технологічної операції не спостерігалося пошкоджень поверхні деталей, забезпечувалася висока якість обробки.

Висновки.

1. Виконано експериментальні дослідження тривалості промерзання полімерних деталей, в результаті яких отримано залежності температури в різних точках деталей від тривалості їх охолодження.

2. Проведено експериментальні дослідження зачистки полімерних деталей в середовищі низьких температур з використанням планетарно-відцентрової машини з перпендикулярними осями обертання барабана і водила. Отримані дані пока-

зують, що тривалість обробки деталей знаходиться в межах 1–5 хв, а весь технологічний цикл становив 3–7 хв.

3. Отримані дані є вихідними при створенні технологічних процесів і обладнання для видалення облоя, ливників і задирок із деталей з полімерних матеріалів в середовищі низьких температур. Проведені експерименти показали ефективність процесів оздоблювально-зачищувальної обробки деталей з полімерних матеріалів в середовищі низьких температур.

Список літератури:

1. Залюбовський М.Г., Панасюк І.В., Малишев В.В. Аналітичне визначення часу виконання технологічної операції відділення металевих деталей замка «блискавка» від ливників. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. 2019. № 6 (140). С. 9–18.

2. Marigo M., Cairns D. L., Davies M., Ingram A., Stitt E.H. A numerical comparison of mixing efficiencies of solids in a cylindrical vessel subject to a range of motions. *Powder Technology*. 2012. No. 217. P. 540–547.

3. Залюбовський М.Г., Панасюк І.В., Малишев В.В. Перспективні технології обробки деталей і змішування сипких речовин у рухомих робочих ємкостях (частина 2: типи обладнання з рухомими ємкостями). *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки*. 2020. № 3. Том 31 (70). С. 7–13.

4. Залюбовський М.Г., Панасюк І.В., Малишев В.В. Експериментальне визначення енергії необхідної для відділення металевих деталей від ливників. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. 2019. № 5 (138). С. 17–26.

5. Залюбовський М.Г., Панасюк І.В., Малишев В.В. Машини зі складним рухом робочих ємкостей для обробки полімерних деталей : монографія. Київ : Університет «Україна», 2018. 228 с.

6. Копин В.А., Макаров В.Л., Ростовцев А.М. Обработка изделий из пластмасс. Москва : Химия, 1988. 176 с.

7. Бурмістенков О.П. Виробництво литих деталей та виробів з полімерних матеріалів у взуттєвій та шкіргалантерейній промисловості. Хмельницький : ХНУ, 2007. 255 с.

8. Орлова М.П., Погорелова О.Ф., Улыбин С.А. Низкотемпературная термометрия. Москва : Энергоатомиздат, 1987. 280 с.

9. Бурмістенков О.П., Панасюк І.В., Ломака В.О. Планетарно-відцентрова установка для видалення ливників. *Легка промисловість*. 1989. № 4. С. 23.

Panasyuk I.V., Zalyubovskiy M.G. EXPERIMENTAL STUDY OF THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF POLYMER MATERIALS IN THE ENVIRONMENT OF LOW TEMPERATURES (PART 2: STUDY OF THE DURATION OF FREEZING AND TECHNOLOGICAL PROCESS OF TUMBLING)

Increasing the productivity of manufacturing parts from polymeric materials largely depends on reducing the time of preparatory and finishing operations. Up to 80% of the total technological time is spent on these operations. In light industry, some types of fittings, as well as polymer parts of shoes (heels, heels, heel inserts) are made by casting. As a rule, these parts require a very laborious finishing tumbling, during the execution of which the separation of the cast parts from their sprues is realized. Such processing is carried out using various tumbling equipment: machines with rotating drums, vibrating and rotary machines, machines with planetary or with complex spatial movement of working containers, and others. In addition, such processing is possible only if the polymer parts are brittle. The fragility of polymer parts is achieved by a significant decrease in their temperature by cooling in liquid nitrogen, which ensures their cooling to a temperature of -195.8° C. Impact on cooled parts leads to the destruction of their least durable elements – flash, sprues. For the possibility of successful application in industry of this method of processing parts, experimental studies of the freezing time of polymer parts were carried out, as well as experimental studies of cleaning of polymer parts in a low temperature environment using a planetary centrifugal machine with perpendicular axes of rotation of the drum and carrier. Knowledge of the main characteristics of polymer materials in a low-temperature environment allows you to create highly efficient technological processes and equipment for removing flash and sprues of molded parts. The research results can be used at the design stage of the corresponding technological processes for processing polymer parts.

Key words: polymer, brittleness temperature, liquid nitrogen, working capacity, shock impact, freezing duration.