

УДК 621.924.7

ЗАЛЮБОВСЬКИЙ М. Г.¹, ПАНАСЮК І. В.², МАЛИШЕВ В. В.¹

¹Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна»

²Київський національний університет технологій та дизайну

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМІВ
РУХУ РОБОЧОГО МАСИВУ ТА ОБ'ЄМУ ЗАПОВНЕННЯ
ЄМКОСТІ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ВІДДІЛЕННЯ МЕТАЛЕВИХ
ДЕТАЛЕЙ ВІД ЛИВНИКІВ**

Мета. Визначення основних раціональних технологічних параметрів обробки металевих деталей замка «блискавка» в галтувальній машині зі складним просторовим рухом робочої ємкості, зокрема, експериментальне дослідження впливу режимів руху робочого масиву та об'єму заповнення ємкості на інтенсивність відділення металевих деталей замка «блискавка» від ливників, отримання відповідних розрахункових залежностей.

Методика. Проведено експериментальне дослідження шляхом спостереження за зміною кількості оброблених деталей під час технологічного процесу відділення металевих деталей замка «блискавка» від ливників в галтувальній машині зі складним просторовим рухом робочої ємкості. Здійснено подальшу математичну обробку отриманих результатів з визначенням раціональних технологічних параметрів.

Результати. Визначено раціональний режим руху робочого масиву та раціональний рівень заповнення ємкості робочим масивом, які забезпечують найбільшу продуктивність при виконанні технологічної операції відділення металевих деталей від ливників.

Наукова новизна. Встановлені закономірності впливу зміни режимів руху робочого масиву на інтенсивність виконання технологічної операції відділення металевих деталей замка «блискавка» від ливників. Визначено залежність між рівнем заповнення ємкості робочим масивом, швидкістю та продуктивністю виконання даної технологічної операції. Отримання відповідні розрахункові залежності.

Практична значимість. Отримані настанови щодо реалізації раціональних технологічних параметрів операції відділення металевих деталей замка «блискавка» від ливників в машині зі складним просторовим рухом робочої ємкості, які забезпечують максимальну продуктивність виконання технологічної операції.

Ключові слова: відливка, відділення від ливників, замок «блискавка», режим руху робочого масиву.

Вступ. Різні металеві деталі, зокрема, деталі замка «блискавка» на основі цинкових сплавів виготовляються шляхом лиття [1], в результаті чого утворюються відливки різної складної геометричної форми. Наступний етап обробки полягає у відділенні деталей від ливників [2] з подальшою їх сепарацією. На переважній більшості підприємств, для реалізації відділення деталей від ливників, використовують методи об'ємної обробки [3] в середині рухомих ємкостей. На єдиному підприємстві України (ПрАТ «Молнія»), що спеціалізується по виготовленню замків «блискавка», до сих пір використовуються галтувальні розділово-полірувальні машини К-36 німецької фірми «Optilon» 1981 року виготовлення (об'єм барабану 0,12м³) з восьмигранними обертальними барабанами. Даний тип обладнання є дуже застарілим. Перспективним, на сьогоднішній день, вважається використання галтувального обладнання з ємкостями, які виконують складний просторовий рух [4, 5].

Постановка завдання. На сьогоднішній день практично повністю відсутні науково-обґрунтовані настанови щодо виконання технологічних процесів відділення металевих

деталей замка «блискавка» від ливників, відсутня науково-обґрунтована інформація стосовно вибору раціональних режимів обробки, а також інформація по визначенню часу, який необхідний для якісної обробки металевих деталей. На ПрАТ «Молнія» рішення про завершення технологічної операції відділення деталей від ливників приймається на основі інтуїтивного досвіду чи органолептичного методу визначення стадії обробки деталей, без об'єктивного наукового врахування факторів, які можуть впливати на зміну цього часу обробки. Відомо [6, 7], що на інтенсивність виконання об'ємних технологічних операцій впливає низка факторів, основними з яких є: режим руху робочого масиву та рівень заповнення ємкості робочим масивом.

Таким чином, визначення основних раціональних технологічних параметрів обробки деталей замка «блискавка» в «базовій» конструкції гальтувальної машини зі складним просторовим рухом робочої ємкості є актуальною задачею на сьогоднішній день.

Результати дослідження. В першій частині експерименту визначали вплив режимів руху робочого масиву в середині ємкості на інтенсивність відділення деталей замка «блискавка» від ливників. Для проведення дослідження використовували раніше розроблену експериментальну установку [8] «базової» конструкції машини зі складним просторовим рухом робочої ємкості.

В даній частині експерименту використовувалися відливки замка «блискавка» з двома закріпленими деталями-корпусами. На рис. 1 представлено відливки даного типу до початку обробки, а також відокремлені деталі по завершенню обробки в машині, робоча ємкість якої виконує складний просторовий рух.



Рис. 1. Відливки замка «блискавка» до початку обробки, а також відокремлені деталі по завершенню обробки в машині, робоча ємкість якої виконує складний просторовий рух

Таким чином, проводилася обробка трьох партій ливникових систем при реалізації трьох режимів руху робочого масиву (водоспадного, змішаного та каскадного) з наданням відповідної кутової швидкості ведучому валу машини. В роботі [9] встановлено взаємозв'язок між зміною режимів руху робочого масиву в середині ємкості та кутовою швидкістю ведучого валу машини. У ході виконання технологічної операції відділення деталей від ливників, для кожного режиму руху робочого масиву, ємкість завантажувалася

на 50% від свого загального об'єму. Кількість завантажених ливникових систем зберігалася постійною для реалізації кожного режиму руху та становила 320 штук.

Технічна характеристика експериментальної установки, характеристика ливникових систем, що використовувалися під час експерименту та інші необхідні дані для проведення експерименту представлені в таблиці 1.

Таблиця 1.

Технічна характеристика експериментальної установки та відливки

Характеристика експериментальної установки		
1	Форма робочої ємкості	циліндрична
2	Об'єм робочої ємкості	$V=0,0088 \text{ м}^3$ (8,8 л)
3	Кутова швидкість (частота обертання) ведучого валу машини для: каскадного режиму руху	$\omega_{\text{ведуч}}=2,1 \text{ с}^{-1}$ ($n_{\text{ведуч}}=20 \text{ хв}^{-1}$)
	змішаного режиму руху	$\omega_{\text{ведуч}}=4,2 \text{ с}^{-1}$ ($n_{\text{ведуч}}=40 \text{ хв}^{-1}$)
	водоспадного режиму руху	$\omega_{\text{ведуч}}=6,8 \text{ с}^{-1}$ ($n_{\text{ведуч}}=65 \text{ хв}^{-1}$)
Характеристика ливникових систем		
1	Назва матеріалу з якого отримано ливникові системи	«ЦАМ 4-1», ГОСТ 25140-93 ГОСТ 19424-74
3	Об'єм заповнення робочої ємкості у % на початку процесу обробки	$V_{\text{Поч.роб.}}=50\%$
		$V_{\text{Поч.роб.}}=25\%$
		$V_{\text{Поч.роб.}}=75\%$
4	Кількість відливки, завантажених до робочої ємкості при її заповненні на 50%, 25% та 75%	$z_{2,\text{загал.}50\%}=320 \text{ шт.}$ $z_{2,\text{загал.}25\%}=160 \text{ шт.}$ $z_{2,\text{загал.}75\%}=480 \text{ шт.}$
7	Маса відливки	$m_2=0,013 \text{ кг}$

Експеримент проводився наступним чином: партію відливок завантажували до ємкості та проводили технологічну операцію до відділення усіх деталей від ливників, повного видалення облою та задирок з відділених деталей. При цьому, контролювали кількість оброблених деталей наступним чином: при реалізації каскадного режиму руху машину зупиняли кожні 4 хв, при реалізації водоспадного режиму – кожні 0,25 хв, а при реалізації змішаного режиму – кожні 0,5 хв, завантажений робочий масив повністю вивантажувався з ємкості та проводився підрахунок кількості відділених деталей від ливників, після чого, оброблені деталі та робочий масив знову засипали до ємкості та продовжували технологічну операцію до наступної зупинки. Якщо виявлялося, що повний цикл обробки був досить тривалим, то інтервал між контрольними зупинками машини збільшували. Для зручності подальшого представлення отриманих результатів щодо кількості відділених деталей від ливників у порівнянні із загальною кількістю деталей, що оброблялися застосовували коефіцієнт μ , який характеризував відношення:

$$\mu = \frac{n_{\text{оброб}}}{n_{\text{необроб}}}, \quad (1)$$

де $n_{\text{оброб}}$ – кількість оброблених деталей (тих, що відділилися від ливників), $n_{\text{необроб}}$ – загальна кількість деталей, які були завантажені до робочої ємкості

Кількість зупинок машини з подальшим підрахунком відділених деталей відбувалася до моменту відділення усіх деталей від ливників. В результаті чого фіксувався час завершення технологічної операції. Якість обробки деталей замка «блискавка» в експериментальній установці перевірялася на ПрАТ «Молнія».

Результати першої частини експерименту представлені в таблиці 2. На основі апроксимації отриманих результатів, яка була виконана за допомогою програми *MathCAD 14*, побудовані графіки залежності (рис. 2) коефіцієнта μ у відсотках від часу обробки для різних режимів руху робочого масиву.

Результати експериментальних досліджень (таблиця 2) підтверджують висновок попередніх аналітичних досліджень [10] про перевагу та доцільність реалізації саме водоспадного режиму руху робочого масиву під час виконання технологічних операцій відділення деталей від ливників. На відділення деталей від ливників при реалізації водоспадного режиму руху робочого масиву витрачається майже в 19 разів менше часу ніж на відділення деталей від ливників при реалізації каскадного режиму руху та в 3,3 рази менше часу в порівнянні з обробкою деталей при змішаному режимі руху. Таким чином, змішаний, тим більш каскадний режим руху робочого масиву не придатні для реалізації процесів відділення металевих деталей «блискавка» від ливників з високою інтенсивністю.

Процес обробки деталей в об'ємі робочого масиву відбувається нерівномірно. На початку обробки спостерігається незначний приріст кількості оброблених деталей. Значна інтенсифікація процесу реалізується, коли кількість оброблених деталей в робочому масиві становить 20% – 80%. Потім, після збільшення кількості оброблених деталей в робочому масиві більш ніж 80%, знову спостерігається зниження інтенсивності обробки деталей.

Низька інтенсивність відділення деталей від ливників на початку технологічної операції пов'язана з тим, що вільний об'єм ємкості в цей час є найменшим, відливки вдарятимуться по стінках ємкості з меншою інтенсивністю. Низька інтенсивність відділення деталей від ливників в кінці технологічної операції відбувається за рахунок зміни співвідношення між обробленими деталями (відділеними від ливників) та необробленими деталями, зокрема, необроблених деталей, по відношенню до всього робочого масиву, стає дедалі менше. Відповідно, зі зменшенням кількості необроблених деталей, зменшується ймовірність їх зіткнення зі стінками ємкості при кожному оберті ведучого валу машини. Переважну частину часу такі окремі необроблені деталі переміщуються в середині робочого масиву, не стикаються зі стінками ємкості, а їх кінетичної енергії при зіткненні з іншими деталями чи ливниками просто недостатньо для відокремлення від ливників.

Дослідження підтверджують, що зміна режиму руху робочого масиву в значній мірі впливає на інтенсивність виконання технологічних процесів відділення металевих деталей замка «блискавка» від ливників. Обробка металевих деталей замка «блискавка» в машині зі складним просторовим рухом робочої ємкості, при реалізації водоспадного режиму руху робочого масиву, виконується в 20 разів швидше ніж на галтувальному обладнанні «Optilon», яке використовується на підприємстві ПрАТ «Молнія». На відділених від ливників деталях відсутній облой та задирки, гострі краї та нерівномірні виступи, які сформувалися в процесі лиття заокруглені та згладжені, а також відсутні будь-які пластичні деформації елементів деталей, які б могли свідчити про брак деталей. Якість оброблених деталей замка

«блискавка» в експериментальній установці підтверджена проведеною перевіркою, виконаною в межах виробничої апробації на ПрАТ «Молнія». Оцінка якості оброблених деталей проведена на ПрАТ «Молнія» показала, що вони повністю відповідають технологічним вимогам підприємства.

В 2-й частині експерименту проводили дослідження впливу об'єму заповнення робочої ємкості на інтенсивність відділення металевих деталей замка «блискавка» від ливників. З різних наукових літературних джерел відомо [1, 7, 11], що, в цілому, для виконання гальтувальних об'ємних процесів обробки ємкість робочим масивом слід заповнювати приблизно на 50% від її загального об'єму [12]. Однак, конкретні настанови щодо рівня заповнення ємкостей, які виконують складний просторовий рух при виконанні технологічних процесів відділення металевих деталей від ливників відсутні.

Таким чином, було проведено другу частину експериментального дослідження, в якому при реалізації водоспадного режиму руху робочого масиву проводилося відділення металевих деталей замка «блискавка» від ливників при заповненні ємкості на 25% та 75% від її загального об'єму. У якості оброблюваних деталей використовувалися ті ж само відливки (рис. 1).

Методика проведення експерименту аналогічна до попередньої частини. Результати експерименту представлені в таблиці 2. На основі апроксимації отриманих результатів, яка була виконана за допомогою програми *MathCAD 14*, побудовані графіки залежності коефіцієнта μ у відсотках від часу обробки для різних ступенів заповнення ємкості. Для кращого порівняння результатів експериментальних досліджень отримані криві співставлені на одному графіку з кривими, які отримані в першій частині експериментального дослідження та представлені на рис. 2.

Відділення деталей від ливників при заповненні ємкості на 25% відбулося майже миттєво, через 0,25 хв від ливників було відділено вже 65% деталей, а через 0,5 хв усі деталі були вже обробленими. При заповненні ємкості на 75% технологічний процес тривав в 6 разів довше – 3 хв.

Однак, щоб встановити раціональний рівень заповнення ємкості необхідно визначити продуктивність виконання технологічної операції для відповідних рівнів заповнення ємкості. При розрахунку продуктивності приймали до уваги не тільки фактичний час, що витрачається на відділення завантажених деталей від ливників, а й кількість відливок, які обробляються за один цикл та час, який витрачається на додаткові підготовчі операції.

Продуктивність технологічної операції $P_{X\%}$, при відповідному відсотковому заповненні ємкості $X\%$, визначається, як загальна кількість деталей $n_{оброб}$ відділених від ливників, які були оброблені за одиницю часу t ($t=1 год$):

$$P_{X\%} = \frac{n_{оброб}}{t}. \quad (2)$$

В свою чергу, загальна кількість деталей $n_{оброб}$ відділених від ливників, які були оброблені за одиницю часу t ($t=1 год$) можна визначити наступним чином:

$$n_{оброб} = z_{2,загал.X\%} \cdot k, \quad (3)$$

де $z_{2, \text{загал.} X\%}$ – кількість відливок (відливки з двома закріпленими деталями) завантажених до ємкості для одного циклу обробки, насипний об'єм яких становить $X\%$ від загального об'єму ємкості; k – кількість циклів обробки, які виконуються в машині за одну годину:

$$k = \frac{60}{t_{X\%} + t_{\text{дод.}}}, \quad (4)$$

де $t_{X\%}$ – час обробки однієї партії деталей завантажених до робочої ємкості, при відповідному відсотковому рівні її заповнення $X\%$ (визначено в ході проведення експерименту); $t_{\text{дод.}}$ – час, який витрачається на виконання додаткових підготовчих операцій (завантаження робочого масиву до ємкості перед початком обробки, а також відвантаження відокремлених деталей та ливників з ємкості по завершенню обробки партії деталей тощо).

Таблиця 2.

Результати експерименту

1-ша частина експерименту				2-га частина експерименту	
Час t , хв	μ при відповідних режимах руху робочого масиву (заповнення ємкості на 50%)			μ при відповідних ступенях заповнення ємкості (водоспадний режим руху)	
	Каскадний	Змішаний	Водоспадний	25%	75%
0	0	0	0	0	0
0,25	-----	-----	0,05	0,65	0,01
0,5	-----	0,02	0,37	1	0,05
0,75	-----	-----	0,58	-----	0,1
1	-----	0,04	0,87	-----	0,18
1,25	-----	-----	0,96	-----	0,29
1,5	-----	0,1	1	-----	0,6
1,75	-----	-----	-----	-----	0,76
2	-----	0,15	-----	-----	0,92
2,5	-----	0,31	-----	-----	0,98
3	-----	0,62	-----	-----	1
3,5	-----	0,89	-----	-----	-----
4	0,04	0,95	-----	-----	-----
4,5	-----	0,97	-----	-----	-----
5	-----	1	-----	-----	-----
5,5	-----	-----	-----	-----	-----
8	0,09	-----	-----	-----	-----
12	0,37	-----	-----	-----	-----
16	0,70	-----	-----	-----	-----
20	0,95	-----	-----	-----	-----
24	0,98	-----	-----	-----	-----
28	1	-----	-----	-----	-----

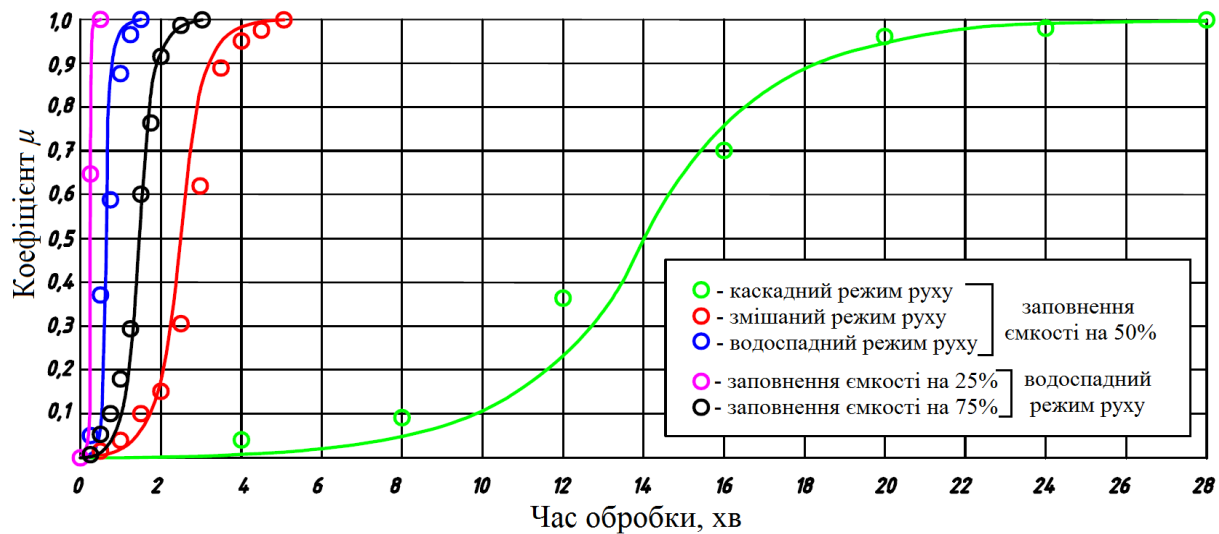


Рис. 2. Залежність коефіцієнта μ від часу обробки при реалізації різних режимів руху робочого масиву та різних ступенях заповнення ємкості

Згідно «Технологічного процесу відділення металевих деталей замка «блискавка» від ливників», який використовується та затверджений на ПрАТ «Молнія», на такі додаткові підготовчі операції витрачається час в діапазоні 4 – 8 хв. Умовно приймемо, що $t_{\text{доп}}=5$ хв, тоді вираз (4) матиме вигляд:

$$k = \frac{60}{t_{X\%} + 5}. \quad (5)$$

Таким чином, вираз (2) з урахуванням рівнянь (3) та (5), матиме вигляд:

$$P_{X\%} = \frac{n_{\text{оброб}}}{t}. \quad (6)$$

Далі, за виразом (6) було розраховано продуктивність виконання технологічних операцій відділення металевих деталей замка «блискавка» від ливників при різних ступенях заповнення ємкості робочим масивом. Результати розрахунків представлені в таблиці 3.

Таблиця 3.

Результати розрахунків продуктивності виконання технологічної операції

Рівень заповнення ємкості робочим масивом, %	Кількість деталей завантажених до ємкості, шт	Час обробки, хв	Продуктивність обробки, шт/год
25%	160 шт	0,5 хв	1745 шт/год
50%	320 шт	1,5 хв	2954 шт/год
75%	480 шт	3 хв	3600 шт/год

Також, за допомогою програми *MathCAD 14* для представлених кривих на рис. 2 було отримано загальне рівняння, що є неелементарною функцією Лапласа та описує залежність зміни коефіцієнта μ від часу виконання технологічної операції:

$$\mu = \frac{5,12}{t_{\text{max}}} \int_0^t e^{-\frac{10,24}{t_{\text{max}}}|t-0,5t_{\text{max}}|} dt, \quad (7)$$

де t_{max} – загальний час, який витрачається на всю технологічну операцію, хв; e – експонента; μ – коефіцієнт, який характеризує відношення кількості оброблених деталей до загальної кількості деталей, які були завантажені до робочої ємкості, t – час, в процесі виконання технологічної операції, хв;

Проведені експериментальні дослідження підтверджують, що рівень заповнення робочої ємкості також впливає на інтенсивність виконання технологічних процесів відділення металевих деталей замка «блискавка» від ливників. Зі зменшенням насипного об'єму робочого масиву, завантаженого до ємкості, збільшується кінетична енергія відливки в момент їх ударної взаємодії зі стінками ємкості, в результаті технологічний процес реалізується значно швидше. Однак, якщо є значна за обсягом партія деталей, для обробки якої необхідно декілька десятків циклів роботи машини, то заповнювати ємкість на 25% не актуальне у зв'язку з тим, що продуктивність обробки усієї партії буде низькою. Значне зниження продуктивності при завантаженні ємкості менш ніж на половину від її повного об'єму пов'язане зі збільшенням часу, який витрачається на додаткові підготовчі технологічні операції відвантаження та завантаження відливок, які відбуватимуться по завершенню кожного циклу обробки партії деталей.

Таким чином, для реалізації технологічних процесів відділення металевих деталей замка «блискавка» від ливників з високою продуктивністю слід заповнювати ємкість в діапазоні 50% – 75% від її загального вільного об'єму.

В залежності від рівня заповнення ємкості робочим масивом, тривалість обробки відливок з 2-ма закріпленими деталями-корпусами варіюватиметься в діапазоні 1,5 – 3 хв. На підприємстві ПрАТ «Молнія» мінімальний час обробки відливок відповідного типу становить 30 хв. Отже, виконання технологічної операції відділення металевих деталей від ливників з використанням обладнання, в якому робоча ємкість виконує складний просторовий рух є значно ефективнішим ніж при використанні галтувальних машин з обертальною ємкістю. Відповідно, продуктивність обробки вищезгаданих деталей, при використанні машин зі складним рухом робочої ємкості, буде в 10 разів більшою за продуктивність обробки при використанні галтувальних машин з обертовими ємкостями. Оцінка якості усіх експериментально оброблених деталей проведена на ПрАТ «Молнія» показала, що вони повністю відповідають технологічним вимогам підприємства.

Висновки:

1. Досліджено вплив режимів руху робочого масиву на інтенсивність відділення металевих деталей замка «блискавка» від ливників. Експериментально встановлено, що найінтенсивніше відділення деталей від ливників відбувається при реалізації водоспадного режиму руху робочого масиву.

2. Досліджено вплив об'єму заповнення ємкості на інтенсивність та продуктивність при виконанні даної технологічної операції. Експериментально встановлено раціональний рівень заповнення робочої ємкості робочим масивом, який має бути в діапазоні 50% – 75% від її загального вільного об'єму.

3. Встановлено, що для виконання технологічних операцій відділення металевих деталей замка «блискавка» від ливників, обладнання, в якому робоча ємкість виконує складний просторовий рух, є значно ефективнішим за обладнання з обертовим гранованим

барабаном. Продуктивність при обробці металевих деталей з використанням машин зі складним рухом робочої ємкості, може бути в 10 разів більшою за продуктивність при обробці деталей з використанням галтувальних машин з обертовими ємкостями.

4. Отримано загальне рівняння функції, що описує залежність зміни коефіцієнта μ , який характеризував відношення кількості оброблених деталей до загальної кількості деталей, які були завантажені до робочої ємкості від часу виконання технологічної операції.

Література

1. Бурмістенков О.П. Виробництво литих деталей та виробів з полімерних матеріалів у взуттєвій та шкіргалантерейній промисловості: монографія / Під заг. ред. В.П. Коновала. – Хмельницький: ХНУ, 2007. – 255 с;
2. Патент №137568, МПК В24В 31/10 (2006.01). Спосіб об'ємної обробки металевих деталей / Залюбовський М.Г., Панасюк І.В., Сухенко А.Г., заявник та патентовласник Київський національний університет технологій та дизайну – №u201904193; заяв. 19.04.2019, опуб. 25.10.2019, бюл. № 20;
3. Першин В.Ф. Переработка сыпучих материалов в машинах барабанного типа / Першин В.Ф., Однолько В.Г., Першина С.В. // Монография – М.: Машиностроение, 2009. – 220 с;
4. Патент №126647, МПК В01F 11/00 (2018.01). Машина для обробки деталей / Залюбовський М.Г., Панасюк І.В., заявник та патентовласник Київський національний університет технологій та дизайну - №u201801469; заяв. 15.02.2018, опуб. 25.06.2018, бюл. № 12;
5. Патент №135994, МПК В01F 11/00. Машина для обробки деталей / Залюбовський М.Г., Панасюк І.В., заявник та патентовласник Київський національний університет технологій та дизайну - №u201902138; заяв. 04.03.2019, опуб. 25.07.2019, бюл. № 14;
6. Копин В.А., Макаров В.Л., Ростовцев А.М. Обработка изделий из пластмасс. - М.: Химия, 1988. - 176 с;
7. Залюбовський М. Г. Машины зі складним рухом робочих ємкостей для обробки полімерних деталей: монографія / М. Г. Залюбовський, І. В. Панасюк, В. В. Малишев – К.: Університет «Україна», 2018. – 228 с;
8. Zalyubovskiy M.G. Experimental investigation of the handling process of polymeric units in a machine with a compacted space movement of working container / Zalyubovskiy M.G., Panasyuk I.V., Smirnov Y.I., Klaptsov Y.V., Malyshev V.V. // Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design – 2019. – №2. Vol 132,– С.

References

1. Burmistenkov, O. (2007). *Vyrobnytstvo lytykh detalei ta vyrobiv z polimernykh materialiv u vzuttievii ta shkirhаланtereyinii promyslovosti: monohrafiia* [Manufacture of cast details and articles of polymeric materials in the shoe and leather industry: monograph]. Khmelnytskyi [in Ukrainian];
2. Zalyubovskiy MG, Panasyuk IV, Sukhenko AH, inventors (2019). *Sposib ob'iemnoi obrobky metalevykh detalei* [The method of three-dimensional processing of metal parts]. Ukrainian patent, no. 137568;
3. Pershin, V., Odnolko, V., & Pershina, S. (2009). *Pererabotka syrachykh materialov v mashynakh barabannogo tipa* [Processing bulk materials in drum type machines]. Moscow [in Russian];
4. Zalyubovskiy MG, Panasyuk IV, inventors (2018). *Mashyna dlia obrobky detalei* [Machine for processing parts]. Ukrainian patent, no. 126647.
5. Zalyubovskiy MG, Panasyuk IV, inventors (2019). *Mashyna dlia obrobky detalei* [Machine for processing parts]. Ukrainian patent, no. 135994.
6. Kopin, V., Makarov, V., & Rostovtcev, A. (1988). *Obrabotka izdelii iz plastmass*. M.: Khimiia, 1988, 176;
7. Zalyubovskiy, M., Panasyuk, I., & Malyshev V. (2007). *Mashyny zi skladnym rukhom robochykh yemkosti dlia obrobky polimernykh detalei: monohrafiia* [Machines with complex movement of working capacities for processing of polymer parts]. Kyiv [in Ukrainian];
8. Zalyubovskiy, M., Panasyuk, I., Smirnov Y., Klaptsov, Y., & Malyshev, V. (2019). Experimental investigation of the handling process of polymeric units in a machine with a compacted space movement of working container. Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design, 2, Vol 132, 24-32. [in English];
9. Panasyuk, I., Zalyubovskiy, M. (2015). *Vyznachennia zalezhnosti rezhymu rukhu robochoho seredovyscha u yemkosti zi skladnym rukhom vid kutovoi shvydkosti veduchoho valu* [Determination of the dependence of the mode of

24-32;

9. Панасюк І.В. Визначення залежності режиму руху робочого середовища у ємкості зі складним рухом від кутової швидкості ведучого валу / І.В.Панасюк, М.Г.Залюбовський // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну – 2015. – №1. – С. 43-52;

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

11. C. Mayer-Laigle. Mixing dynamics for easy flowing powders in a lab scale Turbula mixer / C. Mayer-Laigle, C. Gatumel, H. Berthiaux // Chemical Engineering Research and Design Volume 95, March 2015, Pages 248-261;

12. Igor Panasyuk. Driving machine shaft angular velocity impact on motion conditional change of granular medium in working reservoir for components compounding and process / Igor Panasyuk, Mark Zalyubovskiy // Metallurgical and Mining Industry – 2015. – №3. – С. 260-264.

motion of the working medium in a container with complex motion on the angular velocity of the drive shaft], *Visnyk Kyiv National University of Technologies & Design – Bulletin of the KNUTD*, 1, 43-52 [in Ukrainian];

10. Zalyubovskiy, M., Panasyuk, I., & Malyshev V. (2019). Analitichne vyznachennia chasu vykonannia tekhnolohichnoi operatsii viddilennia metalevykh detalei zamka «blyskavka» vid lyvnykiv [Analytical determination of time of performance of a technological operation separation of metal details of the “zipper” lock from a gate], *Visnyk KNUTD – Bulletin of the KNUTD*, 6, 9-18 [in Ukraine];

11. Mayer-Laigle C., Gatumel, C., & Berthiaux, H. (2015). Mixing dynamics for easy flowing powders in a lab scale Turbula mixer. *Chemical Engineering Research and Design*. [in English];

12. Panasyuk, I., Zalyubovskiy, M. (2015). Driving machine shaft angular velocity impact on motion conditional change of granular medium in working reservoir for components compounding and process. *Metallurgical and Mining Industry*, Vol. 3, 260 – 264 [in English].

ZALIUBOVSKIY MARK

markzalubovskiy@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6258-0088>

Open University of Human Development «Ukraine»

IGOR PANASYUK

panasjuk1961@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6671-4266>

ResearcherID: D-4255-2017

Kyiv National University of Technologies & Design

MALYSHEV VICTOR

viktor.malyshev.igic@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2756-3236>

Open University of Human Development «Ukraine»

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ДВИЖЕНИЯ РАБОЧЕГО МАССИВА И ОБЪЕМА ЗАПОЛНЕНИЯ ЕМКОСТИ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ОТДЕЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ ОТ ЛИТНИКОВ ЗАЛЮБОВСКИЙ М. Г.¹, ПАНАСЮК И. В.², МАЛЫШЕВ В. В.¹

¹ Открытый международный университет развития человека «Украина»,

² Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Определение основных рациональных технологических параметров обработки металлических деталей замка «молния» в галтовочной машине со сложным пространственным движением рабочей емкости, в частности, экспериментальное исследование влияния режимов движения рабочего массива и объема заполнения емкости на интенсивность отделения металлических деталей замка «молния» от литников, получения соответствующих расчетных зависимостей.

Методика. Проведено экспериментальное исследование путем наблюдения за изменением количества обработанных деталей во время технологического процесса отделения деталей замка «молния» от литников в галтовочной машине со сложным движением рабочей емкости.

Осуществлено дальнейшую математическую обработку полученных результатов с определением рациональных технологических параметров.

Результаты. Определены рациональный режим движения рабочего массива и рациональный уровень заполнения емкости рабочим массивом, которые обеспечивают наибольшую производительность при выполнении технологической операции отделения металлических деталей от литников.

Научная новизна. Установлены закономерности влияния изменения режимов движения рабочего массива на интенсивность выполнения технологической операции отделения деталей замка «молния» от литников. Определена зависимость между уровнем заполнения емкости рабочим массивом, скоростью и производительностью выполнения данной технологической операции. Получение соответствующие расчетные зависимости.

Практическая значимость. Полученные рекомендации по реализации рациональных технологических параметров операции отделения металлических деталей замка «молния» от литников в машине со сложным пространственным движением рабочей емкости, которые обеспечивают максимальную производительность выполнения технологической операции.

Ключевые слова: отливка, отделение от литников, замок «молния», режим движения рабочего массива.

EXPERIMENTAL STUDY OF THE INFLUENCE OF WORKING ARRAY MOVEMENT MODES AND VOLUME OF FILLING ON THE SEPARATION INTENSITY OF METAL DETAILS FROM SPRUES

ZALYUBOVSKY M. G.¹, PANASYUK I. V.², MALYSHEV V. V.¹

¹ Open University of Human Development «Ukraine»

² Kyiv National University of Technologies and Design

Goal. Determination of the main rational technological parameters of processing of metal parts of the lock "lightning" in the tensile machine with complex spatial movement of the working capacity, in particular, experimental study of the influence of modes of motion of the working array and the volume of filling the capacity on the intensity of separation of the metal parts of the lock "lightning" relevant calculation dependencies.

Method. An experimental study was carried out by observing the change in the number of machined parts during the technological process of separating the metal parts of the lightning lock from the gullies in a galvanizing machine with a complex spatial movement of the working capacity. Further mathematical processing of the obtained results is carried out with determination of rational technological parameters.

Results. The rational mode of movement of the working array and the rational level of filling the capacity of the working array are determined, which provide the highest productivity when performing the technological operation of separating metal parts from the casters.

Scientific novelty. The regularities of the influence of the modes of motion of the working array on the intensity of the technological operation of separating the metal parts of the lock "lightning" from the gullies are established. The dependence between the level of filling the capacity of the working mass, the speed and the performance of the performance of this technological operation is determined. Getting the appropriate settlement dependencies.

Practical importance. The directions for realization of rational technological parameters of operation of separation of metal parts of the lock "lightning" from gullies in the car with complex spatial movement of the working capacity, which provide the maximum productivity of performance of the technological operation, were obtained.

Keywords: casting, separations from gullies, lightning lock, mode of working array motion.