

ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОСОБІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ ЗА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

¹Вінницький національний технічний університет

ВСТУП

Виробництво заготовок – один з важливих та відповідальних етапів виготовлення машин. Вибір матеріалу, способу виготовлення вихідної заготовки, її конструктивної форми, розмірів, обладнання і технологічного оснащення суттєво впливають на якість деталей і собівартість їх виготовлення.

На заготівельній стадії виробництва закладаються основні техніко-експлуатаційні параметри виробів та економічні показники підприємства, що займається їх виготовленням. Використання прогресивних методів та способів виготовлення заготовок не тільки забезпечує зниження трудомісткості виготовлення, але й економить матеріал, поліпшує якість машинобудівних виробів, підвищує їх довговічність, експлуатаційну надійність та економічність.

Високі техніко-економічні показники розвитку заготівельної стадії процесу виготовлення машин зумовлюють сталу тенденцію до підвищення питомої ваги цього етапу в сукупних витратах праці на виробництво деталей [1].

На сьогодні існує широкий вибір методів та способів виготовлення заготовок деталей. З однієї сторони це дає можливість суттєвого підвищення якості деталей машин і ефективності, але з іншої сторони – створює певні труднощі у виборі оптимального варіанта.

Для прийняття найдоцільнішого рішення потрібен комплексний аналіз техніко-економічної ефективності всіх альтернативних варіантів. Вибраний варіант має забезпечити зниження матеріаломісткості, собівартості виготовлення заготовки, трудомісткості та собівартості подальшої механічної обробки, енерговитрат, підвищення продуктивності праці, а також заданий рівень якості, збереження чистоти навколишнього середовища.

Об'єктом дослідження є можливі способи виготовлення литої заготовки в умовах середньо-серійного виробництва.

Мета роботи – розробка методики вибору способу виготовлення литої заготовки на основі порівняння ефективності цих способів за техніко-економічними показниками з урахуванням коефіцієнтів уточнення, що забезпечуються під час виконання переходів подальшою механічною обробкою.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

На основі досвіду викладання дисципліни «Проектування та виробництво заготовок деталей машин» на кафедрі технологій та автоматизації машинобудування Вінницького національного технічного університету (ВНТУ) запропоновано таку послідовність етапів вибору способу виготовлення литої заготовки:

- вибір можливих способів виготовлення заготовки;
- вибір норм точності заготовки;
- вибір допусків і припусків;
- розрахунок розмірів заготовок;
- оформлення креслень заготовок та їх 3D-моделей;
- визначення маси заготовок для різних способів їх виготовлення;
- розрахунок коефіцієнтів точності мас;
- визначення собівартості виготовлення заготовок;
- визначення коефіцієнтів уточнення і кількості переходів обробки найточніших поверхонь;
- нормування операцій механічної обробки найточніших поверхонь та поверхонь, що додатково обробляються через відсутність їх в заготовках, виготовлених менш точними способами;
- визначення сумарної собівартості механічної обробки (за винятком тих поверхонь, механічна обробка яких є однаковою);
- розрахунок витрат на виготовлення вихідних заготовок та механічну обробку для різних способів їх виготовлення;
- визначення найраціональнішого способу виготовлення заготовки.

Деякі проміжні результати роботи доповідались на XLVI науково-технічній конференції підрозділів ВНТУ і викладені в [2].

Розглянемо застосування запропонованої методики на прикладі деталі «Фланець» (рис. 1), що виготовляється в умовах середньосерійного виробництва. Матеріал деталі – сталь 35Л. Маса деталі – 27,5 кг.

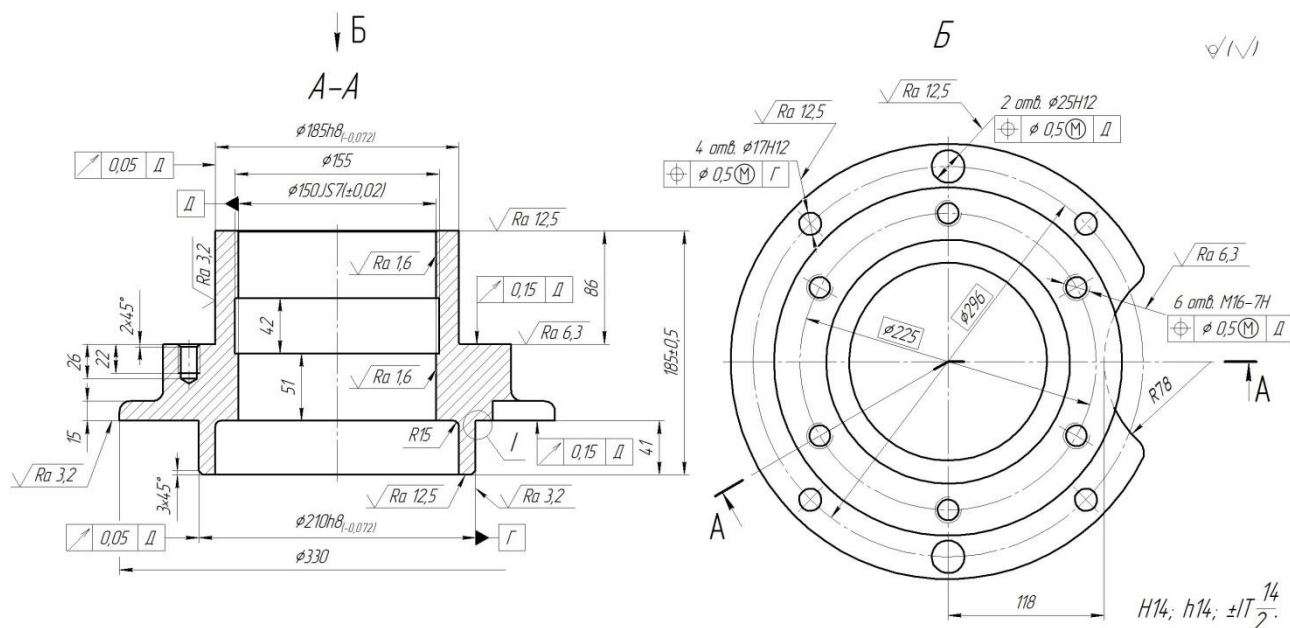


Рисунок 1 – Креслення деталі

Вибрано такі можливі способи виготовлення заготовки – лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші, лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші, лиття в оболонкові форми, відцентрове лиття, лиття в облицьований кокіль, лиття за виплавними моделями.

З використанням рекомендацій [3, 4] для відібраних способів лиття визначені показники точності, а саме – класи розмірної точності, ступені жолоблення, ступені точності поверхонь виливків, шорсткість поверхонь виливків, класи точності маси, ряди припусків на механічну обробку. Ці показники наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Показники точності заготовок, виготовлених різними способами лиття

Спосіб лиття	Клас розмірної точності	Ступінь жолоблення виливків	Ступінь точності поверхонь виливків	Шорсткість поверхонь виливків Ra, мкм	Клас точності маси виливків	Ряд припусків
Лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші	12	8	17	80	12	9
Лиття в оболонкові форми	12	8	14	40	12	6
Лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші	11	8	16	63	11	8
Лиття відцентрове	11	4	11	20	11	5
Лиття в облицьований кокіль	11т	6	14	40	11т	6
Лиття за виплавними моделями	9	8	10	16	9	4

Далі з використанням даних таблиці 1 і рекомендацій [3, 5] вибрано допуски: розмірів заготовок, форми та розміщення, зміщення по площині рознімання, через перекіс стрижня, нерівностей, маси. На основі цих допусків вибрані загальні допуски розмірів заготовок. Після цього вибрані мінімальні та загальні припуски на оброблювані поверхні заготовок для аналізованих

способів лиття [3, 4]. Це дозволило розрахувати розміри заготовок, оформити креслення та їх 3D моделі, визначити масу, встановити коефіцієнт точності маси.

За відомих мас розраховано собівартості виготовлення заготовок за формулою [4, 5]

$$C_{заг.лит.} = \frac{Q_{заг} \cdot C_{лит} \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{II} - (Q_{заг} - Q_{дет}) \cdot C_{відх}}{1000} \text{ (грн)}, \quad (1)$$

де $Q_{дет}$, $Q_{заг}$ – маси деталі та заготовки, кг; $C_{лит}$ – базова вартість 1 т заготовок, грн.; K_T , K_M , K_C , K_B , K_{II} – коефіцієнти, що залежать відповідно від класу точності вилівка, марки матеріалу, групи складності, маси та об'єму виготовлення.

Далі розглянуті найточніші поверхні деталі, для яких кількість переходів механічної обробки для різних способах виготовлення заготовок може відрізнятись. До них відносяться поверхні: $\varnothing 185h8_{(-0,072)}$, $\varnothing 210h8_{(-0,072)}$, $\varnothing 150j_s7(\pm 0,017)$. Окрім того, розглянуто поверхні, які за одних способів лиття відливаються, а за інших – ні, і тому потребують додаткової механічної обробки для видалення напусків. Це поверхні під розміри $\varnothing 25H9^{(+0,052)}$, R83, $\varnothing 155$, $\varnothing 185$.

Всі інші поверхні не обробляються або обробляються одноразово, тому вони виключені з порівняльного аналізу, оскільки трудомісткість і собівартість їх обробки буде однаковою для всіх способів.

З використанням відомих допусків розмірів заготовок та вказаних на кресленні допусків розмірів деталі для найточніших поверхонь встановлено за методикою [6, 7] коефіцієнти уточнення ε_y та кількість переходів механічної обробки i (табл. 2).

Таблиця 2 – Коефіцієнти уточнення та кількість переходів механічної обробки

Спосіб лиття	Розміри механічно оброблюваних поверхонь							
	$\varnothing 185h8_{(-0,072)}$		$\varnothing 210h8_{(-0,072)}$		$\varnothing 150j_s7(\pm 0,017)$		$\varnothing 25H9^{(+0,052)}$	
	ε_y	i	ε_y	i	ε_y	i	ε_y	i
Лиття в піщано-глинисті форми з ручним формуванням суміші	97,2	4	97,2	4	160	4	отвір не пролив.	6
Лиття в оболонкові форми	97,2	4	97,2	4	160	4	76,9	5
Лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші	77,8	4	77,8	4	125	4	61,53	5
Лиття відцентрове	88,9	4	отвір відсутній	4	125	4	отвір відсутній	6
Лиття в облицьований кокіль	61,1	4	61,1	4	100	4	46,15	4
Лиття за виплавними моделями	38,9	3	38,9	3	60	4	30,77	3

Технологічна собівартість обробки вказаних поверхонь визначалась за допомогою нормативного методу [8] за формулою

$$C_m = \frac{C_{n-3} \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot k_B} \text{ (грн)}, \quad (2)$$

де C_{n-3} – цехові годинні приведені витрати, грн/год; $T_{шт-к}$ – штучно-калькуляційний час виконання операції, хв; $k_B = 1,3$ – коефіцієнт виконання норм.

Штучно-калькуляційний час визначався за наближеними формулами [7].

На основі проведених розрахунків одержано сумарну величину витрат на виготовлення заготовки, технологічну собівартість обробки найвідповідальніших поверхонь та поверхонь, що підлягають обробці, але відсутні у вихідній заготовці.

Результати розрахунків показані на діаграмах (рис. 2–8).

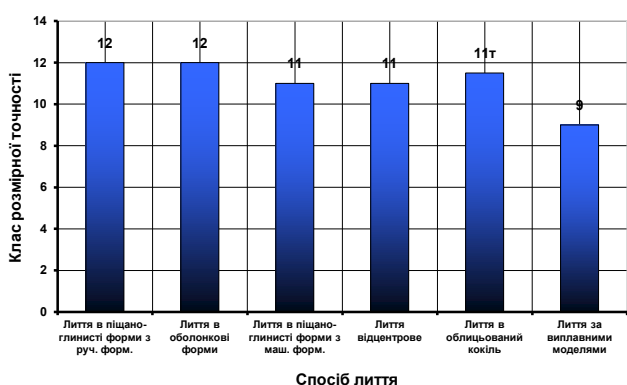


Рисунок 2 – Точність заготовки, виготовленої різними способами лиття

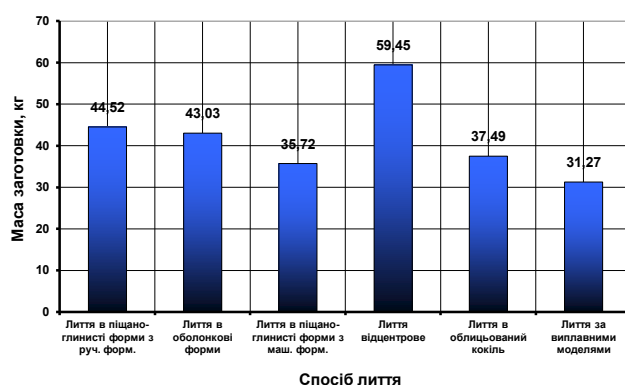


Рисунок 3 – Маса заготовки, виготовленої різними способами лиття

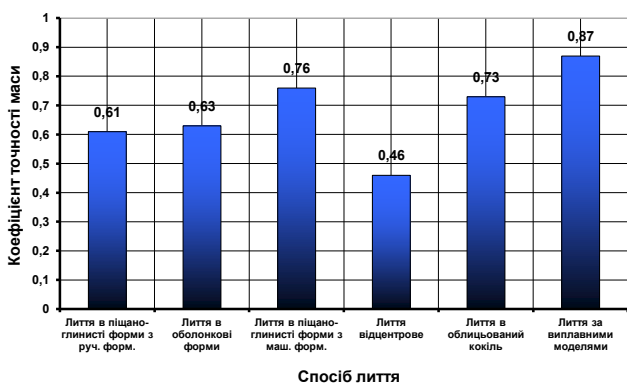


Рисунок 4 – Залежність коефіцієнта точності маси від способу лиття

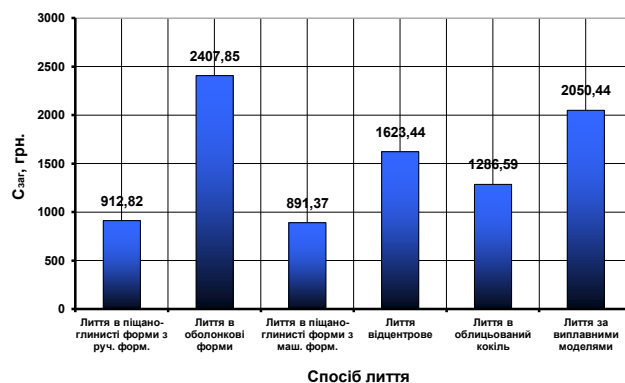


Рисунок 5 – Залежність собівартості виготовлення вихідної заготовки від способу лиття

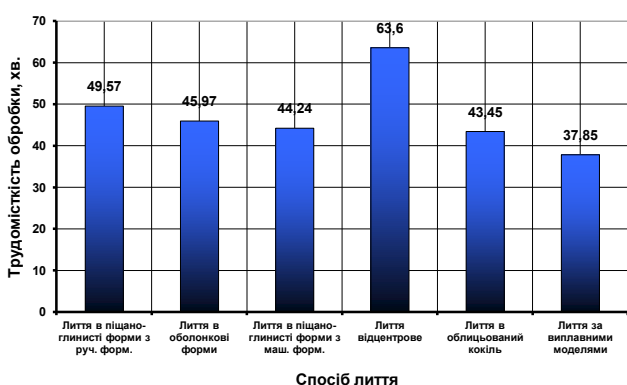


Рисунок 6 – Залежність трудомісткості обробки від способу лиття

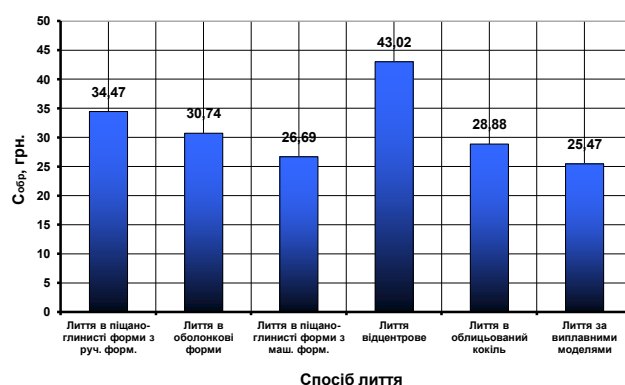


Рисунок 7 – Залежність технологічної собівартості механічної обробки від способу лиття

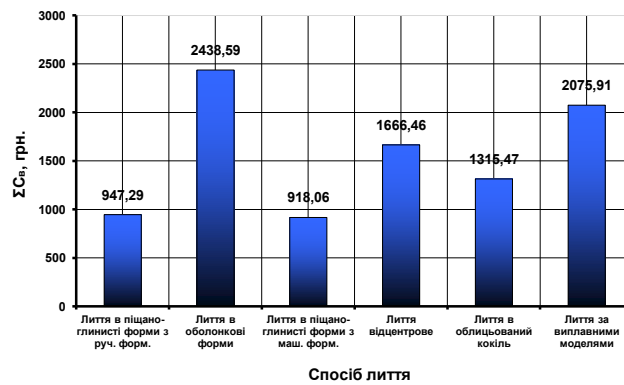


Рисунок 8 – Залежність сумарних витрат на виготовлення заготовки та обробку поверхонь від способу лиття

З наведених діаграм випливає, що за даних технологічних умов найвищу розмірну точність заготовки деталі, що розглядається, забезпечує лиття за виплавними моделями. Окрім того, цей спосіб лиття забезпечує найменшу масу заготовки, найвищий коефіцієнт точності маси (найменші відходи матеріалу в стружку під час механічної обробки), найменші трудомісткість та технологічну собівартість механічної обробки. Разом з тим собівартість виготовлення вихідної заготовки є досить високою (в 2,3 рази більшою, ніж при литті в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші) і тому високими є і загальні витрати (у 2,3 рази більші у порівнянні з литтям в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші). Заготовка, виготовлена литтям в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші, за точністю виготовлення досить близька до виливків, отриманих відцентровим литтям і литтям в облицьований кокіль, але за масою заготовки, коефіцієнтом точності маси, трудомісткістю та технологічною собівартістю механічної обробки є найбільш близькою до виливків, виготовлених литтям в облицьований кокіль та литтям за виплавними моделями. Крім того, собівартість виливка в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші є найнижчою з усіх варіантів лиття і, відповідно, забезпечує найменші загальні витрати і тому для заданих умов цей спосіб лиття є найраціональнішим. 3D-модель заготовки, виготовленої литтям в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші, показана на рис. 9.

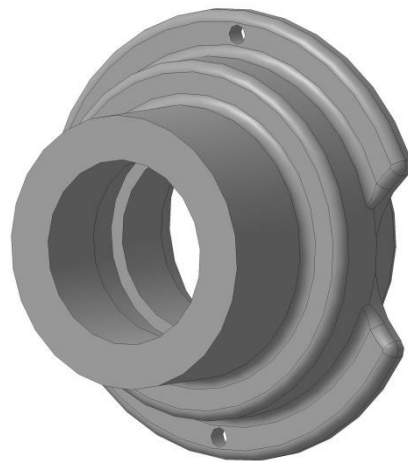


Рисунок 9 – 3D-модель заготовки, виготовленої литтям в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші

ВИСНОВКИ

1. Запропонована методика вибору способу виготовлення литої заготовки на основі порівняння ефективності цих способів за техніко-економічними показниками з урахуванням коефіцієнтів уточнення, що забезпечуються під час виконання переходів подальшої механічної обробки.

2. Для можливих способів виготовлення заготовки на прикладі конкретної деталі визначено необхідні коефіцієнти уточнення і потрібну кількість переходів механічної обробки найточніших її поверхонь. Проведено розрахунки, які дозволили проаналізувати техніко-економічні показники,

забезпечувани розглянутими способами лиття, та вибрати найдоцільніший для заданих технологічних умов, а саме – лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням.

3. Методика може бути використана у машинобудівному виробництві для розв'язання задачі вибору способу виготовлення заготовки, а також у навчальному процесі підготовки бакалаврів і магістрів машинобудівних спеціальностей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Боженко Л. І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні / Л. І. Боженко. – Київ : НМК ВО, 1990. – 264 с.
2. Порівняльний аналіз способів виготовлення заготовки деталі типу «Фланець» [Електронний ресурс] / Ж. П. Дусанюк, О. В. Дерібо, С. В. Репінський, М. С. Плис // Матеріали XLVI науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 22–24 березня 2017 р. – Електрон. текст. дані. – 2017. – Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2017/paper/view/2779>.
3. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку : ГОСТ 26645-85. – [Чинний від 1987-07-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 53 с.
4. Горбачевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения : учебное пособие / А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред. – М. : Альянс, 2007. – 256 с.
5. Дусанюк Ж. П. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки : навчальний посібник / Ж. П. Дусанюк, О. П. Шиліна, С. В. Репінський, С. В. Дусанюк. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 199 с.
6. Комиссаров В. И. Точность, производительность и надежность в системе проектирования технологических процессов / В. И. Комиссаров, В. И. Леонтьев. – М. : Машиностроение, 1985. – 224с.
7. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 123 с.
8. Расчеты экономической эффективности новой техники : Справочник / Под общ. ред. К. М. Великанова. – Л. : Машиностроение. Ленингр. отд., 1990. – 448 с.

REFERENCES

1. Bozhenko L. I. Tekhnolohiia vyrobnytstva zahotovok u mashynobuduvanni / L. I. Bozhenko. – Kyiv : NMK VO, 1990. – 264 s.
2. Porivniialnyi analiz sposobiv vyhotovlennia zahotovky detali typu «Flanets» [Elektronnyi resurs] / Zh. P. Dusaniuk, O. V. Deribo, S. V. Repinskyi, M. S. Plys // Materialy XLVI naukovo-tekhnichnoi konferentsii pidrozdiliv VNTU, Vinnytsia, 22-24 bereznia 2017 r. – Elektron. tekst. dani. – 2017. – Rezhym dostupu : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2017/paper/view/2779>.
3. Otlivki iz metallov i splavov. Dopuski razmerov, massyi i pripuski na mehanicheskuyu obrabotku : GOST 26645-85. – [Chinniy vid 1987-07-01]. – M. : Izd-vo standartov, 1987. – 53 s.
4. Gorbachevich A. F. Kursovoe proektirovanie po tehnologii mashinostroeniya : uchebnoe posobie / A. F. Gorbachevich, V. A. Shkred. – M. : OOO ID «Alyans», 2007. – 256 s.
5. Dusaniuk Zh. P. Proektuvannia ta vyrobnytstvo zahotovok detalei mashyn. Lyti zahotovky : navchalnyi posibnyk / Zh. P. Dusaniuk, O. P. Shylina, S. V. Repinskyi, S. V. Dusaniuk. – Vinnytsia : VNTU, 2009. – 199 s.
6. Komissarov V. I. Tochnost, proizvoditelnost i nadezhnost v sisteme proektirovaniya tehnologicheskikh protsessov / V. I. Komissarov, V. I. Leontev. – M. : Mashinostroenie, 1985. – 224 s.
7. Deribo O. V. Tekhnolohiia mashynobuduvannia. Kursove proektuvannia : navchalnyi posibnyk / O. V. Deribo, Zh. P. Dusaniuk, V. P. Purdyk. – Vinnytsia : VNTU, 2013. – 123 s.
8. Raschetyi ekonomicheskoy effektivnosti novoy tehniki : Spravochnik / Pod obsch. red. K. M. Velikanova. – L. : Mashinostroenie. Leningr. otd-nie, 1990. – 448 s.

Ж. П. Дусанюк¹, О. В. Дерібо¹, С. В. Репінський¹, М. С. Плис¹

ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОСОБІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ ЗА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

¹Вінницький національний технічний університет

Об'єкт дослідження – можливі способи виготовлення заготовки деталі типу «Фланець» литтям.

Мета роботи – розробка методики вибору способу виготовлення литої заготовки на основі порівняння ефективності цих способів за техніко-економічними показниками з урахуванням коефіцієнтів уточнення, що забезпечуються під час виконання переходів подальшою механічною обробкою.

Запропонована методика передбачає виконання таких етапів: вибір можливих способів виготовлення заготовки; вибір показників точності, які можуть бути досягнуті під час виготовлення заготовки цими способами; вибір допусків, припусків, розрахунок розмірів заготовок; розрахунок маси заготовок; визначення коефіцієнтів точності мас і собівартості виготовлення заготовок; визначення для найточніших поверхонь коефіцієнтів уточнення і кількості переходів механічної обробки; визначення трудомісткості механічної обробки з урахуванням трудомісткості формоутворення механічною обробкою тих поверхонь, які деякими варіантами виготовлення вихідної заготовки не забезпечуються.

З використанням запропонованої методики оцінено техніко-економічні показники можливих способів виготовлення заготовки конкретної деталі і вибрано найраціональніший спосіб для заданих технологічних умов.

Ключові слова: заготовка, лиття, способи лиття, норми точності, розміри, маса заготовки, коефіцієнт точності маси, собівартість заготовки, технологічна собівартість механічної обробки, оцінювання ефективності.

Дусанюк Жанна Павлівна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет

Дерібо Олександр Володимирович, кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, e-mail: deriboov@ukr.net;

Репінський Сергій Володимирович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, e-mail: repinskyisv@gmail.com

Плис Максим Сергійович, студент групи ІПМ-17м, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет.

Zh. Dusaniuk¹, O. Deribo¹, S. Repinskyi¹, M. Plys¹

EVALUATION OF EFFECTIVENESS OF MANUFACTURING METHODS BLANKS TRAINING FOR TECHNO-ECONOMIC INDICATORS

¹Vinnitsia National Technical University

The object of the research is the possible ways of manufacturing the blank of the "Flange" type of casting.

The purpose of the work is to develop a methodology for selecting the method for manufacturing cast billets on the basis of a comparison of the efficiency of these methods in terms of technical and economic indicators, taking into account the refinement coefficients provided for performing the transitions of further machining.

The proposed methodology involves the following stages: the choice of possible methods of manufacturing the workpiece; choice of accuracy indicators that can be achieved when manufacturing the workpiece by these methods; selection of tolerances, allowances, calculation of the dimensions of blanks; calculation of the mass of blanks; determination of the coefficients of accuracy of masses and the cost of production of blanks; definition for exact surfaces of refinement coefficients and number of machining transitions; the determination of the laboriousness of machining taking into account the laboriousness of shaping by the machining of those surfaces that are not provided by some variants of the manufacture of the initial blank.

With the use of the proposed method, technical and economic indicators of possible ways of manufacturing a workpiece of a particular component and the chosen optimal method for given technological conditions are estimated.

Key words: blank, casting, ways of making blanks, standards of accuracy, size, mass of blank,

precision mass ratio, blanks costs, technological machining costs.

Dusaniuk Zhanna, Candidate of Science (Engineering), Assistant Professor, Assistant Professor of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineer, Vinnytsia National Technical University

Deribo Oleksandr, Candidate of Science (Engineering), Assistant Professor, Professor of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineer, Vinnytsia National Technical University, e-mail: deriboov@ukr.net

Repinskyi Serhii, Candidate of Science (Engineering), Assistant Professor, Assistant Professor of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineer, Vinnytsia National Technical University, e-mail: repinskyisv@gmail.com

Plys Maksym, Student of the Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University.

Ж. П. Дусанюк¹, А. В. Дерибо¹, С. В. Репинский¹, М. С. Плис¹

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СПОСОБОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАГОТОВКИ ПО ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

¹Винницкий национальный технический университет

Объект исследования – возможные способы изготовления заготовки детали типа «Фланец» литьем.

Цель работы – разработка методики выбора способа изготовления литой заготовки на основе сравнения эффективности этих способов по технико-экономическим показателям с учетом коэффициентов уточнения, обеспечивающихся при выполнении переходов дальнейшей механической обработкой.

Предложенная методика предполагает выполнение следующих этапов: выбор возможных способов изготовления заготовки; выбор показателей точности, которые могут быть достигнуты при изготовлении заготовки этими способами; выбор допусков, припусков, расчет размеров заготовок; расчет массы заготовок; определение коэффициентов точности масс и себестоимости изготовления заготовок; определение для точных поверхностей коэффициентов уточнения и количества переходов механической обработки; определение трудоемкости механической обработки с учетом трудоемкости формообразования механической обработкой тех поверхностей, которые некоторыми вариантами изготовления исходной заготовки не обеспечиваются.

С использованием предложенной методики оценены технико-экономические показатели возможных способов изготовления заготовки конкретной детали и выбран оптимальный способ для заданных технологических условий.

Ключевые слова: заготовка, литье, способы литья, нормы точности, размеры, масса заготовки, коэффициент точности массы, себестоимость заготовки, технологическая себестоимость механической обработки, оценка эффективности.

Дусанюк Жанна Павловна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологий и автоматизации машиностроения, Винницкий национальный технический университет

Дерибо Александр Владимирович, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры технологий и автоматизации машиностроения, Винницкий национальный технический университет, e-mail: deriboov@ukr.net

Репинский Сергей Владимирович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологий и автоматизации машиностроения, Винницкий национальный технический университет, e-mail: repinskyisv@gmail.com

Плис Максим Сергеевич, студент группы 1ПМ-17м, факультет машиностроения и транспорта, Винницкий национальный технический университет