



УДК 621.74.043

DOI: 10.37128/2520-6168-2021-3-10

## УДОСКОНАЛЕННЯ ОПЕРАЦІЇ ГРАТУВАННЯ ПРИ ВИЛИВАННІ МЕЛЮЧИХ КУЛЬ У КОКІЛЬ

Островський Анатолій Йосипович, асистент  
Вінницький національний аграрний університет

Anatoly Ostrovsky, assistant  
Vinnitsia National Agrarian University

Характерною особливістю сучасних галузей промисловості є невідпинне зростання темпів механізації та автоматизації виробничих процесів. Економічне та соціальне значення механізації проявляється у широкому комплексі заходів, зорієнтованих на заміну ручної праці машинами та механізмами, переходом до вищих ступенів механізації, а зрештою і до найвищого ступеня механізації автоматизації.

Сукупний розвиток науки та техніки істотно впливає, як на комплексну, так і на часткову (некомплексну) механізацію виробничих процесів породжуючи збільшення кількості деталей. Значне місце у технології виготовлення деталей займає процес лиття. Близько половини деталей виготовляються з розплаву металів і інших матеріалів.

Одним із розповсюджених способів є кокільне лиття. Оболонки (кокілі) металевих або чавунних форм, для вільного (гравітаційного) наповнення рідким металом, використовуються багаторазово. Застосовуються різні і нерознімі (суцільні) кокілі. Поверхня розкриття розніжного кокілю може бути горизонтальною, вертикальною або комбінованою. Предметом дослідження є кокіль, що складається із двох пів форм із вертикальною поверхнею розкриття та штирями взаємного центрування оболонок.

Широкий спектр підприємств: гірничо-збагачувальні комбінати, цементні заводи, будівельні комбінати, енергогенеруючі компанії і т. д. використовують продукцію лиття у кокілі шари мелючі. Усі види та типорозміри помольних шарів призначені для подрібнення сировини.

Внаслідок різних технічних причин, під час виливання, біля мелючих куль утворюється плівка металу, яка заповнює всю поверхню розкриття розніжного кокілю. Операція зняття грату із шарів мелючих, необхідна для відтворення геометричної форми, вимог якості та міркувань промислової естетики виробу. Виконання такої додаткової операції вимагає колективної роботи працівників із застосуванням фізичної сили та відповідного інструментарію. Теперішня технологія із застосуванням слюсарних інструментів призводить до погіршення зовнішнього вигляду шарів, а іноді до псування виробів.

Суть удосконалення операції, гратування, полягає у застосуванні спеціальної пристособи для даної операції, що у свою чергу створює умови для механізації виробництва мелючих куль.

**Ключові слова:** кулі помольні, молольні кулі, мелючі кулі, мелючі тіла, облой, грат, кокіль, кокільне лиття, вільне заливання, гравітаційне заливання.

**Рис. 5. Літ. 9.**

---

### 1. Постановка проблеми

Сучасна промисловість характеризується численним випуском різноманітних деталей. Достеменно відомо, що майже половина продукції виготовляється литтям. Прогресивним способом є лиття у форми багаторазового використання, тобто кокільне лиття. Констатуємо факт виготовлення відливок як вільне заливання у чавунні чи сталеві форми, що складаються із роз'ємних частин із вертикальною поверхнею контакту, ми спостерігаємо надлишок матеріалу у вигляді плівки (облою). Таким чином наявність надлишкового матеріалу, за межами деталі, викликає необхідність розробки додаткових методів видалення облою (грата).

---

### 2. Аналіз останніх досліджень та публікацій

Дослідження питань виливання мелючих тіл представлені в ряді джерел [1-9]. Зокрема вимогам до властивостей, фазового складу і структури сплавів, що використовуються у якості матеріалів мелючих тіл присвячена стаття українських науковців Фізико-технологічного інституту металів і



сплавів НАН України Ю. В. Моїсєєва та В. А. Твердохвалова [5]. Автори статті проводять теоретичний аналіз процесу виготовлення та переваги низьковуглецевих високохромистих чавунів, а також доцільність отримання литих мелючих тіл із цього матеріалу різними методами лиття.

Переваги та недоліки методів виробництва сталевих мелючих куль та їх порівняльній характеристиці присвячена праця українських науковців І. В. Зенкіна, О. О. Наумова, В. В. Драгобецького, Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. Автори досліджують деформований стан мелючих тіл при об'ємній штамповці [6].

Актуальними й для закордонних науковців виявилися питання промислового випробування інноваційних енергоефективних мелючих тіл. Розробці оптимальної геометричної просторової форми мелючих тіл присвячена праця Петара Бодурова (Petar Bodurov) та Василя Генчева (Vasil Genchev), що була опублікована у журналі *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST)*, №4 (1), январь 2017 під назвою "Industrial Tests with Innovative Energy Saving Grinding Bodies". Автори акцентують увагу на формозміну мелючих тіл сферичної форми із початку використання для подрібнення у кульових млинах барабанного типу руд і інших різновидів мінеральної сировини (1864 р. у США та 1867 р. у Німеччині).

---

### 3. Мета та завдання дослідження

Метою даної статті є порівняння операцій видалення плівки надлишкового матеріалу (грата), що виникає у виливці при кокільному литті. Традиційний спосіб передбачає послідовність дій із застосуванням фізичної сили працівників, які згідно з технологічним процесом руйнують вилівок і лише потім доопрацьовують кожну деталь окремо. Використання слюсарних інструментів вимагає відповідного оснащення робочого місця, спеціальних засобів індивідуального захисту, одягу та взуття. Запропонована нова удосконалена технологія полягає у створенні спеціального пристосування, що геометричною формою схоже на кокіль для відливання мелючих шарів. Послідовність виконання операції гратування виключає застосування слюсарних інструментів, численних непродуктивних рухів та виконується за один робочий рух.

---

### 4. Виклад основного матеріалу

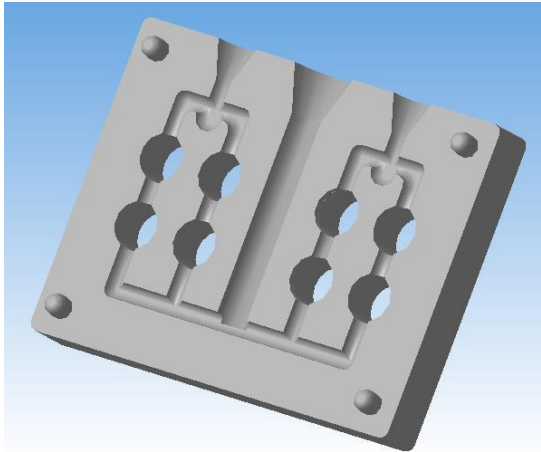
Велика кількість вітчизняних та закордонних підприємств використовують процес подрібнення в енергетиці, металургії, теплоенергетиці, гірничо-збагачувальній, вугільній, хімічній, будівельній та інших галузях промисловості. Шляхом руйнування дрібно дроблених фракцій у спеціальному устаткуванні для тонкого помелу, створюють дисперсійне середовище потрібного ступеня кратності здрібнення. Подрібнювачами для сипучих матеріалів (вугілля, руд, будівельних матеріалів та ін.) служать апарати спеціальної конструкції. Здрібнення матеріалів відбувається з метою концентрації (істотного збільшення) цінних компонентів або для лабораторних досліджень. Розрізняють машини (млини) для процесів сухого і мокрого помолу. Типи млинів бувають барабанні (гравітаційні), які використовують мелючі тіла у вигляді куль, стрижнів, роликів, цильпесів; вібраційної дії (інерційні та гіраційні); з використанням відцентрових сил; маятникові конструкції (молоткові, пальцеві, аеробильні, вихрові) і ін. Найчастіше подрібнення мінеральної сировини здійснюється у машинах окремої конструктивної групи - млинах барабанного типу. Такі млини класифікуються за ознаками застосування мелючих тіл і поділяються відповідно на кульові, стрижневі, рудно-галькові та ін. Характерною особливістю барабанних млинів є їх конструкція, що є прообразом прямого кругового порожнистого циліндра (одна з основних деталей конструкції), який обертається навколо своєї осі. Доцільно виділити в окрему групу надзвичайно широкий діапазон машин, які у світовій практиці набули широке застосування, йдеться про кульові млини. Кульове подрібнення характерне для барабанних млинів із розвантаженнями, центральним та через решітки. Подрібнення дробленої маси у кульових млинах здійснюється в одну чи декілька стадій мелючими тілами у вигляді куль різного діаметра, які виготовлені із різних матеріалів.

Актуальною є задача механізації операції гратування при виготовленні мелючих тіл. У виливках молільних куль облой металу утворюється між поверхнями частин форми, що контактують одна з одною. Такі незаплановані втрати матеріалу призводять до необхідності додаткових операцій для видалення надалі надлишкового розплаву. Виникаючи навколо виливка кулі внаслідок різних технічних причин, таких як зсув частин ливарної форми роз'ємного кокілю із вертикальною поверхнею роз'єму, дефектів поверхонь та забруднення, температурних факторів пов'язаних із розширенням металевих частин, що перевищує зусилля стиснення і витримки та ін. Основні методи видалення грату полягають у руйнуванні структури виливки із подальшою обробкою кожної окремо взятої деталі.

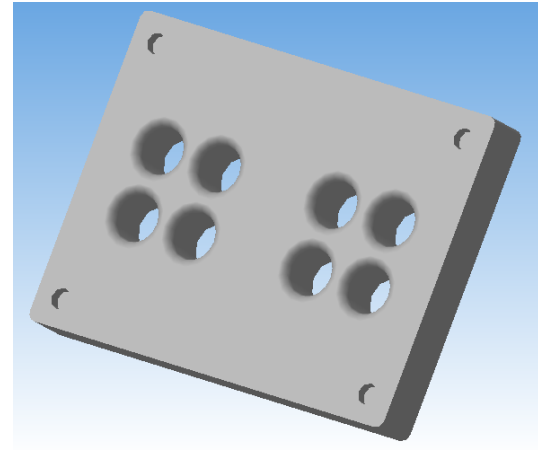


Процес виконання операції відбувається на дільниці спеціально обладнаних робочих місць. Руйнуючи вилівок із застосуванням фізичної сили, а потім доопрацьовуючи кожну деталь окремо за допомогою слюсарних інструментів працівники витрачають енергію на малопродуктивні та шкідливі для здоров'я рухи, що пов'язані із вібрацією та ударними навантаженнями.

Пропонується схема, яка забезпечить механізацію операції гратування на даному виробництві. Нова розробка полягає у застосуванні раніше виготовленої конструкції металевої багаторазової ливарної форми, яка складається із двох частин рис. 1 і рис. 2.

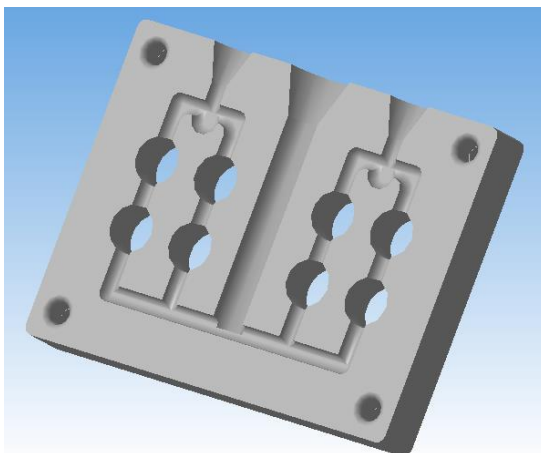


а

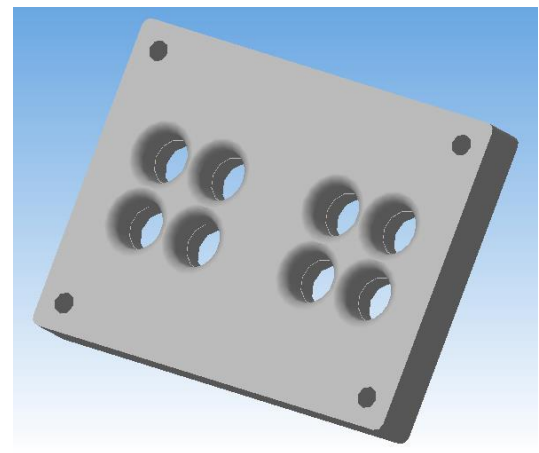


б

**Рис. 1. Верхня частина матриці:**  
а – лицева сторона; б – зворотна сторона



а



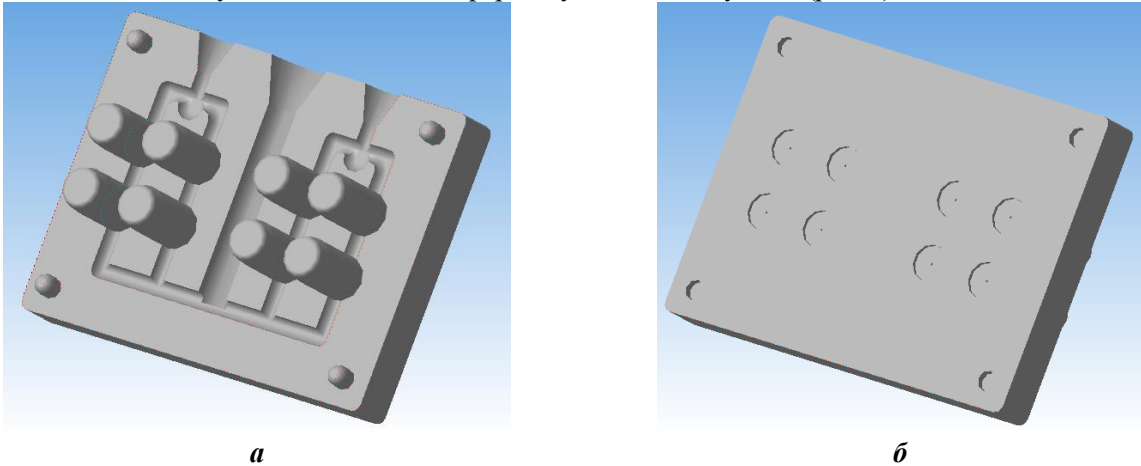
б

**Рис. 2. Нижня частина матриці:**  
а – лицева сторона; б – зворотна сторона

Дві роз'ємні частини ливарної форми, враховуючи конфігурацію відливки, свердлять у такій послідовності: в одній із частин виконують циліндричний наскрізний круглий отвір, а в іншій – конічний. Конічне розширення, що забезпечує можливість видалення деталі із порожнини штампа, спрямоване назовні щодо площини змикання половинок кокілю. З огляду на положення кокілю при виконанні операції гратування на пресі, форма має бути розміщена таким чином щоб площина змикання була розміщена горизонтально, а частина ливарної форми, що одночасно слугує матрицею, із конічними отворами була розміщена унизу.

Для розділення молільних куль від оболу важливу роль відіграє пуансон. Підходячи до проєктування даних деталей індивідуально із метою оптимізації затрат на виготовлення пуансону та з огляду на функціонал системи пуансон-матриця, ефективним рішенням буде використання одної із двох частин ливарної форми аналогічно, як для матриці. Таким чином швидкість виконання технологічного оснащення за

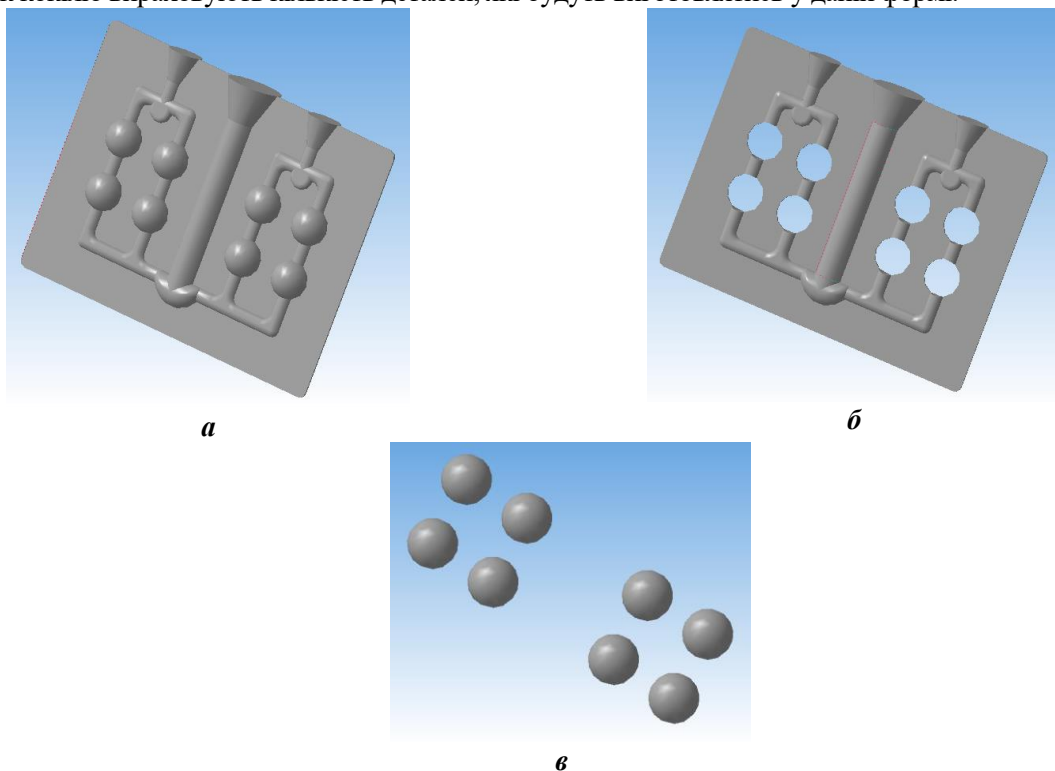
допомогою якого деталі набувають оптимальної форми суттєво збільшується (рис. 3).



*Рис. 3. Пуансон: а – лицева сторона; б – зворотна сторона*

Конструктивна частина штапу (пуансон) складається із базової деталі (частини ливарної форми) і металевих стрижнів, що безпосередньо контактують із молочними кулями, які у формі вилівка разом із плівкою надлишкового металу (грату) мають бути розміщені усередині матриці (планомірно і послідовно доопрацьованій ливарній формі). Завершальним етапом у виготовленні металевої конструкції пуансону є кріплення стрижнів. Заглиблення у формі півкулі на одній із частин кокілю слугують центрами отворів для закручених нарізних кінців циліндричних стрижнів пуансону (один із можливих способів кріплення).

Отже, даний штамп має дві площини розняття (дві оболонки матриці та пуансон-матриця), але число робочих елементів, що входять в отвори та контактують із мелочими кулями буде залежати від геометричних параметрів куль, що передбачені стандартами. Державний стандарт України (ДСТУ) передбачає виготовлення мелочих куль із умовним діаметром від 20 до 70 міліметрів з інтервалом через 5 міліметрів та від 70 до 120 міліметрів з інтервалом 10 міліметрів. Відповідно до діаметра кулі та оптимальних характеристик кокілю вираховують кількість деталей, які будуть виготовлятися у даній формі.



*Рис. 4. Кроки формоутворення: а – вилівка; б – грат; в – деталі*

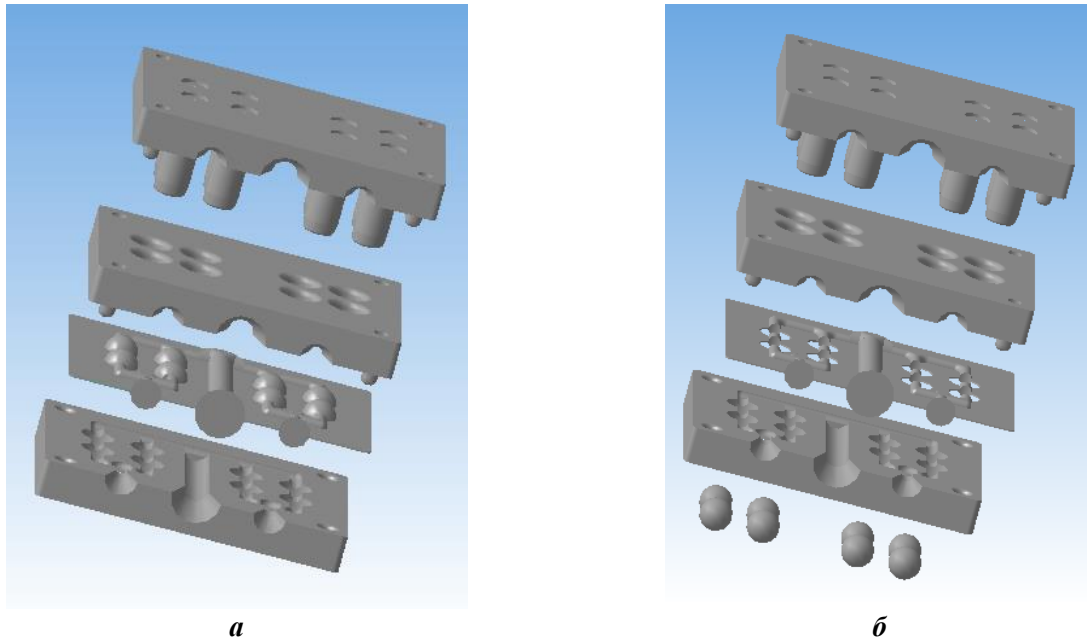


Рис. 5 Послідовність виконання операції: а – вихідне положення; б – гратування

## 5. Висновки

Експериментальні дослідження операції гратування мелючих шарів виявили низку непродуктивних рухів ручної праці. При подальшому аналізі процесу видалення облою з поверхні шарів було встановлено, що актуальним є не тільки питання організації робочого процесу працівників, а цілий комплекс заходів, які будуть сприяти заміні ручних операцій машинами.

Зазначені проблеми та процес їх усунення потребують формування нової схеми видалення тонкої плівки надлишкового металу із застосуванням нового спеціально розробленого для даної операції пристосування. Основними інструментами при виконанні операції гратування є пуансон і матриця, які частково виготовлені із самого кокілью (матриця) із певними змінами геометричної форми.

Активізації інноваційного рішення сприяло застосування Теорії розв'язку винахідницьких задач (ТРИЗ), а саме в частині усунення протиріч всередині технічної системи. Принцип універсальності, коли об'єкт (кокілю) виконує декілька різних функцій (форма для лиття та матриця), завдяки чому відпадає необхідність в інших об'єктах.

Критично проаналізувавши ідею видалення тонкої плівки надлишкового металу, що заповнює вертикальну площину роз'єму кокілью і надалі стає об'єктом додаткових операцій та призводить до погіршення зовнішнього вигляду шарів, за допомогою слюсарних інструментів, була запропонована нова ідея. Для осучаснення технології та активізації потенціалу із метою досягнення високотехнологічного виробництва, а також із перспективою повної автоматизації процесу була запропонована механізована операція гратування.

## Список використаних джерел

1. Незвичайний млин створили вінницькі студенти : веб-сайт. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=CbFoxjW0Fug> (Дата звернення: 25.09.2021).
2. Ливарне виробництво : веб-сайт. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%BD%D0%B5\\_%D0%B2\\_%D0%B8%D1%80%D0%BE\\_%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%82%D0%B2%D0%BE](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%BD%D0%B5_%D0%B2_%D0%B8%D1%80%D0%BE_%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%82%D0%B2%D0%BE) (Дата звернення: 25.09.2021).
3. Гіраційний млин : пат. 106885 Україна. № 201511144 ; заявл. 13.11.2015, Бюл. № 9. 4 с. URL: <https://uapatents.com/4-106885-giracijnij-mlin.html> (дата звернення: 25.09.2021).
4. Vasil Genchev, Petar Bodurov. Industrial Tests with Innovative Energy Saving Grinding Bodies : веб-сайт. URL: <https://www.jmest.org/vol-4-issue-1-january-2017/> (дата звернення: 24. 09.2021).
5. Моисеев Ю. В., Твердохвалов В. А. Литые мелющие тела : веб-сайт. URL: <http://dspace.nbuu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/163243/03-Moiseev.pdf?sequence=1> (дата звернення: 24. 09.2021).
6. Зенкин И. В., Наумов О. О., Драгобецкий В. В. Исследование деформированного состояния при объемной штамповке мелющих тел : веб-сайт. URL: <http://visnikkrmu.kdu.edu.ua/statti/97-1-2016.pdf> (дата



звернення: 24. 09.2021).

7. ДСТУ 8538:2015. Кулі молотні сталеві для кульових млинів; чинний від 2016-07-01. Веб-сайт. URL: <https://energosteel.com/uk/dstu-8538-2015-kuli-mololni-stalevi-dlya-kulovih-mliniv/> (дата звернення: 23.09.2021).
8. Островський А. Й. Модернізація шаблону для розмічання листових заготовок виробів найпоширеніших просторових форм. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2021. № 1 (112). С. 53–59.
9. Казанцев С. П., Фурман Е. Л. Специальные виды литья Часть 3. Литье в кокиль, классификация металлических форм, конструкции по признакам и разновидностям. Екатеринбург. 2017. с. 108.

#### References

- [1] Nezvychnyy mlyn stvoryly vinnys'ki studenty : veb-sayt. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=CbFoxjW0Fug> (Data zvernennya: 25.09.2021). [in Ukrainian].
- [2] Lyvarne vyrobnytstvo : veb-sayt. URL: : [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%BD%D0%B5\\_%D0%B2%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%82%D0%B2%D0%BE](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%BD%D0%B5_%D0%B2%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%82%D0%B2%D0%BE) (Data zvernennya: 25.09.2021). [in Ukrainian].
- [3] Hiratsiynyy mlyn : pat. 106885 Ukrayina. № 201511144 ; zayavl. 13.11.2015, Byul. № 9. 4 s. URL: <https://uapatents.com/4-106885-giracijjnnij-mlin.html> (data zvernennya: 25.09.2021). [in Ukrainian].
- [4] Vasil Genchev, Petar Bodurov. Industrial Tests with Innovative Energy Saving Grinding Bodies. URL: <https://www.jmest.org/vol-4-issue-1-january-2017/> (dani zvernennya: 24. 09.2021). [in English].
- [5] Moiseyev, YU. V., Tverdokhvalov, V. A. Lityye melyushchiye tela : veb-sayt. URL: <http://dspace.nbu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/163243/03-Moiseev.pdf?sequence=1> (data zvernennya: 24. 09. 2021). [in Ukrainian].
- [6] Zenkin I. V., Naumov O. O., Dragobetskiy V. V. Issledovaniye deformirovannogo sostoyaniya pri ob'yemnoy shtampovke melyushchikh tel : veb-sayt. URL: <http://visnikkrrnu.kdu.edu.ua/statti/97-1-2016.pdf> (data zvernennya: 24. 09.2021). [in Ukrainian].
- [7] DSTU 8538:2015. Kuli molol'ni stalevi dlya kul'ovykh mlyniv; chynnyy vid 2016-07-01. Veb-sayt. URL: <https://energosteel.com/uk/dstu-8538-2015-kuli-mololni-stalevi-dlya-kulovih-mliniv/> (data zvernennya: 23.09.2021). [in Ukrainian].
- [8] Ostrovs'kyy, A. Y. (2021). Modernizatsiya shablonu dlya rozmichannya lystovykh zahotovok vyrobiv nayposhyrenishykh prostorovykh form. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK*. № 1 (112). 53–59. [in Ukrainian]
- [9] Kazantsev, S. P., Furman, Ye. L. (2017). Spetsial'nyye vidy lit'ya Chast' 3. Lit'ye v kokil', klassifikatsiya metallicheskiykh form, konstruksii po priznakam i raznovidnostyam. Ekaterynburh. [in Russian].

#### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОПЕРАЦИИ СНЯТИЯ ОБЛОЯ ПРИ ВЫЛИВАНИИ МЕЛЮЩИХ ШАРОВ В КОКИЛЬ

*Характерной особенностью современных отраслей промышленности является постоянный рост темпов механизации и автоматизации производственных процессов. Экономическое и социальное значение механизации проявляется в широком комплексе мероприятий, ориентированных на замену ручного труда машинами и механизмами, переходом к более высоким степеням механизации, а в итоге и к высокой степени механизации автоматизации.*

*Совокупное развитие науки и техники существенно влияет как на комплексную, так и на частичную механизацию производственных процессов порождая увеличение количества деталей. Значительное место в технологии изготовления деталей занимает процесс литья. Около половины деталей изготавливаются из расплава металлов и других материалов.*

*Одним из распространенных способов является кокильное литье. Оболочки (кокили) металлических или чугунных форм для свободного (гравитационного) наполнения жидким металлом, используются многократно. Применяются разъемные и неразъемные (сплошные) кокили. Поверхность раскрытия разъемного кокиля может быть горизонтальной, вертикальной или комбинированной. Предметом исследования является кокиль, состоящий из двух полуформ с вертикальной поверхностью раскрытия и штырями взаимного центрирования оболочек.*

*Широкий спектр предприятий: горно-обогатительные комбинаты, цементные заводы, строительные комбинаты, энергогенерирующие компании и т. д. используют продукцию литья в кокили шары мелющие. Все виды и типоразмеры помольных шаров предназначены для измельчения сырья.*

*Вследствие различных технических причин, во время выливания, у мелющих шаров образуется*



пленка металла, которая заполняет всю поверхность раскрытия разъемного кокиля. Операция снятия грата из шаров мелющих необходима для воспроизведения геометрической формы, требований качества и соображений промышленной эстетики изделия. Выполнение такой дополнительной операции требует коллективной работы сотрудников с применением физической силы и соответствующего инструментария. Существующая технология с применением слесарных инструментов приводит к ухудшению внешнего вида шаров, а иногда к порче изделий.

Суть усовершенствования операции гратования заключается в применении специально сконструированного приспособления для данной операции, в свою очередь создает условия для механизации производства мелющих шаров.

**Ключевые слова:** шары помольные, мелющие шары, мелющие шары, мелющие тела, облой, грат, кокиль, кокильное литье, свободные заливки, гравитационное литье.

**Рис. 5. Лум. 9.**

### IMPROVEMENT OF RESCUE OPERATION WHEN POSTING GRINDING BALLS INTO A DIGGER

A characteristic feature of modern industries is the steady growth of mechanization and automation of production processes. The economic and social significance of mechanization is manifested in a wide range of measures aimed at replacing manual labor with machines and mechanisms, the transition to higher levels of mechanization, and ultimately to the highest degree of mechanization of automation.

The combined development of science and technology significantly affects both complex and partial (non-complex) mechanization of production processes, generating an increase in the number of parts. A significant place in the technology of manufacturing parts is the casting process. About half of the parts are made of molten metals and other materials.

One of the common methods is die casting. Shells (molds) of metal or cast iron molds, for free (gravitational) filling with liquid metal, are used repeatedly. Detachable and non-removable (solid) molds are used. The opening surface of the detachable mold can be horizontal, vertical, or combined. The subject of the study is a mold, which consists of two half-shapes with a vertical opening surface and pins of mutual centering of the shells.

A wide range of enterprises: mining and processing plants, cement plants, construction plants, energy generating companies, etc. use the products of casting in the mold grinding layers. All types and sizes of grinding layers are intended for grinding of raw materials.

Due to various technical reasons, during casting, a metal film is formed near the grinding balls, which fills the entire surface of the opening of the detachable mold. The operation of removing the lattice from the grinding layers is necessary to reproduce the geometric shape, quality requirements and considerations of industrial aesthetics of the product. Performing such an additional operation requires the collective work of employees with the use of physical force and appropriate tools. Existing technology with the use of metalwork tools leads to a deterioration in the appearance of the layers, and sometimes to damage the products.

The essence of improving the lattice operation is to use a specially designed device for this operation, which in turn creates the conditions for mechanization of the production of grinding balls.

**Key words:** grinding balls, grinding balls, grinding balls, grinding bodies, round, lattice, chill mold, chill casting, free pouring, gravitational pouring.

**Fig. 5. Ref. 9.**

### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

**Островський Анатолій Йосипович** – асистент кафедри «Машин та обладнання сільськогосподарського виробництва» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, email: [anatol.u.ostrowski@gmail.com](mailto:anatol.u.ostrowski@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0001-5700-3593>).

**Островский Анатолий Иосифович** – ассистент кафедры «Машин и оборудования сельскохозяйственного производства» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, м. Винница, 21008, Украина, email: [anatol.u.ostrowski@gmail.com](mailto:anatol.u.ostrowski@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0001-5700-3593>).

**Anatoliy Ostrovsky** – Assistant of the Department "Machinery and Equipment for Agricultural Production" of the Vinnytsia National Agrarian University (3, Solnechnaya St., Vinnitsa, 21008, Ukraine, email: [anatol.u.ostrowski@gmail.com](mailto:anatol.u.ostrowski@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0001-5700-3593>).