

УДК 621.746.43

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2020.3\(34\).108-117](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2020.3(34).108-117)

С.В. Конончук, доц., канд. техн. наук, **О.В. Скрипник**, доц., канд. техн. наук,
В.В. Свяцький, доц., канд. техн. наук, **В.В. Пукалов**, доц., канд. техн. наук
*Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький,
Україна*
*e-mail: kononchuk_s@ukr.net, skripnik1966@ukr.net, svv_iamph@ukr.net,
pukalovvictor@gmail.com*

Дослідження впливу конструкції шлаковловлювача на ефективність затримки шлаку в середовищі параметричного моделювання SolidWorks Flow Simulation

В статті досліджено вплив конструкції шлаковловлювача на ефективність затримки шлаку. В САЕ-модулі параметричного моделювання SolidWorks Flow Simulation підтверджено можливість зменшення швидкості руху розплаву за рахунок використання шлаковловлювача з гальмуючими ребрами. Запропоновано оригінальну конструкцію ребристого шлаковловлювача, яка забезпечує вловлювання шлаків та плавне заповнення форми сплавом за рахунок зниження швидкості руху розплаву без додаткових витрат металу. Встановлено, що швидкість потоку по висоті перерізу запропонованого ребристого шлаковловлювача менша на 0,028 м/с або 14,5 % у порівнянні з традиційним. З використанням надрукованого на 3D принтері ребристого шлаковловлювача була виготовлена ливарна форма, яка показала задовільну формувальну здатність.

шлаковловлювач, шлакова раковина, шлакове включення, швидкість спливання, ливниково-живильна система, 3D-модель, витрата металу, піщано-глиниста суміш, формувальна здатність

С.В. Конончук, доц., канд. техн. наук, **О.В. Скрипник**, доц., канд. техн. наук, **В.В. Свяцький**, доц., канд. техн. наук, **В.В. Пукалов**, доц., канд. техн. наук
Центральноукраїнський національний технічний університет, г. Кропивницький, Україна

Исследование влияния конструкции шлакоуловителя на эффективность задержки шлака в среде параметрического моделирования SolidWorks Flow Simulation

В статье исследовано влияние конструкции шлакоуловителя на эффективность задержки шлака. В САЕ-модуле параметрического моделирования SolidWorks Flow Simulation подтверждена возможность уменьшения скорости движения расплава за счет использования шлакоуловителя с тормозящими ребрами. Предложена оригинальная конструкция ребристого шлакоуловителя, которая обеспечивает улавливание шлаков и плавное заполнение формы сплавом за счет снижения скорости движения расплава без дополнительных затрат металла. Установлено, что скорость потока по высоте сечения предложенного ребристого шлакоуловителя меньше на 0,028 м/с или 14,5 % по сравнению с традиционным. С использованием напечатанного на 3D принтере ребристого шлакоуловителя была изготовлена литейная форма, которая показала удовлетворительную формовочную способность.

шлакоуловитель, шлаковая раковина, шлаковое включение, скорость течения, литниково-питающая система, 3D-модель, расход металла, песчано-глинистая смесь, формовочная способность

Постановка проблеми. Найбільш поширеною технологією виготовлення металевих деталей і заготовок є лиття. Високотехнологічні галузі машинобудування потребують виготовлення якісних виливків складної конфігурації з сучасних сплавів із заданим хімічним складом та механічними властивостями. Важливу роль у формуванні якості виливків відіграє ливниково-живильна система (ЛЖС). Поширеними технологічними заходами боротьби з шлаковими включеннями є підготовка металу

перед заливкою (рафінування і дегазація, вистоювання для спливання шлаку, видалення шлаку, застосування чистих, не окислених матеріалів), спокійне безперервне заливання металу та правильно спроектована ЛЖС, особливо, такий важливий її елемент, як шлаковловлювач. Тому дослідження впливу конструкції елементів ЛЖС на якість литва є актуальними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Використання шлаковловлювачів дозволяє відокремити розплав від шлаків внаслідок різниці їх густини. ЛЖС повинна бути побудована таким чином, щоб частки шлаків, що попадають разом з металом з ковша, і великі частки формувальної суміші, що відділяються від стінок її каналів, були затримані та не потрапили в порожнину форми.

Для зменшення швидкості руху розплаву на виході з живильників використовують, гальмуючі елементи, дроселі, ступінчасті, зубчасті, відцентрові шлаковловлювачі, дощові, сифонні, ярусні ЛЖС, тощо [1].

Найпоширеніше застосування наступних ливникових систем: гальмуючих [2], у яких ливниковий хід складається із двох або більше колін, що розташовуються в різних половинах форми й спрямованих під кутом один до одного (рис. 1, а); дросельних [3], у яких між стояком і живильником передбачаються вузькі щілиноподібні канали, що забезпечують спокійний вхід металу у форму (рис. 1, б); з примусовим заповненням шлаковловлювача [1], у яких сплав не може потрапити в форму, не заповнивши попередньо поперечний переріз шлаковловлювача (рис. 1, в, г); з відцентровими шлаковловлювачами [1], у яких метал подається по дотичній у периферійну частину круглої бобишки і далі витікає також по дотичній, причому площа перерізу відповідного каналу менше, ніж у підвідного (рис. 1, д); з фільтрувальними сітками [1] з кераміки, металеві або з вогнетривкої тканини (рис. 1, е).

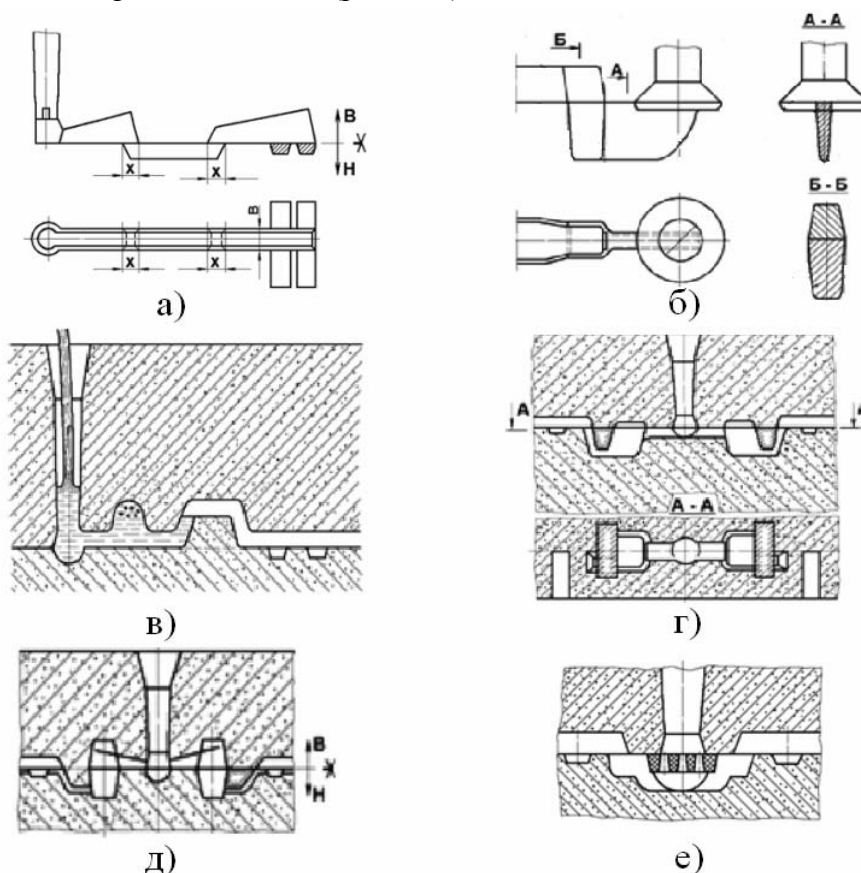


Рисунок 1 – Схеми ливникових систем: а) – гальмуюча; б) – дросельна; в), г) – з примусовим заповненням шлаковловлювача; д) – з відцентровим шлаковловлювачем; е) – з фільтрувальною сіткою
 Джерело: [1, 2, 3]

При русі сплаву по шлаковловлювачу зважена частка шлаків спливе нагору. Для забезпечення спливання шлаку необхідно, щоб ця частка спливла до верхньої поверхні шлаковловлювача, не доходячи з потоком сплаву до першого живильника. Виходячи із цього для визначення довжини шлаковловлювача до першого живильника $l_{ш}$ можна використовувати наступну формулу [4]:

$$l_{ш} = 1,2h_{ш} \cdot V_{ш} / V_{ч}, \quad (1)$$

де $h_{ш}$ – висота шлаковловлювача;

$V_{ш}$ – швидкість сплаву в шлаковловлювачі;

$V_{ч}$ – швидкість спливання шлакової частки.

Згідно з [5] довжина шлаковловлювача до першого живильника також прямо пропорційна швидкості потоку металу.

Проте, проведення експериментальних досліджень при варіюванні конструкції шлаковловлювача призводить до зростання кількості натурних експериментів, враховуючи їх складність, обмежене великими труднощами. З іншого боку, комп'ютерне моделювання потоку в каналах ЛЖС дозволяє дослідити вплив конструкції шлаковловлювача на швидкість потоку розплаву в ливниках ще на етапі проектування і значно скоротити витрати на впровадження у виробництво нових виливків.

Постановка завдання. Таким чином, метою даної роботи є розробка конструкції шлаковловлювача, який забезпечує надійне вловлювання шлаків, зниження швидкості руху розплаву в ливниках та плавне заповнення форми без додаткових витрат металу на основі дослідження впливу конструкції шлаковловлювача на швидкість розплаву в середовищі параметричного моделювання SolidWorks Flow Simulation.

Виклад основного матеріалу. Для досягнення вказаної мети запропоновано оригінальну конструкцію ребристого шлаковловлювача (рис. 2)

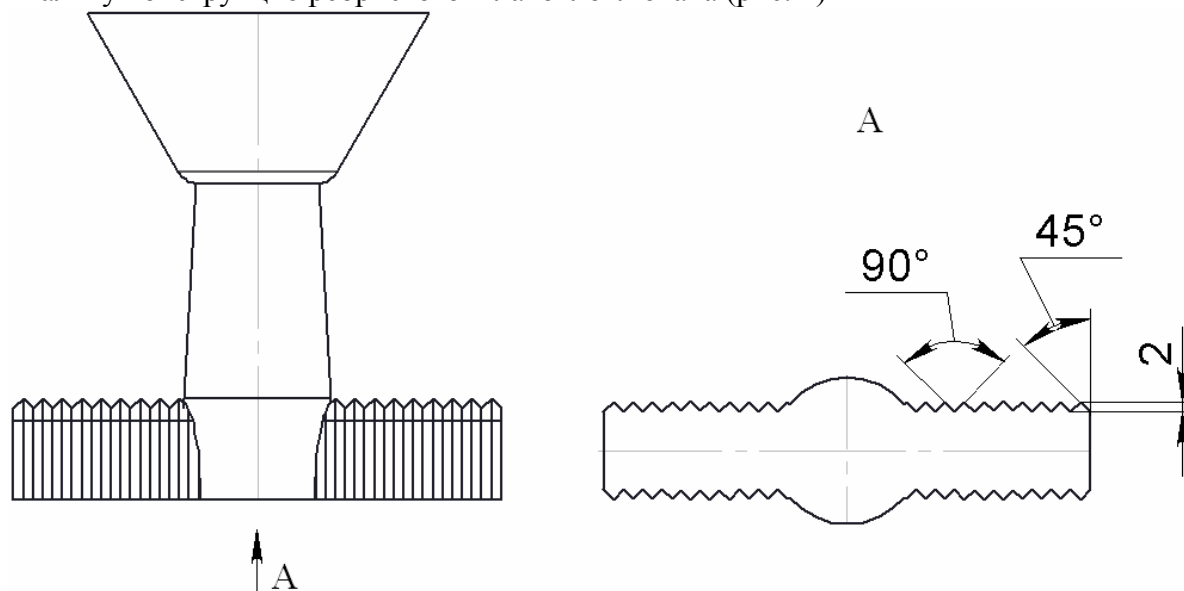


Рисунок 2 – Ребристий шлаковловлювач

Джерело: розроблено авторами

В запропонованій конструкції на бокових і верхній поверхнях трапецевидного шлаковловлювача з однаковим кроком нанесені ребра. Ребриста поверхня при заливці створює додатковий опір руху металу, гальмуючи його. Навколо стінок каналу шлаковловлювача утворюється область з низькою швидкістю руху розплаву. Величина даної області визначається висотою ребер.

Порівняльний аналіз ефективності ребристого шлаковловлювача у порівнянні з традиційним здійснювали в середовищі параметричного моделювання SolidWorks Flow Simulation [6].

Flow Simulation є програмним забезпеченням, повністю інтегрованим в SolidWorks. Flow Simulation дозволяє розраховувати рух текучих середовищ (газу або рідини) всередині моделей SolidWorks, досліджувати обтікання моделей SolidWorks потоком текучого середовища, вирішувати задачі теплообміну за рахунок конвекції і випромінювання, а також проводити розрахунок теплопровідності в твердих тілах. Розрахунки здійснюються методами обчислювальної гідродинаміки, що забезпечує високу ступінь достовірності отриманих результатів. Характерною особливістю Flow Simulation є інтуїтивно зрозумілий і зручний інтерфейс, який включає в себе: препроцесор для введення початкових даних, необхідних для розрахунку (в тому числі, інженерну базу даних з властивостями різних речовин); монітор для спостереження і контролю за розрахунком; постпроцесор для перегляду отриманих результатів [6].

Таким чином, у нас є можливість моделювання руху течії розплаву всередині каналів шлаковловлювачів різних конструкцій та порівняння отриманих результатів.

Спочатку необхідно спроектувати 3D-моделі досліджуваних ЛЖС (рис. 3 – 4).

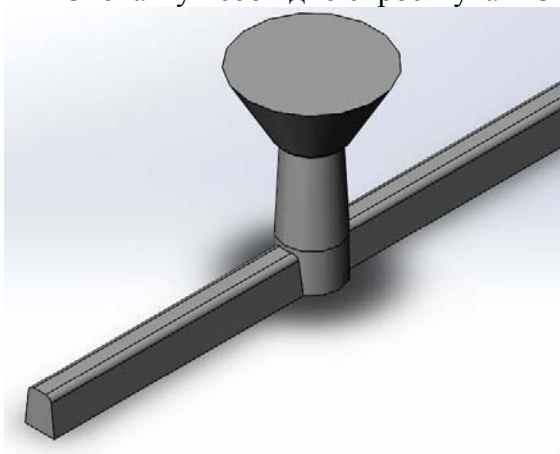


Рисунок 3 – 3D-модель ЛЖС з традиційним шлаковловлювачем

Джерело: розроблено авторами

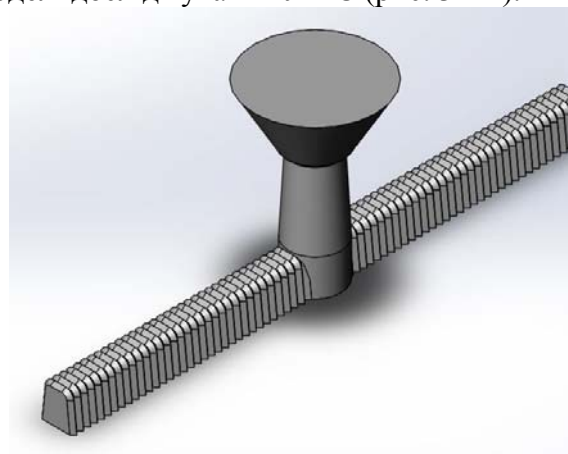


Рисунок 4 – 3D-модель ЛЖС з ребристим шлаковловлювачем

Джерело: розроблено авторами

За допомогою інструмента «Масові характеристики» визначаємо масу розроблених 3D-моделей. Маса ЛЖС з традиційним шлаковловлювачем складає $m_{ш.т} = 1,3284$ кг; маса ЛЖС з ребристим шлаковловлювачем складає $m_{ш.р} = 1,4265$ кг. Таким чином ребристий шлаковловлювач однакової довжини важчий за традиційний на $1,4265 - 1,3284 = 0,0981$ кг, або $(1,4265 - 1,3284) \cdot 100\% / 1,4265 = 6,88\%$.

Далі необхідно задати розрахункову область, яка являє собою простір, в якому проводяться розрахунки течії. При створенні проекту за допомогою майстра проекту, Flow Simulation автоматично генерує розрахункову область, що обмежена стінками моделі. Розрахункова область будується як для тривимірних, так і для двовимірних задач. У внутрішніх задачах границі розрахункової області охоплюють всю модель, тобто області текучого середовища і стінки моделі.

Далі необхідно задати загальні параметри, параметри рідини, початкові і граничні умови, умови на стінках.

В якості граничних умов на вході в ЛЖС на верхній площині ливникової воронки задаємо масову витрату металу. Ця величина визначається відношенням маси металу, що поступає через шлаковловлювач G_m до часу $\tau_{онт}$ заливки форми: $M = G_m / \tau_{онт} = 2,42 \cdot 2 / 5,4 = 0,9$ кг/с.

В якості граничних умов на виході з ЛЖС на зовнішніх торцевих поверхнях шлаковловлювача задаємо параметри навколишнього середовища : тиск $p = 101325$ Па; температура $T = 293,15$ К.

Далі натискаємо кнопку «Запустити» і програма Flow Simulation автоматично створює розрахункову сітку і здійснює розрахунок. За необхідності можна відкоригувати та настроїти розрахункову сітку, задати точність.

Після завершення розрахунків з'являється можливість вивести результати розрахунку зміни параметрів на розрахунковій сітці, в окремих вибраних точках розрахункової області, поверхневі параметри, об'ємні параметри, ізоповерхні параметрів, траєкторії руху як усього потоку рідини, так і окремих його часток.

Нас цікавлять траєкторії потоку розплаву в каналах звичайного і ребристого шлаковловлювачів, а також зміна середньої швидкості потоку і зміна швидкості по перерізу шлаковловлювача (рис 5).

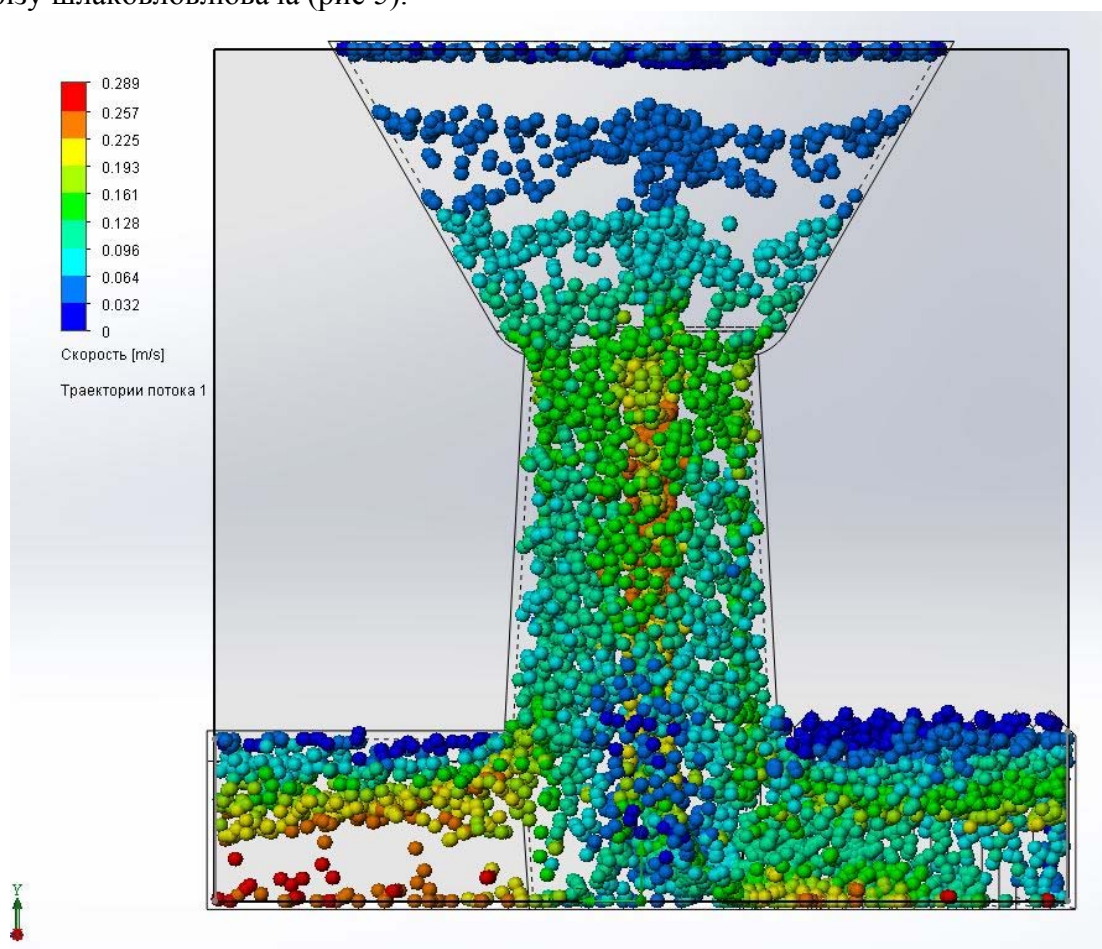


Рисунок 5 – Траєкторії та розподіл швидкості потоків в повздовжніх перерізах звичайного (зліва) і ребристого (справа) шлаковловлювачів

Джерело: розроблено авторами

Результати розрахунку можна вивести у вигляді анімації чи табульованого звіту. Крім того можна задати датчики у вигляді окремих точок чи відрізків у розрахунковій області та отримати графіки зміни вибраного параметра залежно від місця вимірювання. Також є опція експорту побудованих графіків в Microsoft Excel.

Для дослідження зміни швидкості на виході по перерізу каналу шлаковловлювача з обох торців по центру перерізів побудуємо прямі відрізки, на яких визначимо швидкість потоку на виході з шлаковловлювача (рис.6).

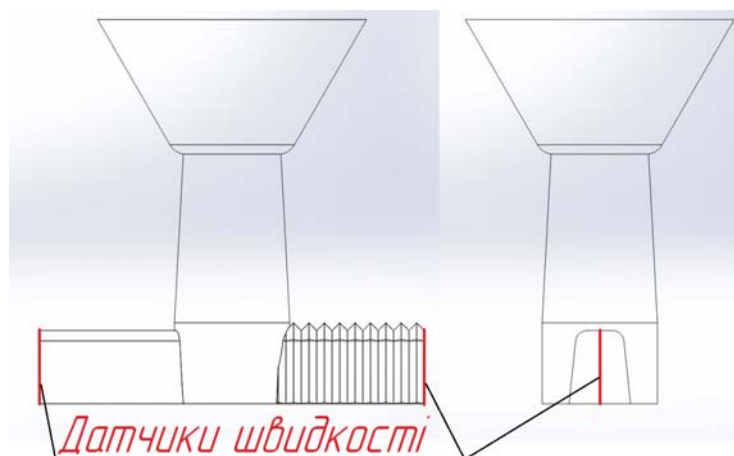


Рисунок 6 – Схема розташування датчиків швидкості

Джерело: розроблено авторами

Для встановлених датчиків швидкості будуюмо графіки залежності швидкості потоку від висоти шлаковловлювача (координати датчика) (рис. 7).

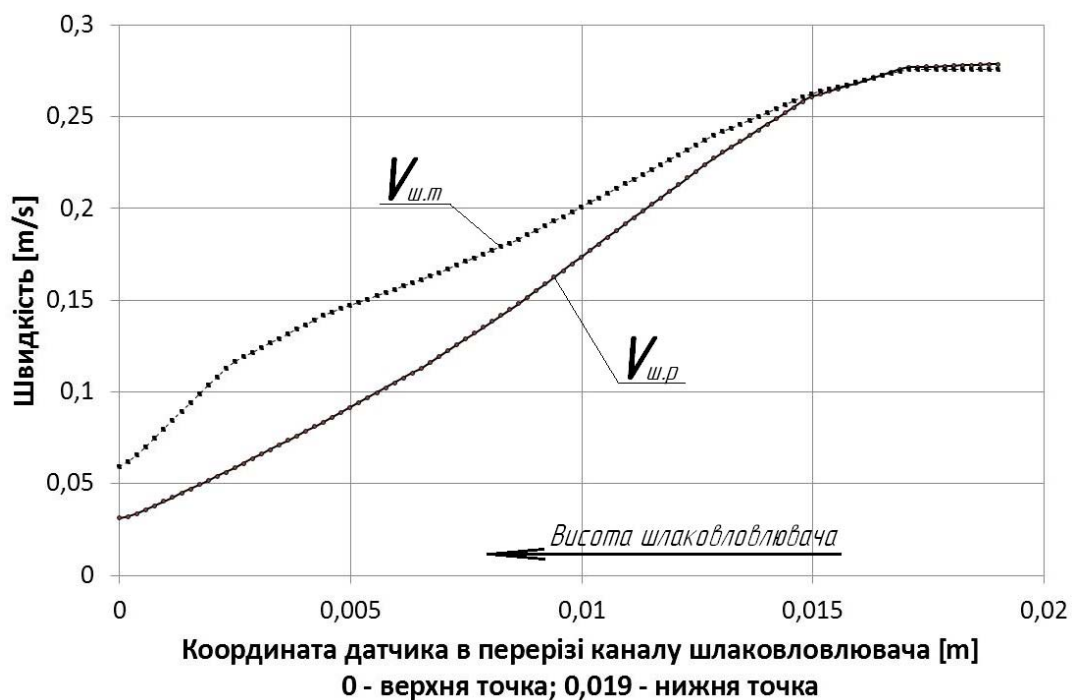


Рисунок 7 – Графіки розподілу швидкості потоку розплаву по висоті традиційного $V_{ш.т}$ і ребристого $V_{ш.р}$ шлаковловлювача

Джерело: розроблено авторами

Як бачимо з отриманих результатів (рис. 7), при використанні ребристого шлаковловлювача середня швидкість потоку по висоті перерізу шлаковловлювача $V_{ш.р} = 0,165$ м/с менша ніж у традиційного $V_{ш.т} = 0,193$ м/с на $0,193 - 0,165 = 0,028$ м/с або $(0,193 - 0,165) \cdot 100\% / 0,193 = 14,5$ %.

Враховуючи формулу (1) при меншій швидкості потоку буде меншою довжина шлаковловлювача до першого живильника. Тобто:

$$l_{ш.т} = 1,2h_{ш} \cdot V_{ш.т} / V_{ч} \quad (2)$$

$$l_{ш.р} = 1,2h_{ш} \cdot V_{ш.р} / V_{ч} \quad (3)$$

Оскільки $V_{u.p} = 0,855 \cdot V_{u.m}$, то:

$$l_{u.p} = 1,2h_{u.} \cdot V_{u.p} / V_{u.} = 0,855 \cdot l_{u.m}. \quad (4)$$

Таким чином, при використанні ребристого шлаковловлювача можна зменшити його довжину у порівнянні з традиційним.

Для порівняння побудуємо 3D-модель ребристого шлаковловлювача, зменшивши його довжину на 14,5 %.

За допомогою інструмента «Масові характеристики» визначаємо масу розробленої 3D-моделі.

Маса ЛЖС з традиційним шлаковловлювачем складає $m_{u.m} = 1,3284$ кг; маса ЛЖС з ребристим шлаковловлювачем складає $m_{u.p} = 1,3249$ кг. Тобто укорочений ребристий шлаковловлювач легший за традиційний на $1,3284 - 1,3249 = 0,0035$ кг, або на $(1,3284 - 1,3249) \cdot 100\% / 1,3284 = 0,26\%$.

Часто тонкі, ажурні, ступінчасті, ребристі поверхні на моделях можуть викликати труднощі при формовці, особливо на вертикальних поверхнях з невеликим формувальним уклоном. Формувальна суміш при формовці може залипати у внутрішніх кутах моделі і викликати обриви форми.

Для перевірки формувальної здатності запропонованого ребристого шлаковловлювача за допомогою розроблених 3D-моделей надруковано на 3D-принтері моделі шлаковловлювача, стояка і чаші (рис. 8). 3D-друк дозволяє отримати з комп'ютерних моделей об'ємні вироби, надаючи можливість огляду об'єкта і його використання для підготовки виробництва. Таким чином можна побачити і виправити можливі помилки проектування, оцінити кінцевий результат ще до запуску проекту в виробництво [7, 8].



Рисунок 8 – Надрукована на 3D-принтері модель ЛЖС з традиційним і ребристим шлаковловлювачами
Джерело: розроблено авторами

Для приготування формувальної суміші використовували лабораторні бігуни. Формовку здійснювали у такій послідовності. Встановили на столі підмодельну плиту.

Встановили модель ЛЖС на підмодельній плиті роз'ємом до плити. Встановили на підмодельній плиті опоку площиною роз'єму вниз таким чином, щоб модель розташовувалась по центру опоки. Для запобігання налипання формувальної суміші на модель та підмодельну плиту, нанесли на поверхню роз'єму шар роздільного покриття. Насипали в опоку шар формувальної суміші товщиною 40...50 мм і утрамбували його ручною трамбовкою. У міру ущільнення суміші, насипали нові порції, продовжуючи трамбування. Трамбування суміші здійснювали весь час вузькою трамбовкою за винятком верхнього шару суміші, який потрібно трамбувати плоскою трамбовкою. Потім зрізали лінійкою надлишок формувальної суміші в рівень з краями опоки. Перевернули опоку. Вийняли моделі ЛЖС з верхньої напівформи. Попередньо моделі слід злегка розгойдати.

Видалення моделі після формовки не викликало жодних труднощів. Огляд поверхні форми підтвердив задовільну формувальну здатність запропонованої конструкції ребристого шлаковловлювача (рис. 9).



Рисунок 9 – Піщано-глиниста форма з відбитком каналу ребристого шлаковловлювача

Джерело: розроблено авторами

Висновки. Проведений аналіз причин утворення шлакових включень і способів їх запобігання показав, що крім технологічних засобів що стосуються якісної підготовки металу перед заливкою (рафінування і дегазація, вистоювання для спливання шлаку, видалення шлаку, застосування чистих, не окислених матеріалів), суттєву роль відіграє спокійне безперервне заливання металу та правильно спроектована ЛЖС, особливо, такий важливий її елемент, як шлаковловлювач. Проте, використання найпоширеніших ливникових систем (гальмуючих, дросельних, з відцентровими шлаковловлювачами, дощових, сифонних) для підвищення ефективності затримки шлаку пов'язане зі збільшенням витрат металу на ЛЖС, і як наслідок, призводить до збільшення собівартості литва. З метою надійного вловлювання шлаків та зниження швидкості руху розплаву в ливниках, що забезпечує плавне заповнення форми сплавом, але без додаткових витрат металу, запропоновано оригінальну конструкцію ребристого шлаковловлювача. Результати параметричного

моделювання течії розплаву в каналі ребристого шлаковловлювача показали зменшення швидкості потоку по висоті перерізу шлаковловлювача у порівнянні з традиційним на 0,028 м/с або 14,5 %. Це дозволило зменшити довжину шлаковловлювача до першого живильника. Очікувана економія металу складає 0,26 %. Виготовлена з використанням моделі ребристого шлаковловлювача форма показала задовільну формувальну здатність. Але отримані результати досліджень мають рекомендаційний характер і потребують практичної перевірки у виробничих умовах. Крім того, шляхом варіювання таких параметрів, як висота ребер, відстань між ними, кут нахилу, ми можемо отримати аналогічні результати для різних виливків із різноманітних сплавів. Враховуючи все це виникає необхідність подальшого дослідження впливу конструкції шлаковловлювача на ефективність затримки шлаку.

Список літератури

1. Чуркин Б.С. Конструирование и расчет литниковых систем и прибылей для отливок: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф. пед. ун-та, 2012. 124 с.
2. Фундатор В.И. Литниковые системы и заливка металлов. Москва: Машгиз, 1951. 261 с.
3. Рабинович Б.В. Введение в литейную гидравлику. Москва: Машиностроение, 1966. 427 с.
4. Кукуй Д.М., Скворцов В.А., Андрианов Н.В. Теория и технология литейного производства: учебник для вузов: в 2 ч. Ч. 2. Технология изготовления отливок в разовых формах. Москва: ИНФРА-М, 2011. 405 с.
5. Теоретичні основи ливарного виробництва: навч. посіб. / В.Г. Могілатенко та ін. Харків: НТУ «ХП», 2011. 288 с.
6. Алямовский А.А. Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation. Москва: ДМК Пресс, 2010. 464 с.
7. С.В. Конончук, В.В. Пукалов. Перспективи використання 3D-друку в ливарному виробництві. «Лумво-2018»: Матеріали XIV Міжнар. наук.-практ. конф., 22 – 24 травня 2018 р. Запоріжжя. С. 120-122.
8. Kononchuk S.V., Skrypnyk O.V., Pukalov V.V. Using 3D-printing for education of foundry students. «Problems and process of reforming education in the field of engineering sciences in Ukraine and EU countries»: Scientific and pedagogic internship, November 4 - December 13, 2019. Wloclawek, Republic of Poland. P. 74 – 77.

References

1. Churkin, B.S. (2012). *Konstruirovaniye i raschet litnikovyyih sistem i pribyiley dlya otlivok [Design and calculation of gating systems and risers for castings]*. Ekaterinburg [in Russian].
2. Fundator, V.I. (1951). *Litnikovyye sistemy i zalivka metallov [Gating systems and metal casting]*. Moscow: Mashgiz [in Russian].
3. Rabinovich, B.V. (1966). *Vvedeniye v liteynuyu gidravliku [Introduction to foundry hydraulics]*. Moscow: Mashinostroeniye [in Russian].
4. Kukuy, D.M., Skvortsov, V.A. & Andrianov, N.V. (2011). *Teoriya i tehnologiya liteynogo proizvodstva: Ch. 2. Tehnologiya izgotovleniya otlivok v razovyih formah [Theory and Technology of foundry. Part 2. The technology of manufacture of castings in disposable form]*. Moscow: INFRA-M [in Russian].
5. Mohilatenko, V.H., Ponomarenko, O.I., Drobiazko, V.M., Kocheshkov, A.S. & Yamshynskiy, M.M. (2011) *Teoretychni osnovy lyvarnoho vyrobnytstva [Theoretical foundations of foundry production]*. Kharkiv: NTU «KhPI»[in Ukraine].
6. Alyamovskiy, A.A. (2010). *Inzhenernyye raschety v SolidWorks Simulation [Engineering Calculations in SolidWorks Simulation]*. Moscow: DMK Press [in Russian].
7. Kononchuk, S.V. & Pukalov, V.V. (2018). *Perspektyvy vykorystannia 3D-druku v lyvarnomu vyrobnytstvi [Prospects for the use of 3D printing in foundry production]*. Casting – metallurgy: *Materialy 14 Mizhnarodnoi konferentsii «Lytvo-2018», (22 – 24 travnia 2018 roku) – International Scientific and Practical Conference.* (pp. 120-122). Zaporizhzhia [in Ukraine].
8. Kononchuk, S.V., Skrypnyk, O.V. & Pukalov, V.V. (2019). *Using 3D-printing for education of foundry students. Problems and process of reforming education in the field of engineering sciences in Ukraine and EU countries: Scientific and pedagogic internship, (November 4 - December 13, 2019).* (pp. 74 – 77). Wloclawek [in English].

Serhii Kononchuk, Assoc. Prof., PhD tech. sci., Oleksandr Skrypnyk, Assoc. Prof., PhD tech. sci., Volodymyr Sviatskyi, Assoc. Prof., PhD tech. sci., Viktor Pukalov, Assoc. Prof., PhD tech. sci.

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Investigation of the Effect of Slag Trap Design on Slag Delay Efficiency in the SolidWorks Flow Simulation Parametric Modeling Environment

The most common technology for the manufacture of metal parts and work pieces is casting. High-tech branches of mechanical engineering require the production of high-quality castings of complex configuration from modern alloys with a given chemical composition and mechanical properties.

The analysis of the causes of slag inclusions and ways to prevent them showed that in addition to technological means related to quality preparation of metal before pouring, a significant role is played by quiet continuous pouring of metal and properly designed foundry system, including slag trap. However, the use of the most common foundry systems (braking, throttle, with centrifugal slag traps, rain, siphon) to increase the efficiency of slag retention is associated with increased metal consumption, and as a consequence, leads to an increase in the cost of casting. Conducting experimental research by varying the design of the slag trap leads to an increase in the number of field experiments, given their complexity, limited by great difficulties. On the other hand, computer flow modeling allows to study the influence of slag trap design on the flow rate of the melt at the design stage and significantly reduce the cost of introduction of new castings. In order to reliably capture slag and reduce the speed of movement of the melt in the foundries, which provides a smooth filling of the form with an alloy, but without additional costs of metal, the original design of the ribbed slag catcher is proposed. The results of parametric modeling of the melt flow in the channel of the ribbed slag trap showed a decrease in the flow rate along the cross-sectional height of the slag trap compared to traditional by 0.028 m / s or 14.5%. This allowed to reduce the length of the slag trap to the first feeder. The expected metal savings are 0.26%. The form made using a 3D model of the slag trap showed satisfactory molding ability.

But the obtained research results are of a recommendatory nature and require practical verification in the production environment. In addition, by varying parameters such as the height of the ribs, the distance between them, the angle of inclination, we can obtain similar results for different castings of different alloys. Given all this, there is a need for further study of the impact of the design of the slag trap on the efficiency of slag retention.

slag trap, slag inclusion, flow rate, gating system, 3D-model, metal consumption, sand-clay mixture, mouldability

Одержано (Received) 25.06.2020

Прорецензовано (Reviewed) 10.07.2020

Прийнято до друку (Approved) 19.10.2020

УДК 621.9.06

ОІ: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2020.3\(34\).117-129](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2020.3(34).117-129)

І.І Павленко, проф., д-р техн. наук, М.О. Годунко, доц., канд. техн. наук,

О.А. Кислун, доц., канд. техн. наук. Є.С.Костюк, асп.

Центральнoукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

e-mail: maksimgodunko83@gmail.com

Дослідження кутових переміщень платформи МПС із ріжучим інструментом

В статті виконано аналітичний розрахунок величини переміщення виконавчого органу верстата з механізмом паралельної структури (МПС) по лініям в поперечному напрямку під кутом. Досліджено вплив конструктивних параметрів МПС на значення цих переміщень виконавчого органу.

механізм паралельної структури, верстат, гексапод