

УДК 621.74.045

doi:10.20998/2413-4295.2018.16.13

## ВИЗНАЧЕННЯ ЗОНИ ДІЇ ВІДКРИТИХ ДОДАТКІВ ДЛЯ МАСИВНИХ ВУЗЛІВ У ВИЛИВКАХ З НЕРЖАВІЮЧОЇ СТАЛІ

А. І. ШАМРАЙ<sup>1\*</sup>, Д. В. МАРИНЕНКО<sup>1</sup>, К. О. КОСТИК<sup>1</sup>, Н. В. КРАВЦОВА<sup>2</sup>

<sup>1</sup> кафедра ливарного виробництва, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА

<sup>2</sup> кафедра "Механіка суцільних середовищ та опір матеріалів", НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА

\*email: Motosportx8@gmail.com

**АНОТАЦІЯ** Метою роботи є дослідження впливу розміру, форми та місця розташування додатків на утворення пористості у виливку за масивними вузлами із нержавіючою сталлю. В ході роботи було спроектовано два найбільш поширених типу розташування масивного елемента на стінці виливка. На першому етапі було промодельовано процес кристалізації цих вузла у вільному стані, без додатків. Наявність пористості оцінювали за критерієм Ніяма. Наступним етапом було порівняно дію добутоків, спроектованих за найбільш поширеними засобами розрахунку, та стандартних форм й розмірів. Для аналізу ефективності було проаналізовано поширення температурних полів та наявність пористості.

**Ключові слова:** пористість; додатки; нержавіюча сталь; моделювання; живлення.

## DEFINITION OF RANGE OF OPEN APPLICATIONS FOR MASSIVE NODES IN THE STAINLESS STEEL CASTINGS

A. SHAMRAI<sup>1\*</sup>, D. MARYNENKO<sup>1</sup>, K. KOSTYK<sup>1</sup>, N. KRAVTSOVA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Foundry, NTU "KhPI", Kharkiv, UKRAINE

<sup>2</sup> Department of Continuum Mechanics and Mechanics of Materials, NTU "KhPI", Kharkiv, UKRAINE

**ABSTRACT** The main purpose of the app is receiving a suitable casting without shrinkage cavities and porosity. In general, the pattern of formation of these defects can be represented as follows: in a very short period of time on the casting surface and formed a crust of hardened alloy, which determines the outer contour of the casting; reduction of volume of the liquid metal inside the formed solid crust ahead of volumetric shrinkage, the most rigid sheath; in the absence of receipt of molten metal, which compensates the reduction of volume, voids are formed, called sinks, the size of which depends on the properties of the alloy, the temperature of the overheating and its original volume. The aim of this work is to study the influence of size, shape and location of applications on the formation of porosity in the casting behind the massive knots out of stainless steel. During the work was designed by the two most common type the location of the massive object on the wall of the casting. The first stage was simulated the crystallization process of these knots in the free state without application. The presence of porosity was evaluated according to the Niyama criterion. The next stage was a relatively action works, designed by the most common means of calculation, and standard shapes and sizes. For the analysis of efficiency was analyzed the distribution of temperature fields and the presence of porosity. The application must meet the following basic requirements: be sufficient to compensate for the shrinkage of the alloy during solidification; later hardening the casting parts to which it is attached; have the configuration (to keep metal), which will provide a minimum cooling surface; area shrinkage should not go beyond the app and reach his neck.

**Keywords:** porosity; application steel; stainless steel; simulation; risering.

### Вступ

Леговані сталі (марки 20ГЛ, 30ХГСФЛ, 35ХМЛ тощо) застосовують для збільшення надійності, довговічності та зниження маси литих деталей, а також надання їм спеціальних властивостей. Вибір легувальних елементів обумовлюється призначенням виливка, його конструктивними і технологічними особливостями. Стосовно до впливу на вуглець легуючі елементи поділяють на карбідоутворюючі та графітізуючі. Вони зумовлюють утворення нових структур. складових і змінюють властивості існуючих фаз. Досить поширеними є сталі, леговані хромом, нікелем, ванадієм, молібденом, міддю, кремнієм, марганцем у різних комбінаціях і співвідношеннях.

Проте з такими перевагами ливарного виробництва, як відносна простота отримання й низька вартість виливків (особливо з чавуну), можливість виготовлення складних деталей з різних металів і сплавів, воно має низку істотних недоліків: передусім досить низька продуктивність праці, неоднорідність складу і знижена щільність матеріалу заготовки, та його нижчі, ніж заготовок, отриманих обробкою тиском, міцнісні характеристики [1].

Виливок повинен мати високі механічні характеристики, бути щільним та не мати рихлот або утяжин. Тому розробка ливарної технології отримання виливка з мінімальною кількістю дефектів є важливою та складною задачею ливарного виробництва.

### Аналіз літературних даних

Питомий об'єм стандартних ливарних металів більше в рідкому стані, ніж в твердому. З цієї причини дані метали під час кристалізації та охолодження піддаються усадці. Це призводить до дефіциту об'єму, який проявляється у вигляді таких дефектів, як усадочні раковини, утяжини, і т. д. [1-4].

Таким чином, усадочні раковини є результатом взаємозв'язку між фізичним дефіцитом об'єму при кристалізації і можливістю компенсувати її за рахунок додаткової подачі матеріалу [4-6].

Величина технологічного дефіциту об'єму в поєднанні з питомим об'ємом в першу чергу і найбільше залежить від матеріалу лиття. Крім загального дефіциту об'єму, його розподілення в тілі відливки і питомого об'єму, види дефектів залежать і від процесу кристалізації. Особливими факторами впливу є зміст газу в сплаві, рух стінок ливарної форми при литті в піщану форму, а також поширення графіту при кристалізації - в разі спеціальних чавунів [5-9].

### Мета роботи

Метою роботи є дослідження утворення та кристалізації масивних елементів у виливках із нержавіючою сталі, для оптимізації розрахунку додатків.

Для цього поставлені наступні задачі:

- обрати матеріал та вилівок для дослідження, описати їх властивості та характеристики;
- виявити закономірність та принцип роботи додатку;
- встановити границі для експерименту, обрати параметри для дослідження та аналізу, провести експеримент;
- використовуючи метод математичного моделювання виконати оптимізацію положення та розрахунку додатку.

### Виклад основного матеріалу

Додаток - це спеціальний технологічний приплив до поверхні виливка, що встановлюється над вузлом виливка, що потребує додаткового живлення, або над усім виливком, твердіє останнім і віддаляється при обробці виливка.

Основна мета застосування додатка - це отримання щільного виливка без усадочних раковин і пористості. Місце розташування додатка необхідно вибирати таким чином, щоб рідкий метал з додатка міг надходити безперервно твердіючі частини виливка і компенсувати зменшення їх обсягу в результаті усадки металу, тобто забезпечував живлення виливка [10]. При цьому усадочна раковина повинна утворитися в самому додатку, а не в виливку. Крім цього додаток виконує функцію випора, через який видаляється повітря з порожнини форми в

процесі заповнення її металом. В додаток можуть спливати засмічення, що випадково потрапили в форму і утворилися в результаті руйнування самої форми, а також продукти взаємодії металу і форми та ін.

Головною метою застосування додатку є отримання придатної виливки без усадочних раковин і пористості. У загальному вигляді картину формування зазначених дефектів можна представити в наступному вигляді:

- за дуже короткий проміжок часу на поверхні виливка утворюється корочка затверділого сплаву, що визначає зовнішній контур виливки;
- зменшення обсягу рідкого металу всередині утвореної твердої скоринки випереджає об'ємну усадку самої твердої оболонки;
- при відсутності надходження рідкого металу, компенсуючого зменшення обсягу, формуються порожнечі, звані раковинами, величина яких залежить від властивостей сплаву, температури перегріву і його початкового об'єму.

Умовами живлення твердіючого виливка обумовлюється можливість отримання щільних її стінок і мінімальної неоднорідності механічних властивостей в різних частинах виливки, найбільш помітно проявляється при виготовленні великогабаритних литих деталей. Дослідження умов живлення виливків і розробка способів застосування додатка, визначення їх розмірів, так само, як і методів поліпшення дії додатка, засновані на вивченні процесів затвердіння сплавів.

Приступаючи до розробки технологічного процесу виготовлення виливка, ливарник з креслення литої деталі отримує загальне уявлення про розміри виливки, наявності й розташування теплових вузлів, протяжності розвинених стінок і особливості конструкції деталі. Іноді в кресленні деталі або в технічних умовах наводяться особливі вимоги, що пред'являються до щільності стінок литої деталі в цілому або її окремих частин.

У кожному разі може виникнути кілька варіантів вибору місць розташування та необхідної кількості додатків, при яких повністю забезпечуються умови отримання виливків без усадочних раковин.

При визначенні цих умов керуються передбачуваним напрямком процесу затвердіння всіх частин виливка, а також враховують вплив різних технологічних факторів на спрямованість даного процесу.

При визначенні розмірів і місць розташування додатків за основу беруть такі умови отримання виливків без усадочних раковин, сформульовані видатним металургом Володимиром Юхимівцем Грум-Гржимайло «вище розміщена частина виливки повинна служити додатком для частини, що пролягає нижче» і «Додаток мусить холонуть останнім».

Обсяг усадочних раковин і пор, навіть для сталі 110M13Л, не перевищує 7,0%, але для того, щоб заповнити цей обсяг рідким металом з додатка, обсяг

самого додатка приймають у багато разів більшим порівняно з усадочною раковиною. Перша умова В.С. Грум-Гржимайло одночасно відповідає двом вимогам: забезпечення спрямованості процесу затвердіння стінок виливки і отримання мінімальної витрати рідкого металу на додаток, якщо при обраному положенні заливки форми потовщені частини виявляться вгорі і в міру затвердіння інших частин будуть служити додатком, що живлять нижні частини.

Найбільш поширені відкриті додатки, які застосовують на дрібних, середніх і великих виливках. Ці додатки можна доливати гарячим металом, засипати їх поверхню екзотермічними або теплоізоляційними сумішами (сухим піском, вугільним пилом і ін.); з їх допомогою видаляють гази з порожнини форми, що покращує їх заповнюваність (особливо тонкостінних протяжних виливків); в багатьох випадках такі додатки полегшують формування, особливо ручним способом.

Вимоги до додатків, принципи їх побудови і розміщення на виливок. При виборі розмірів і місця установки додатків враховують необхідність гарантованого живлення виливки, так як «економія» на додатку при зниженні якості виливки неприпустима. Однак, крім економічних міркувань, установка зайвих додатків, не приносячи користі, може виявитися навіть шкідливою внаслідок сильного місцевого перегріву форми при заповненні її розплавом.

Для виявлення зони поширення пористості у вузлах виливка з нержавіючої сталі, було спроектовано два найпоширеніші варіанти розміщення масивних вузлів на стінці виливки, перший - коли вузол знаходиться на краю виливка, другий - коли в середині стінки. Аналіз теплових полів, отриманих при моделюванні кристалізації наших зразків, показує місця сильного перегріву, відповідно ці теплові вузли будуть тверднути останніми [11-13]. Встановлені прибутки дозволили вирівняти температурні поля більшої частини поверхні виливка, таким чином усереднити час і момент кристалізації всього вузла.

Для визначення можливої пористості було використано критерій Ніяма [4]. Як видно із рисунків 1 та 2 без додатків масивний елемент буде мати велику пористість яка на поверхні може утворити раковину. При застосуванні додатків кількість пористості значно зменшилась, але, через те, що питомий вузол знаходився над стінкою і додаток розташовувався над ним, то сам питомий вузол виконував функцію додатка для стінки, таким чином цей фактор потрібно брати до уваги при проектуванні додатків для схожих конструкцій.

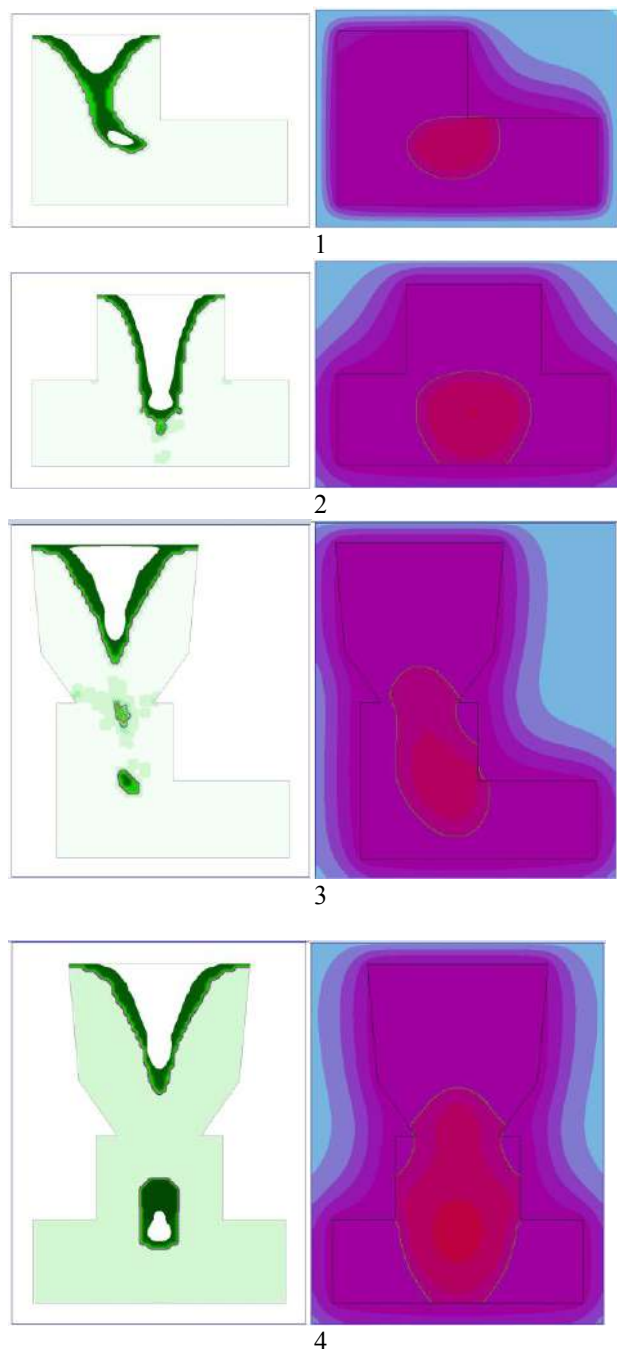


Рис. 1 – Типове розміщення масивних вузлів на стінці виливка без, та з додатками: 1 – вузол на краю стінки; 2 – вузол на середині стінки; 3 – вузол на краю стінки та встановленим на нього додатком; 4 – вузол на середині стінки та встановленим на нього додатком

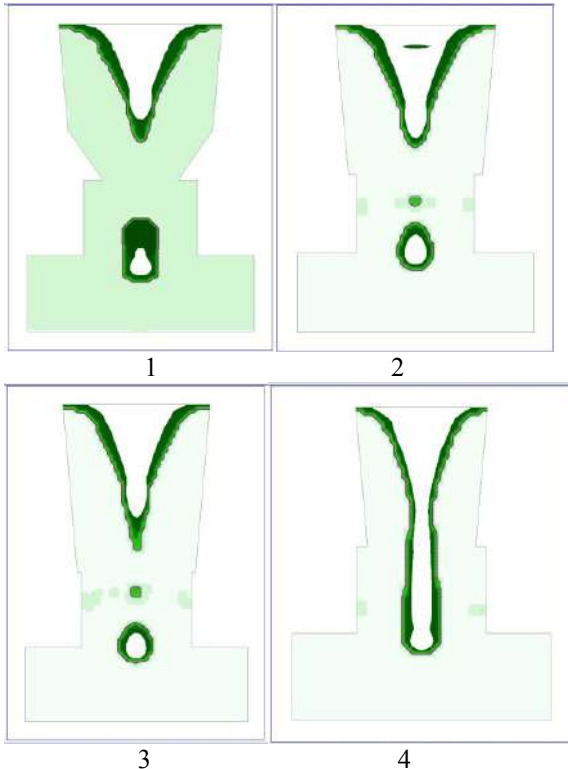


Рис. 2 – Поширення пористості у виливку при застосуванні додатків: 1 – додаток розраховано через визначення температурного градієнту; 2 – додаток розраховано за методикою Попова А. Д.; 3 – додаток розраховано за методом вписаних кіл; 4 – додаток розраховано за методикою Василівського П. Ф.

На рис. 2 видно, що дії додатків, що спроектовані за різним підходом не однакові, 1 – показала найкращий результат, проте вона мала найбільшу вагу. 2 й 3 – приблизно однаковий результат та середню вагу, також вони виступали за межі питомого елемента, тим самим спровокували появу теплових вузлів нижче додатка, що призвело до появи пористості біля поверхні, як видно на рисунку. 4 – найменша вага, але й результат не відповідає поставленій задачі.

При аналізі моделювання кристалізації виливка та додатка було виявлено місця, які першими починають холонути та місця, в яких починає утворюватися пористість. Завдяки можливостям CAD систем, в яким було виконано проектування виливка та додатків, проаналізувавши данні моделювання з CAE систем, можна швидко змінити геометричні параметри додатку, там самим збільшити його ефективність та зменшити металоємність усього виливка.

Такі заходи на етапі розробки ливарної технології дозволяють зекономити великі кошти на відпрацювання технології в ливарному цеху та переробку оснастки, також зменшується час підготовки виробництва та витрати на одиницю продукції.

## Обговорення результатів

З метою зменшення обсягу додатків і економії металу необхідно ширше використовувати теплоізоляційні і екзотермічні суміші, спеціальні конструкції додатків, що працюють під атмосферним, газовим і повітряним тиском. Додаток приєднують до того тепловому вузлу виливки, який твердне пізніше за інших елементів, тобто додаток приєднують до найбільш масивних частинах виливків, місцевим потовщенням, сполученням елементів, до місця підведення живильників. Жоден з масивних вузлів виливки не повинен відокремлюватися від джерела живлення в процесі затвердіння. Слід завжди прагнути до встановлення додатків на верхній частині виливка.

При установці додатків враховують зручність формування, а також виконання таких умов: додаток не повинні ускладнювати деформацію виливки при усадці, а їх відділення від виливків не повинно викликати серйозних труднощів. На відливках великих габаритів, які мають перетин стінок або кілька теплових вузлів, необхідно встановлювати кілька додатків, так як радіус дії додатків обмежений. У той же час необхідно прагнути до того, щоб з одного додатку живилось якомога більше число теплових вузлів виливки. Процес живлення виливка повинен бути організований таким чином, щоб в кожному її вузлі здійснювалося спрямоване затвердіння.

## Висновки

Для отримання масивного вузла у виливку, встановлений над ним технологічний додаток повинен відповідати таким основним вимогам:

1. мати достатній обсяг для компенсації усадки сплаву при затвердінні;
2. твердіти пізніше тієї частини виливки, до якої вона приєднана;
3. мати конфігурацію (для економії металу), яка забезпечить мінімальну поверхню охолодження;
4. зона усадочної раковини не повинна виходити за межі додатку і досягати його шийки.

## Список літератури

1. **Alireza, Abedi Saidabad.** Prediction of Shrinkage Pore Volume Fraction Using a Dimensionless Niyama Criterion / **Alireza Abedi Saidabad, Houshang Taghizadeh** // *American Journal of Computational Mathematics*. – 2015. – V. 5. – P. 431-446. – doi: 10.4236/ajcm.2015.54038.
2. **Idan, A. F. I.** The study of the influence of laser hardening conditions on the change in properties of steels / **A. F. I. Idan, O. Akimov, L. Golovko, O. Goncharuk, K. Kostyk** // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2016. – V. 2. – №. 5 (80). – P. 69-73. – doi:10.15587/1729-4061.2016.65455.
3. **Bargaoui, H.** Thermomechanical behavior of resin bonded foundry sand cores during casting / **H. Bargaoui, F. Azzouz, D. Thibault, G. Cailletaud** // *Journal of Materials*

- Processing Technology*. – 2017. – V. 246. – P. 30-41. – doi:10.1016/j.jmatprotec.2017.03.002.
4. **Mohanad, M. K.** Modeling of the case depth and surface hardness of steel during ion nitriding / **M. K. Mohanad, V. Kostyk, D. Domin, K. Kostyk**, // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2016. – V. 2. – №. 5 (80). – P. 45-49. – doi:10.15587/1729-4061.2016.65454.
  5. **Raza, M.** Effects of process related variations on defect formation in investment cast components / **M. Raza, P. Silva, M. Irwin, B. Fagerström, A. E. Jarfors** // *Archives of Foundry Engineering*. – 2018. – V. 18. – №. 1. – P. 103-108. – doi: 10.24425/118820.
  6. **Kostyk, K.** Development of innovative method of steel surface hardening by a combined chemical-thermal treatment / **K. Kostyk** // *EUREKA: Physics and Engineering*. – 2016. – №. 6. – P. 46–52. – doi:10.21303/2461-4262.2016.00220.
  7. **Wondrak T.** Contactless inductive flow tomography for a model of continuous steel casting / **T Wondrak, V Galindo, G Gerbeth, T Gundrum, F Stefani** // *Measurement Science and Technology*. – 2010. – V. 21. – №. 4. – doi:10.21303/2461-4262.2016.00220.
  8. **Dhafer, W. A.-R.** The choice of the optimal temperature and time parameters of gas nitriding of steel / **W. A.-R. Dhafer, V. Kostyk, K. Kostyk, A. Glotka, M. Chechel** // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2016. – V. 3. – №. 5 (81). – P. 44–50. – doi: 10.15587/1729-4061.2016.69809.
  9. **Cukierski K.** Flow Control with Local Electromagnetic Braking in Continuous Casting of Steel Slabs / **K. Cukierski, B. G. Thomas** // *Metall and Materi Trans B*. – 2008. – №. 39 (94). – doi.org/10.1007/s11663-007-9109-3.
  10. **Kostyk, K.** Surface hardening of tool from steel 38Cr2MoAl complex chemical-heat treatment / **K. Kostyk** // *Bulletin of the National Technical University «KhPI» Series: New Solutions in Modern Technologies*. – 2015. – №. 39 (1148). – P. 26–33. – doi:10.15587/1729-4061.2017.100014.
  11. **Zhang J. F.** Numerical simulation of deformation in large scale hydroturbine blade casting / **J. F. Zhang, J. W. Kang, B. C. Liu, Y. Wu, J. S. Zhang, Z. C. Rong** // *International Journal of Cast Metals Research*. – 2008. – V. 38. – №. 8. – P. 620–629. – doi.org/10.1179/1743281211Y.0000000042.
  12. **Акимов О. В.** Сплавы с эффектом памяти формы. История появления и развития, физика процесса их уникальных свойств / **О. В. Акимов, С. М. Нури Ахмед** // *Вісник Національного технічного університету*. – 2015. – №. 14. – С. 42-49.
  13. **Акимов О. В.** Влияние термической обработки на свойства нового сплава на основе железа / **О. В. Акимов, С. М. Нури Ахмед** // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. – 2015. – Т. 6. – №. 11 (78). – С. 35-40. – doi:10.15587/1729-4061.2015.56370.
- Bibliography (transliterated)**
1. **Alireza, Abedi Saidabad, Houshang, Taghizadeh.** Prediction of Shrinkage Pore Volume Fraction Using a Dimensionless Niyama Criterion. *American Journal of Computational Mathematics*, 2015, **5**, 431-446, doi: 10.4236/ajcm.2015.54038.
  2. **Idan, A. F. I., Akimov, O., Golovko, L., Goncharuk, O., Kostyk, K.** The study of the influence of laser hardening conditions on the change in properties of steels. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2016, **2**, 5 (80), 69-73, doi:10.15587/1729-4061.2016.65455.
  3. **Bargaoui, H., Azzouz, F., Thibault, D., Cailletaud, G.** Thermomechanical behavior of resin bonded foundry sand cores during casting. *Journal of Materials Processing Technology*, 2017, **246**, 30-41, doi: 10.1016/j.jmatprotec.2017.03.002.
  4. **Mohanad, M. K., Kostyk, V., Domin, D., Kostyk, K.** Modeling of the case depth and surface hardness of steel during ion nitriding. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2016, **2**, 5 (80), 45-49, doi:10.15587/1729-4061.2016.65454.
  5. **Raza, M., Silva, P., Irwin, M., Fagerström, B., Jarfors, A. E.** Effects of process related variations on defect formation in investment cast components. *Archives of Foundry Engineering*, 2018, **18**, 1, 103-108, doi: 10.24425/118820.
  6. **Kostyk, K.** Development of innovative method of steel surface hardening by a combined chemical-thermal treatment. *EUREKA: Physics and Engineering*, 2016, **6**, 46–52, doi:10.21303/2461-4262.2016.00220.
  7. **Wondrak, T., Galindo, V., Gerbeth, G., Gundrum, T., Stefani, F.** Contactless inductive flow tomography for a model of continuous steel casting. *Measurement Science and Technology*, 2010, **21**, 4, doi:10.21303/2461-4262.2016.00220.
  8. **Dhafer, W. A.-R., Kostyk, V., Kostyk, K., Glotka, A., Chechel, M.** The choice of the optimal temperature and time parameters of gas nitriding of steel. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2016, **3**, 5 (81), P. 44–50, doi: 10.15587/1729-4061.2016.69809.
  9. **Cukierski, K., Thomas, B. G.** Flow Control with Local Electromagnetic Braking in Continuous Casting of Steel Slabs. *Metall and Materi Trans B*, 2008, **39** (94), doi:10.1007/s11663-007-9109-3.
  10. **Kostyk, K.** Surface hardening of tool from steel 38Cr2MoAl complex chemical-heat treatment. *Bulletin of the National Technical University «KhPI» Series: New Solutions in Modern Technologies*, 2015, **39** (1148), 26–33, doi:10.15587/1729-4061.2017.100014.
  11. **Zhang, J. F., Kang, J. W., Liu, B. C., Wu, Y., Zhang, J. S., Rong, Z. C.** Numerical simulation of deformation in large scale hydroturbine blade casting. *International Journal of Cast Metals Research*, 2008, **38**, 8, 620–629, doi:10.1179/1743281211Y.0000000042.
  12. **Akimov, O. V., Nuri Ahmed, S. M.** Splavi s effectom pamyati formi. Istoriya poyavleniya i razvitiya, fizika processa ih unikalnih svoystv. *Bulletin of the National Technical University*, 2015, **14**, 42-49.
  13. **Akimov, O. V., Nuri Ahmed, S. M.** Vliyanie termicheskoy obrabotki na svoystva novogo splava na osnove geleza. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2015, **6**, 11 (78), 35-40, doi:10.15587/1729-4061.2015.56370.

**Сведения об авторах (About authors)**

**Шамрай Андрей Игоревич** – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», кафедра Литейное производство, г. Харьков, Украина; e-mail: Motosportx8@gmail.com.

**Andriy Shamrai** – National Technical University Kharkiv Polytechnic Institute, Kharkiv city, Ukraine; Motosportx8@gmail.com.

**Мариненко Дмитрій Витальевич** – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», кафедра Литейное производство, г. Харьков, Украина; e-mail: dmytromarynenko@gmail.com.

**Dmytro Marynenko** – National Technical University Kharkiv Polytechnic Institute, Kharkiv city, Ukraine; e-mail: dmytromarynenko@gmail.com.

**Костик Екатерина Александровна** - кандидат технических наук, доцент, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», доцент кафедры Литейное производство; г. Харьков, Украина; e-mail: eklitus@yandex.ru.

**Kateryna Kostyk** – PhD of Technical Sciences, associate Professor, Department of Foundry, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine; e-mail: eklitus@yandex.ru.

**Кравцова Наталья Викторовна** – инженер 1 категории кафедры "Механика сплошных сред и сопротивление материалов", Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина.

**Nataliia Kravtsova** – the engineer of 1 category of Department of Continuum Mechanics and Mechanics of Materials, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine.

*Будь ласка, посилайтесь на цю статтю наступним чином:*

**Шамрай, А. І.** Визначення зони дії відкритих додатків для масивних вузлів у виливках з нержавіючої сталі / **А. І. Шамрай, Д. В. Мариненко, К. О. Костик, Н. В. Кравцова** // *Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях.* – Харків: НТУ «ХПІ». – 2018. – № 16 (1292). – С. 90-95. – doi:10.20998/2413-4295.2018.16.13.

*Please cite this article as:*

**Shamrai, A., Marynenko, D., Kostyk, K., Kravtsova, N.** Definition of range of open applications for massive nodes in the stainless steel castings. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2018, **16** (1292), 90-95, doi:10.20998/2413-4295.2018.16.13.

*Пожалуйста, ссылайтесь на эту статью следующим образом:*

**Шамрай, А. И.** Определение зоны действия открытых прибылей для массивных узлов в отливках из нержавеющей стали / **А. И. Шамрай, Д. В. Мариненко, Е. А. Костик, Н. В. Кравцова** // *Вестник НТУ «ХПИ», Серія: Новые решения в современных технологиях.* – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2018. – № 16 (1292). – С. 90-95. – doi:10.20998/2413-4295.2018.16.13.

**АННОТАЦИЯ** Целью работы является исследование влияния литниковой системы на процесс получения качественной разностенной стальной отливки в разовых формах. В ходе работы были рассмотрены основные технологические моменты расчета и проектирования литниковой системы, было спроектировано экспериментальную отливку, для которой было рассчитано и спроектировано несколько литниковых систем и мест питания. Каждый вариант спроектированной технологии было промоделировано. В ходе сравнительного анализа возможной пористости в отливке по критерию Нияма было выбрано наиболее рациональное положение и место питания для экспериментальной отливки. Полученные данные можно использовать для ускорения проектирования и повышения качества полученных отливок такой конструкции, как экспериментальный образец.

**Ключевые слова:** пористость; прибыли; нержавеющая сталь; моделирование; питание.

*Поступила (received) 30.04.2018*