

В.Ю. Селівьорстов, Т.В. Селівьорстова, К.А. Зеленський, Л.Х. Іванова

**РОЗРАХУНОК РОЗМІРІВ НАДЛИВНОЇ ЧАСТИНИ ЗЛИТКІВ
ІЗ СТАЛЕЙ 40ХЛ ТА Х12МЛ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ГАЗОДИНАМІЧНОГО
ВПЛИВУ ТА ЕЛЕКТРОШЛАКОВОГО ОБІГРІВУ**

Анотація. Приведені результати аналітичних досліджень щодо використання методики розрахунку розмірів надливів циліндричних виливків із сталей 40ХЛ та Х12МЛ масою 200 – 16000 кг і діаметром 0,25 – 0,7 м, що твердіють в металевій формі (виливниці) при електрошлаковому обігріві розплаву та створенні понадатмосферного газового тиску в надливній частині. Наведені схеми конструкції відповідного пристрою та реалізації технології. Використання конструкції холодильника у вигляді металевого корпусу зі вставкою із вогнетривкого матеріалу, графітовими електродами і вкладишем із флюсу, що працює за принципом плаваючої надливної вставки при реалізації комбінованої технології газодинамічного впливу та електрошлакового обігріву, дозволяє ефективніше використовувати розплав надливної частини вилівка (злитка) для живлення усадки за рахунок підтримання металу в рідкому стані впродовж всього часу затвердіння основної маси вилівка (злитка), тим самим зменшуючи необхідну для живлення усадки кількість розплаву та, відповідно, масу надливу. Це особливо актуально для виробів із сплавів, що містять дорівартісні компоненти основи та/або легуючі. Актуальним завданням також є отримання можливості визначення розмірів конкретного надливу при використанні технології для виливків різної маси та розмірів у найбільш зручний спосіб без реалізації громіздких розрахункових схем. Показано, що особливістю визначення розмірів надливів виливків, що виготовляються з використанням комбінованої технології, є врахування зміни розміру вставки з вогнетривкого матеріалу (передусім, товщини стінок), що займає певну долю об'єму надливної частини вилівка або злитка, що, у свою чергу, призведе до зміни розмірів надливу. Приведені розрахунки та побудовані номограми для визначення висоти надливу по його діаметру і масі виливків при співвідношеннях діаметрів вилівка та надливу 0,6, 0,65 та 0,7.

Ключові слова: комбінована технологія газодинамічного впливу та електрошлакового обігріву, надлив, виливок, злиток, розрахунок, номограма.

Вступ. Традиційно більше 90 % об'єму світового випуску виливків виготовляють способом гравітаційної заливки розплаву, що твердіє у ливарних формах під атмосферним тиском. Проте, метал таких виливків, зазвичай, має під-

вищену хімічну неоднорідність, крупне первинне зерно, макро- і мікрошпаристість, що знижує механічні властивості в порівнянні з поковками і прокатом.

Одним із відомих шляхів підвищення якості литого металу є використання тиску в процесі кристалізації. Відомо, що найбільш ефективною є передача наростаючого тиску в двофазну зону, особливо наприкінці періоду затвердіння. При існуючих способах такого лиття більша частина навантажень, що пов'язані з використанням тиском, реалізується за рахунок міцності ливарної форми, або ємності, в якій вона знаходиться, що суттєво обмежує можливий діапазон тиску та масу виливків.

Розроблена на кафедрі ливарного виробництва Українського державного університету науки і технологій (м. Дніпро) технологія газодинамічного впливу на розплав, що твердіє в ливарній формі, дозволяє підвищити якість литого металу та може бути використана при виробництві виливків майже усіма відомими способами (в т.ч. спеціальними: в металеву форму, при литті по витоплюваним моделям тощо) і, практично, не має обмежень за масою виливків та видами сплавів [1- 4].

Комбінована технологія газодинамічного впливу та електрошлакового обігріву металу в надливі з успіхом може бути реалізована при виробництві, зокрема, прокатних валків та якісних ковальських злитків різної маси, що заливаються у виливницю через сифонну ливникову систему [5, 6].

Аналіз стану питання. Визначення режимів газодинамічного впливу базується на відповідності створюваного газового тиску кінетиці зростання затверділого шару металу.

Загальна методика розрахунку технологічних параметрів включає етапи попередньої обробки і отримання вихідних даних, безпосереднього виконання розрахункового алгоритму і подальшого аналізу результатів (рис. 1) [7]. Початковим етапом є попередня обробка даних.

Вона полягає у визначенні кінетики твердіння виливка $X(\tau)$ і зміни температури його поверхні $T_k(\tau)$. Для цього необхідно побудувати температурне поле виливка. Вихідними даними також є залежності від температури тимчасового опору і опору деформації, а також щільність матеріалу виливка, його геометричні характеристики.

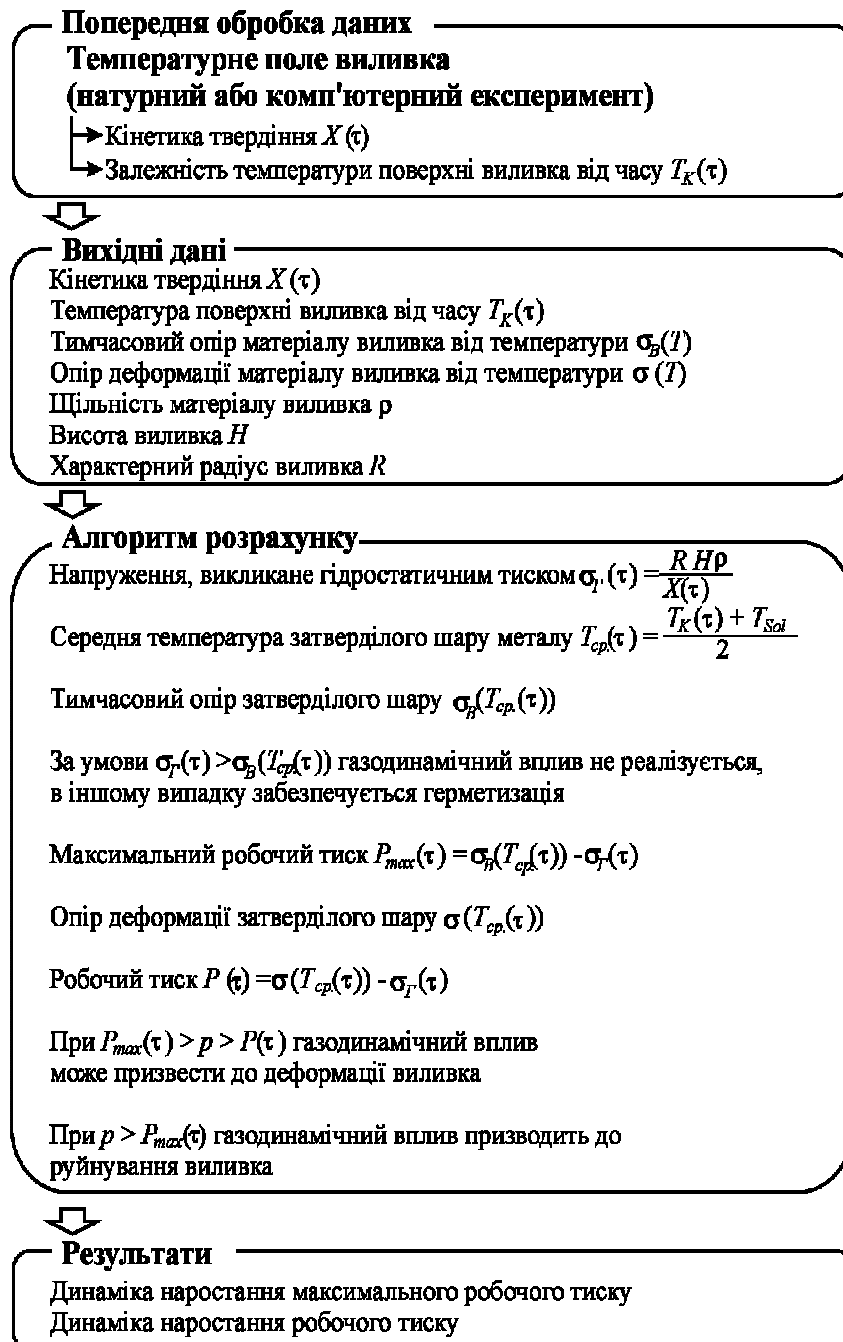


Рисунок 1 - Методика розрахунку режимів газодинамічного впливу [7]

На наступному етапі (алгоритм розрахунку) обчислювають динаміку наростання максимального робочого тиску $P_{max}(\tau)$ і динаміку наростання робочого тиску $P(\tau)$. В процесі твердіння виливка змінюється середня температура затверділого шару $T_{cp}(\tau)$, відповідно величини σ_B та σ , що дозволяє розраховувати динаміку зміни робочого тиску. Величина і динаміка зміни максимального робочого тиску розраховувалася як різниця значень тимчасового опору і величини розтягуючих напружень (σ_I) в затверділому шарі металу, відповідно для робо-

чого тиску – це різниця між значеннями опору деформації та величиною розтягуючих напружень.

Для автоматизованого визначення режиму газодинамічного впливу використовується комп'ютерна програма «GDIcalc» (Gas-Dynamic Influence Calculation) [8 - 10].

Приклади результатів розрахунку режимів здійснення газодинамічного впливу при виробництві виливків різної маси із різних сплавів в металевій формі приведені на рис. 2.

Розроблена технологія може застосовуватися для одержання литих заготовок різної конфігурації, що виготовляють із різних сплавів як в постійних, так і у разових формах [1, 2].

Для здійснення технології розроблені пристрої, що конструктивно враховують специфіку способу лиття, конфігурацію, матеріал і масу вилівка. При цьому, всі варіанти пристроїв передбачають наявність основних елементів, таких як газопровід, холодильник і система регулювання подачі стисненого газу. При цьому тиск протягом усього процесу затвердіння передається безпосередньо рідкій фазі усередині вилівка [3 - 6].

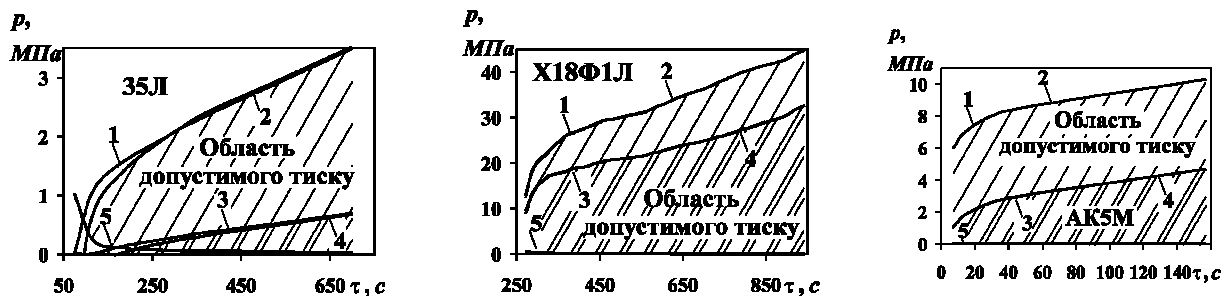


Рисунок 2 - Динаміка зміни та області допустимих значень тиску при здійсненні газодинамічного впливу: 1 – тимчасовий опір, 2 – максимальний робочий тиск, 3 – опір деформації, 4 – робочий тиск, 5 – гідростатичний тиск [8, 10, 11]

При виготовленні виливків із переважної більшості сплавів, в тому числі, крупних злитків (в тому числі ковальських) та прокатних валків необхідно використовувати надливи для компенсації усадки металу в процесі затвердіння. Відомо, що підвищити ефективність використання компенсаційної маси металу в надливі можливо завдяки застосуванню електрообігріву розплаву надливної зони та створенню в об'ємі надливу понадатмосферного тиску. Здійснити

такий комплексний вплив дозволяє комбінована технологія газодинамічного впливу та електрошлакового обігріву (КТГВ-ЕШО) [4, 5].

На рисунку 3 представлена схема варіанту конструкції пристрою для здійснення КТГВ-ЕШО надливної частини виливка або зливка [4, 5]. Пристрій складається з металевого корпусу 1, електродів 2 (графітових), обладнаних контактними елементами 3, які разом з електродами вільно рухаються уздовж металевих струмопровідних стрижнів 4, на яких закріплені (зварюванням) шайби 5. Струмопровідні стрижні герметично кріпляться до металевого корпусу. Електроди обладнані насадками 9 з електронепровідного вогнетривкого матеріалу. У вставці 10 з електронепровідного вогнетривкого матеріалу розташований вкладиш 11 із твердого флюсу й закріплений металевими фіксаторами 12. Металевий корпус обладнаний осьовим газопостачальним патрубком 13, що за допомогою муфти 14 з'єднується з газопроводом 15 системи зовнішнього забезпечення газом високого тиску (на схемі не показана).

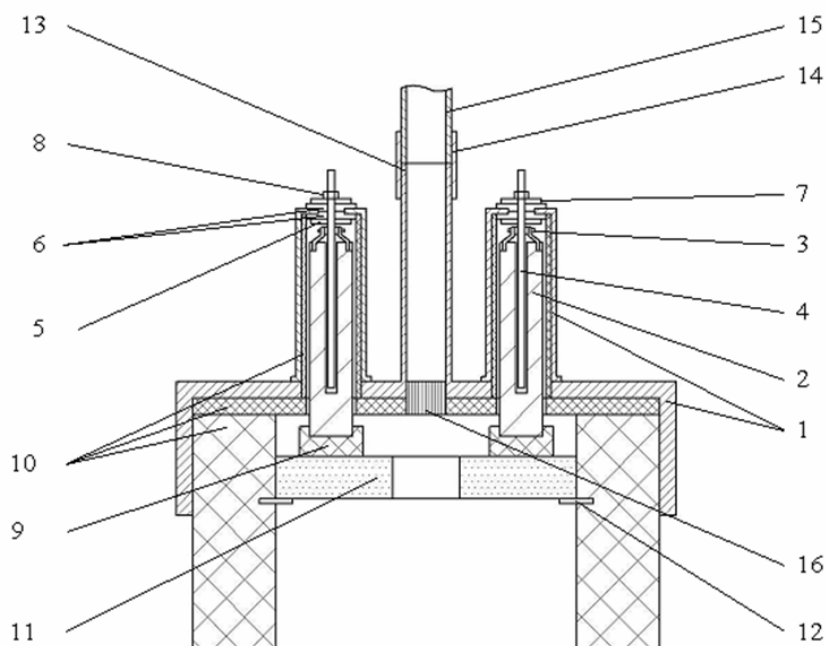


Рисунок 3 - Схема пристрою для здійснення КТГВ-ЕШО: 1 – металевий корпус, 2 – графітові електроди, 3 – контактні елементи, 4 – струмопровідні стрижні, 5 – шайби, 6 – електронепровідні прокладки, 7 – шайби, 8 – гайки, 9 – насадки з електронепровідного вогнетривкого матеріалу, 10 – вставка з електронепровідного вогнетривкого матеріалу, 11 – вкладиш із флюсу, 12 – металеві фіксатори, 13 – газопостачальний патрубок, 14 - муфта, 15 - газопровід, 16 - газопроникна пробка [4, 5]

Робота пристрою здійснюється в наступний спосіб. Збирають пристрій (рис. 3). До газопостачального патрубку 13 за допомогою металевого дроту кріплять ємність (звичайно, паперовий мішок) з теплоізоляційною засипкою. Після чого закріплюють металевий дріт на газопостачальному патрубку 13 з боку з'єднання газопроводу 15 і за допомогою підйомно-транспортного встаткування розміщують пристрій у ливарній формі, і фіксують його положення на певній відстані від дна робочої порожнини форми, при цьому відстань залежить від розмірів, конфігурації, типу сплаву виливка, а також від тривалості заливання (на схемі не зазначене).

Далі починають заповнення ливарної форми розплавом. У міру наповнення рівень металу доходить до ємності з теплоізоляційною засипкою, що розподіляється по всій поверхні дзеркала металу. При наступному підйомі рівня розплаву у формі відбувається занурення вставки з вогнетривкого матеріалу в шар теплоізоляційної засипки, а потім у розплав під дією власної маси та маси металевого корпусу, при цьому, металевий корпус разом із вкладишем із флюсу протягом процесу заповнення форми не занурюється в рідкий метал, а перебуває вище рівня поверхні теплоізоляційної засипки.

Наприкінці заповнення ливарної форми розплавом в надливній зоні пристрій зупиняється, металевий корпус занурюється в розплав за допомогою стопора (на схемі не зазначено), після цього припиняють заливання і в такому положенні роблять витримку протягом розрахованого проміжку часу з метою здійснення процесу герметизації системи виливок-елементи подачі стисненого газу. У цей час відбувається розплавлення вкладишу 11 і занурення електродів 2 з насадками 9 у розплав флюсу, причому, електроди не контактують із металевим розплавом (рис. 4, б). Далі, до струмопровідних стрижнів 4 приєднують струмопровідні кабелі (на схемі не зазначене), до газопостачального патрубку 13 за допомогою муфти 14 приєднують газопровід 15.

Після цього подають напругу, у шарі рідкого флюсу виділяється тепло та, відповідно, здійснюється обігрів металу надливної частини виливка протягом необхідного проміжку часу. Температуру нагрівання розплаву регулюють силою струму (I, A) і напругою (U, B) зварювального трансформатора (на схемі не зазначене). В процесі електрообігріву подають стиснений газ через газопроникну пробку 16 за заздалегідь розрахованим режимом зміни тиску. Таким чином, на рідкий і метал, що кристалізується, здійснюється додатковий газодинамічний вплив.

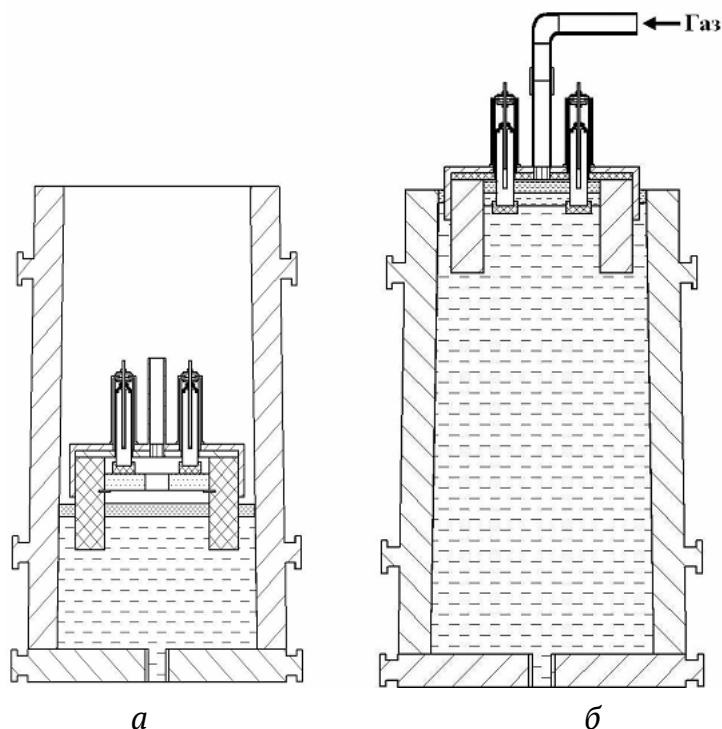


Рисунок 4 - Схема розташування пристрою в процесі (а) і після закінчення (б) заповнення форми розплавом [4, 5]

Одним з найважливіших показників ефективності будь якої технології виготовлення литих заготовок є вихід придатного, в тому числі, при виробництві злитків - це величина головної обрізі, що безпосередньо впливає на собівартість кінцевої продукції. Використання КТГВ-ЕШО дозволяє ефективніше використовувати розплав надливної частини вилівка (злитка) для живлення усадки за рахунок підтримання металу в рідкому стані впродовж всього часу затвердіння основної маси вилівка (злитка), тим самим зменшуючи необхідну для живлення усадки кількість розплаву та, відповідно, масу надливу. Це, зі зрозумілих причин, особливо актуально для виробів із сплавів, що містять в собі дорівартісні компоненти основи та/або легуючі. При цьому, актуальним завданням також є отримання можливості визначення розмірів конкретного надливу при використанні КТГВ-ЕШО для виливків різної маси та розмірів у найбільш зручний спосіб без реалізації громіздких розрахункових схем.

Тому **метою** даної роботи є проведення розрахунків та побудова номограм для визначення розмірів надливів циліндричних заготовок різної маси із сталей 40ХЛ та Х12МЛ, що твердіють в металевій формі при реалізації комбінованої технології газодинамічного впливу та електрошлакового обігріву.

Основний матеріал. Однією з особливостей конструкції пристроїв для здійснення комбінованої технології газодинамічного впливу та електрошлакового обігріву (КТГВ-ЕШО) є наявність вставки з вогнетривкого матеріалу, що займає певну долю об'єму надливної частини виливка або зливта. Відповідно, функції надливу виконуватиме об'єм металу, який знаходиться усередині вставки під шаром утеплюючої засипки і розплавленого електропровідного флюсу (рис. 5). Крім того, для одного і того ж виливка вставки можуть бути виконані з різних матеріалів з різними теплофізичними властивостями, що призведе до зміни розмірів вставки (передусім, товщини стінок) і об'єму, що займе вставка в надливній частині виливка або злитка, що, у свою чергу, призведе до зміни розмірів надливу.

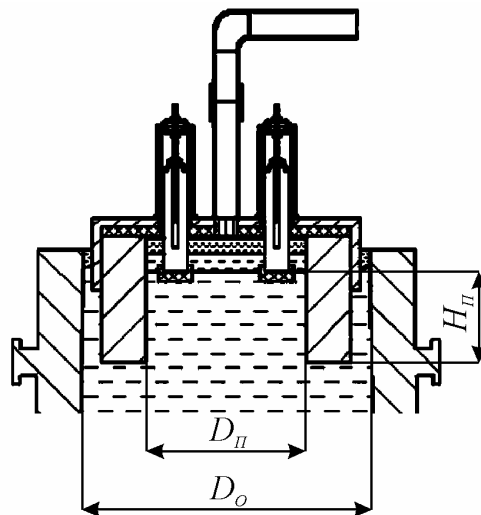


Рисунок 5 - Схема до розрахунку розмірів надливу при КТГВ-ЕШО [12]

Масу металу в надливі розраховували по формулі

$$m_n = P_o e_o, \quad (1)$$

де P_o – маса виливка, кг,

e_o – об'ємна усадка, безрозмірна величина, вимірюється в долях одиниці.

Об'єм металу в надливі

$$V_n = \frac{\pi D_n^2}{4} H_n, \quad (2)$$

де D_n – діаметр надливу, м,

H_n – висота надливу, м.

Об'єм металу в надливі (2) за умови $k = D_o / D_{\Pi}$, обчислювали за формулою

$$V_{\Pi} = \frac{\pi D_o^2 k^2}{4} H_{\Pi}, \quad (3)$$

де D_o – діаметр надливу, м,

k – безрозмірна величина, що характеризує співвідношення діаметрів виливка і надливу.

Виходячи з (3) маса металу в надливі складає

$$m_{\Pi} = \frac{\pi D_o^2 k^2}{4} H_{\Pi} \rho, \quad (4)$$

де ρ – щільність матеріалу виливка, кг/м^3 .

Прирівнюючи вирази (2) і (3) отримаємо

$$P_o e_o = \frac{\pi D_o^2 k^2}{4} H_{\Pi} \rho \quad (5)$$

Виражаємо P_o через геометричні характеристики виливка і надливу D_o , H_{Π} , k , а також параметри сплаву виливка e_o та ρ :

$$P_o = \left(\frac{\pi D_o^2 k^2}{4} H_{\Pi} \rho \right) / e_o \quad (6)$$

На рисунках 6 – 11 представлені номограми для визначення висоти надливу (H_{Π}) по його діаметру (D_{Π}) та масі (P_o) виливків циліндричної форми із сталей 40ХЛ та Х12МЛ при різному співвідношенні діаметрів виливка і надливу (k). При побудові номограм використовувалися наступні дані для прийнятих властивостей сплавів (таблиця 1)

$$P_o = \left(\frac{\pi D_{\Pi}^2}{4} H_{\Pi} \rho \right) / e_o. \quad (7)$$

Значення використовуваних параметрів
для розрахунку маси та розмірів надливу

Марка сплаву	Властивості	
	щільність, $\text{кг}/\text{м}^3$	об'ємна усадка, %
40ХЛ	7860	3,4
X12МЛ	7600	4,3

Розрахунок проводився для виливків діаметром 0,25 – 0,7 м при варіації співвідношення діаметру виливка до діаметра надливу (k) 0,6, 0,65 та 0,7.

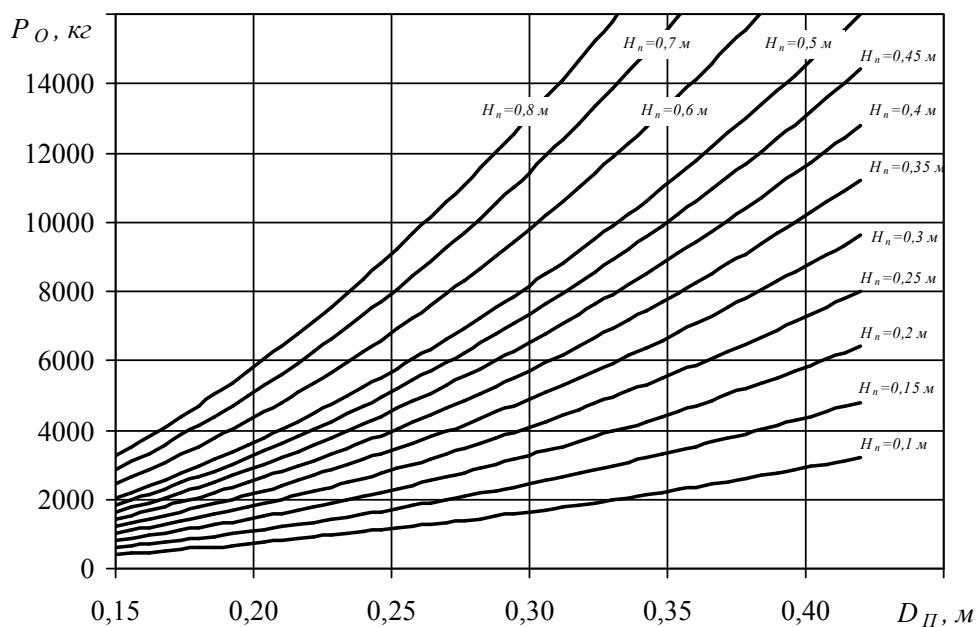


Рисунок 6 - Номограма для визначення висоти надливу ($H_{\text{п}}$) по його діаметру ($D_{\text{п}}$) і масі ($P_{\text{о}}$) виливка циліндричної форми із сталі 40ХЛ при співвідношенні діаметрів виливка та надливу $k = 0,6$

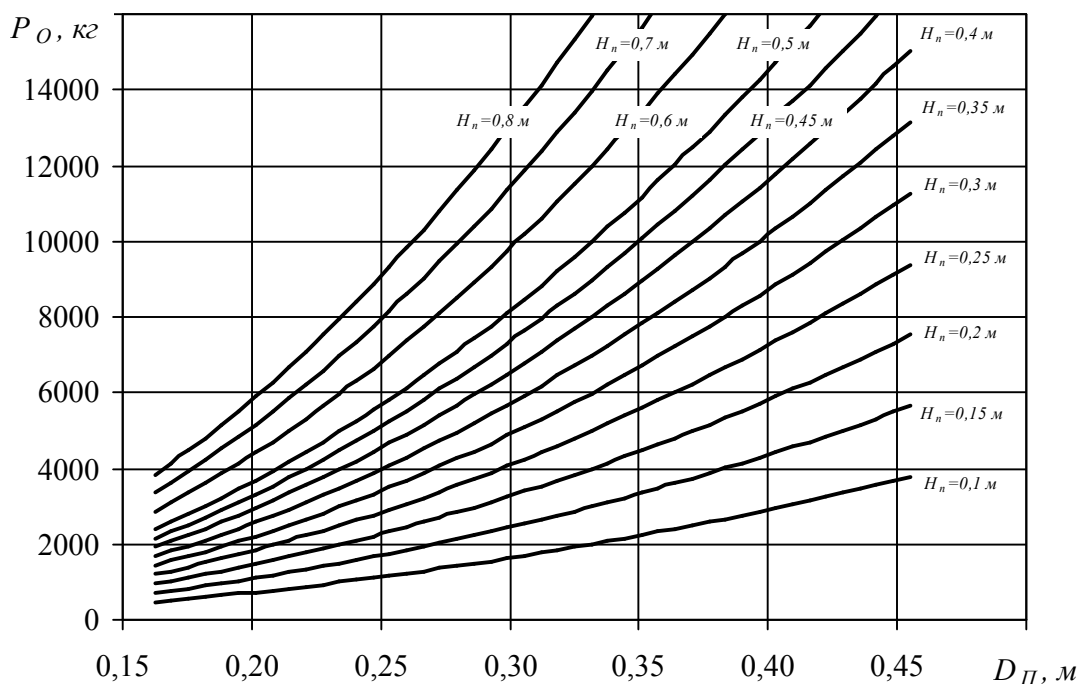


Рисунок 7 - Номограма для визначення висоти надливу (H_{II}) по його діаметру (D_{II}) і масі (P_O) виливка циліндричної форми із сталі 40ХЛ при співвідношенні діаметрів виливка та надливу $k = 0,65$

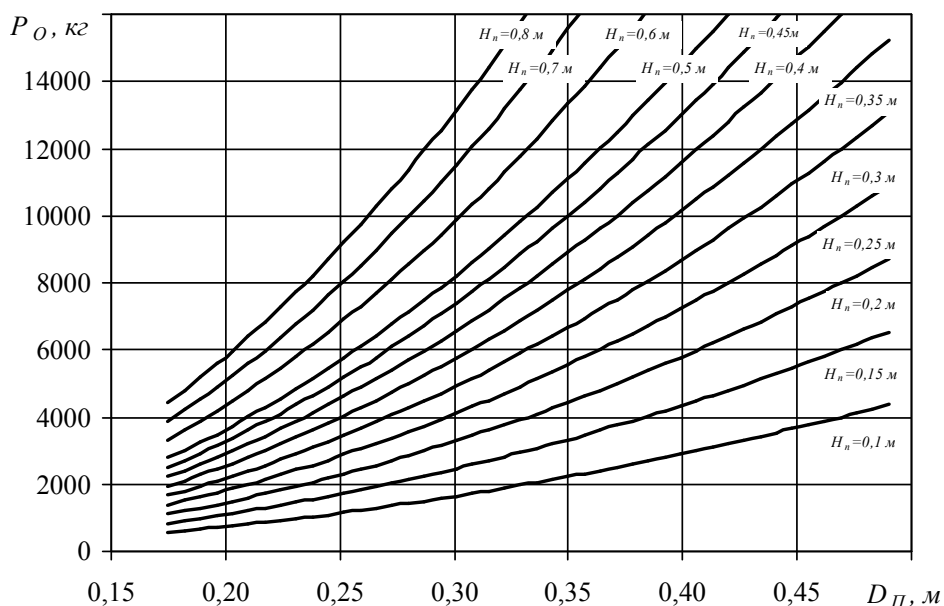


Рисунок 8 - Номограма для визначення висоти надливу (H_{II}) по його діаметру (D_{II}) і масі (P_O) виливка циліндричної форми із сталі 40ХЛ при співвідношенні діаметрів виливка та надливу $k = 0,7$

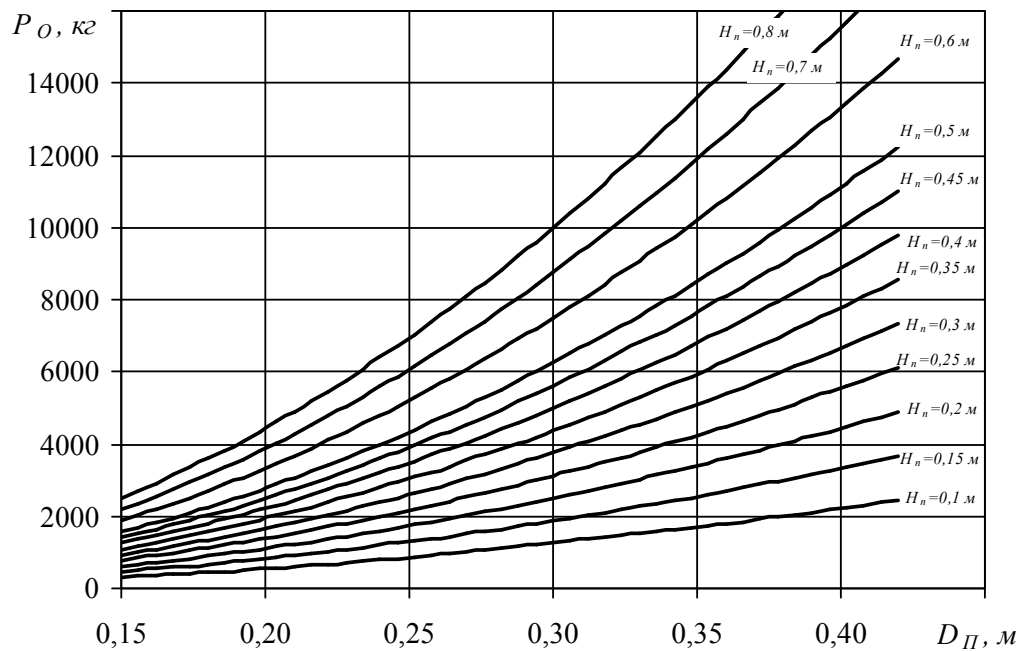


Рисунок 9 - Номограма для визначення висоти надливу (H_n) по його діаметру (D_n) і масі (P_o) виливка циліндричної форми із сталі X12ML при співвідношенні діаметрів виливка та надливу $k = 0,6$

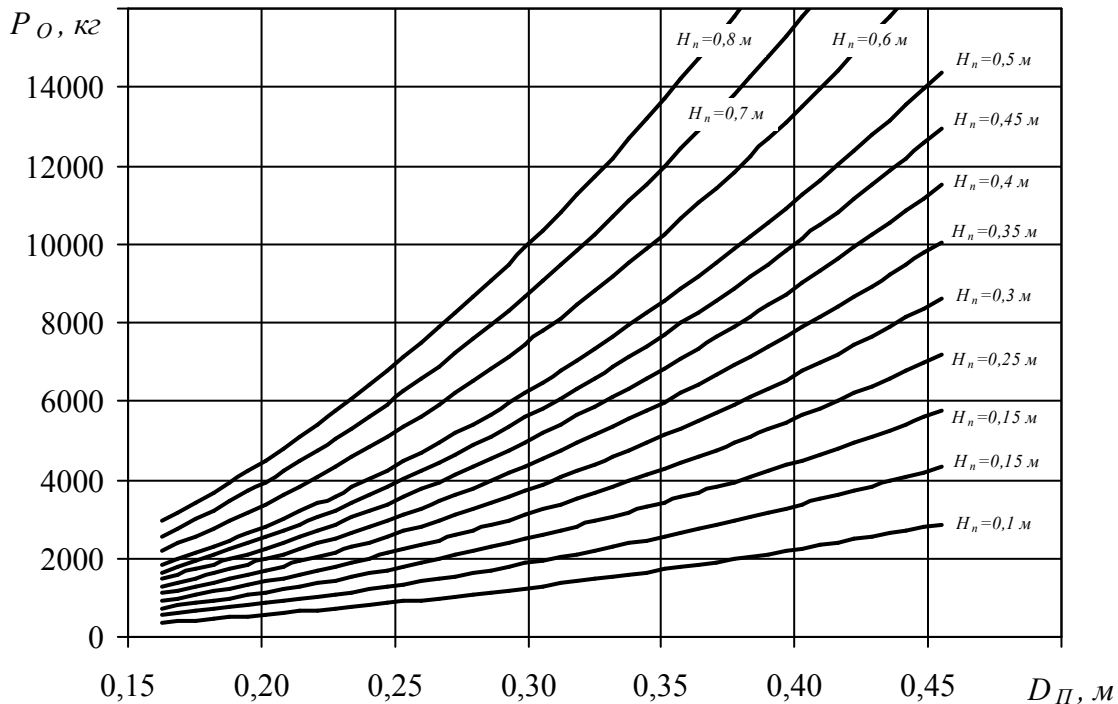


Рисунок 10 - Номограма для визначення висоти надливу (H_n) по його діаметру (D_n) і масі (P_o) виливка циліндричної форми із сталі X12ML при співвідношенні діаметрів виливка та надливу $k = 0,65$

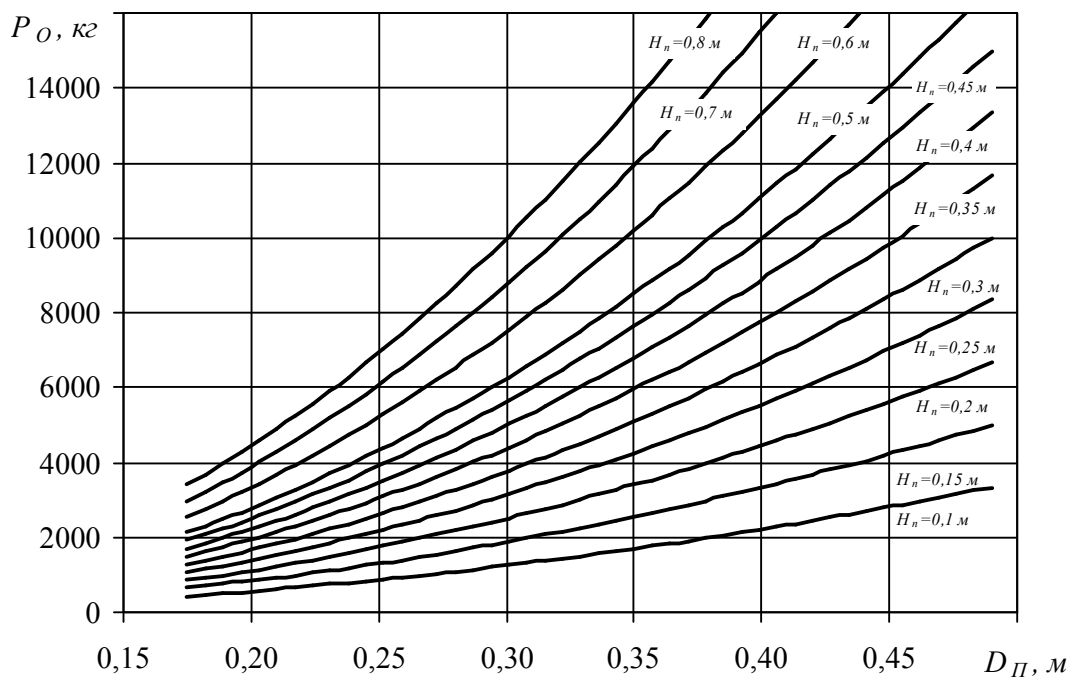


Рисунок 11 - Номограма для визначення висоти надливу (H_n) по його діаметру (D_n) і масі (P_o) виливка циліндричної форми із сталі Х12МЛ при співвідношенні діаметрів виливка та надливу $k=0,7$

Висновки.

1. В результаті проведеного аналізу даних згідно з тематикою роботи встановлено, що з урахуванням необхідності забезпечення утеплення металу в надливній зоні крупних виливків для забезпечення ефективного живлення усадки в процесі газодинамічного впливу, перспективно використання розробленої на кафедрі ливарного виробництва Українського державного університету науки і технологій (м. Дніпро) комбінованої технології газодинамічного впливу та електрошлакового обігріву.

2. Застосування конструкції холодильника у вигляді металевого корпусу зі вставкою із вогнетривкого матеріалу, графітовими електродами і вкладишем із флюсу, що працює за принципом плаваючої надливної вставки, дає можливість максимально повно використовувати резерв перегріву розплаву в надливній зоні виливка та більш ефективно здійснювати процес газодинамічного впливу.

3. Встановлено, що для визначення розмірів надливів виливків, що виготовляються з використанням КТГДВ-ЕШО, треба враховувати наявність вставки з вогнетривкого матеріалу, що займає певну долю об'єму надливної частини виливка або злитка. Вставки можуть бути виконані з різних матеріалів з різними теплофізичними властивостями, що призведе до зміни розмірів вставки

(передусім, товщини стінок) і об'єму, що займає вставка в надливній частині виливка або злитка, що, у свою чергу, призведе до зміни розмірів надливу.

4. Проведені відповідні розрахунки та побудовані номограми для визначення висоти надливу ($H_{\text{п}}$) по його діаметру ($D_{\text{п}}$) і масі (P_0) виливків циліндричної форми із сталей 40ХЛ та Х12МЛ при співвідношеннях діаметрів виливка та надливу $\kappa = 0,6, 0,65$ та $0,7$. Розрахунки виконані для циліндричних виливків масою 200 – 16000 кг діаметром 0,25 – 0,7 м. Це дає можливість визначати технологічні параметри виготовлення таких литих заготовок в короткий час без проведення додаткових громіздких розрахунків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Селиверстов В.Ю. Технология газодинамического воздействия на расплав в литейной форме – один из перспективных способов повышения качества металла отливок /В.Ю. Селиверстов //Сучасні проблеми металургії. Наукові праці. – 2007. – Том 10. – С. 25 – 35.
2. Селівьорстов В.Ю. Диверсифікація режимів здійснення технології газодинамічного впливу при виготовленні виливків способом ЛВМ /В.Ю. Селівьорстов, П.Д. Куц //Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ», 2010. – № 17 – С. 108 – 113.
3. Пат. 55301 Україна, МПК (2009) B22D 18/00. Спосіб отримання виливків /Селівьорстов В.Ю., Хричиков В.Є., Доценко Ю.В., Куц П.Д., Савега Д.О.; власник патенту Національна металургійна академія України – № у 201006702; заявл. 31.05.2010; опубл. 10.12.2010, Бюл. № 23.
4. Пат. 91943 Україна, МПК (2009) B22D 18/04, B22D 18/00. Пристрій для одержання виливків /Селівьорстов В.Ю., Хричиков В.Є., Куцова В.З., Міняйло О.В.; власник патенту Національна металургійна академія України – № а 200906145; заявл. 15.06.2009; опубл. 10.09.2010, Бюл. № 17.
5. Пат. 46128 Україна, МПК (2009) B22D 18/00. Спосіб отримання виливків /Селівьорстов В.Ю., Хричиков В.Є., Куцова В.З., Міняйло О.В., Савега Д.О.; власник патенту Національна металургійна академія України – № у 200906107; заявл. 15.06.2009; опубл. 10.12.2009, Бюл. № 23.
6. Пат. 37838 Україна, МПК (2006) B22D 18/00. Спосіб отримання виливків /Селівьорстов В.Ю., Хричиков В.Є., Доценко Ю.В.; власник патенту Національна металургійна академія України – № 200808859; заявл. 07.07.2008; опубл. 10.12.2008, Бюл. № 23.
7. Селиверстов В.Ю. Методика расчета параметров газодинамического воздействия на затвердевающий металл в литейной форме / В.Ю. Селиверстов,

Т.В. Михайловская //Системні технології: Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Дніпропетровськ, 2010. – Вип. 3 (68). – С. 186 – 192.

8. Селівьорстов В.Ю. Автоматизоване визначення режиму газодинамічного впливу на розплави в ливарній формі /В.Ю. Селівьорстов, Т.В. Михайловська //Системні технології: Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Дніпропетровськ, 2010. – Вип. 4 (69). – С. 73 – 78.

9. Комп'ютерна програма «GDICalc»; свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір /Селівьорстов В.Ю., Михайловська Т.В. – № 34834; дата реєстрації 06.09.2010.

10. Михайловская Т.В. Компьютерный расчет температурного поля отливки и объемной песчаной формы для управления технологическими режимами /Т.В. Михайловская, В.Ю. Селиверстов //Вестник СевГТУ: Сб. науч. тр. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2009. –Вып. 95. – С. 47 – 52.

11. Селівьорстов В.Ю. Особливості розрахунку газодинамічного впливу на метал, що твердіє в кокілі /В.Ю. Селівьорстов //Теорія і практика металургії. – 2009. – № 1 – 2. – С. 158 – 161.

12. Селиверстов В.Ю. Расчет размеров прибылей отливок, изготавливаемых с использованием комбинированной технологии газодинамического воздействия и электрошлакового обогрева /В.Ю. Селиверстов, Т.В. Михайловская //Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – 2011. – № 1 (72). С. 11 – 17.

REFERENCES

1. Seliverstov V.Yu. Tekhnolohiya hazodynamycheskoho vozdeistvyia na rasplav v lyteinoi forme – odyń yz perspektyvnykh sposobov povыshenyia kachestva metalla otlyvok /V.Yu. Selyverstov //Suchasni problemy metalurhii. Naukovi pratsi. – 2007. – Tom 10. – S. 25 – 35.

2. Selivorstov V.Yu. Dyversyfikatsiia rezhymiv zdiisnennia tekhnolohii hazodynamichnoho vplyvu pry vyhotovlenni vylyvkiv sposobom LVM /V.Yu. Selivorstov, P.D. Kushch //Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «KhPI». Zbirnyk naukovykh prats. Tematychnyi vypusk: Novi rishennia v suchasnykh tekhnolohiiakh. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2010. – № 17 – S. 108 – 113.

3. Pat. 55301 Ukraina, MPK (2009) V22D 18/00. Sposib otrymannia vylyvkiv /Selivorstov V.Yu., Khrychikov V.E., Dotsenko Yu.V., Kushch P.D., Saveha D.O.; vlasnyk patentu Natsionalna metalurhiina akademiia Ukrainy – № u 201006702; zaiavl. 31.05.2010; opubl. 10.12.2010, Biul. № 23.

4. Pat.91943 Ukraina, MPK(2009) V22D 18/04, V22D 18/00.Prystarii dlia oderzhannia vylyvkiv/Selivorstov V.Yu., Khrychikov V.E., Kutsova V.Z., Minialo O.V.; vlasnyk

patentu Natsionalna metalurhiina akademiia Ukrainy – № a 200906145; zaiavl. 15.06.2009; opubl. 10.09.2010, Biul. № 17.

5. Pat. 46128 Ukraina, MPK (2009) V22D 18/00. Sposib otrymannia vylyvkiv /Selivorstov V.Yu., Khrychikov V.E., Kutsova V.Z., Miniailo O.V., Saveha D.O.; vlasnyk patentu Natsionalna metalurhiina akademiia Ukrainy – № u 200906107; zaiavl. 15.06.2009; opubl. 10.12.2009, Biul. № 23.

6. Pat. 37838 Ukraina, MPK (2006) V22D 18/00. Sposib otrymannia vylyvkiv /Selivorstov V.Yu., Khrychikov V.E., Dotsenko Yu.V.; vlasnyk patentu Natsionalna metalurhiina akademiia Ukrainy – № 200808859; zaiavl. 07.07.2008; opubl. 10.12.2008, Biul. № 23.

7. Selyverstov V.Yu. Metodyka rascheta parametrov hazodynamycheskoho vozdeistvyia na zatverdevaiushchyi metall v lyteinoi forme / V.Iu. Selyverstov, T.V. Mykhailovskaia //Systemni tekhnolohii: Rehionalnyi mizhvuzivskyi zbirnyk naukovykh prats. – Dnipropetrovsk, 2010. – Vyp. 3 (68). – S. 186 – 192.

8. Selivorstov V.Yu. Avtomatyzovane vyznachennia rezhymu hazodynamichnoho vplyvu na rozplav v lyvarnii formi /V.Yu. Selivorstov, T.V. Mykhailovska //Systemni tekhnolohii: Rehionalnyi mizhvuzivskyi zbirnyk naukovykh prats. – Dnipropetrovsk, 2010. – Vyp. 4 (69). – S. 73 – 78.

9. Kompiuterna prohrama «GDICalc»; svidotstvo pro reiestratsiiu avtorskoho prava na tvir /Selivorstov V.Yu., Mykhailovska T.V. – № 34834; data reiestratsii 06.09.2010.

10. Mykhailovskaia T.V. Kompiuternyi raschet temperaturnoho polia otlyvky y ob'ємnoi peschanoi formy dlia upravleniia tekhnolohycheskymy rezhymamy /T.V. Mykhailovskaia, V.Yu. Selyverstov //Vestnyk SevHTU: Sb. nauch. tr. – Sevastopol: Yzd-vo SevNTU, 2009. –Vp. 95. – S. 47 – 52.

11. Selivorstov V.Yu. Osoblyvosti rozrakhunku hazodynamichnoho vplyvu na metal, shcho tverdiie v kokili /V.Yu. Selivorstov //Teoriia i praktyka metalurhii. – 2009. – № 1 – 2. – S. 158 – 161.

12. Selivorstov V.Yu. Raschet razmerov prybylei otlyvok, yzghotavlyvaemykh s yspolzovanyem kombynyrovannoi tekhnolohyy hazodynamycheskoho vozdeistvyia y elektroshlakovoho obohrevu /V.Yu. Selivorstov, T.V. Mykhailovskaia //Systemni tekhnolohii. Rehionalnyi mizhvuzivskyi zbirnyk naukovykh prats. – 2011. – №1 (72). S. 11 – 17.

Received 28.03.2022.

Accepted 31.03.2022.

**Calculation of the sizes of the overflow part of ingots from steels 40ХЛ and Х12МЛ
at application of gas-dynamic influence and electroslag heating**

The results of analytical research on the use of methods for calculating the size of inflows of cylindrical casts from steels 40ХЛ and Х12МЛ weighing 200 - 16000 kg and a diameter of 0.25 - 0.7 m, hardening in metal form (mold) in electroslag heating of the melt and creating atmospheric gas pressure in the overflow part. Schemes of construction of the corresponding device and realization of technology are resulted. The use of the refrigerator design in the form of a metal housing with an insert of refractory material, graphite electrodes and a flux insert, which works on the principle of floating filling insert in the combined technology of gas-dynamic impact and electroslag heating, allows more efficient use of melt casting ingot by keeping the metal in a liquid state throughout the curing time of the main mass of the casting (ingot), thereby reducing the amount of melt required to feed the shrinkage and, accordingly, the mass of the overflow. This is especially true for alloy products that contain high-cost base components and / or alloys. It is also an urgent task to be able to determine the size of a particular filling when using technology for castings of different weights and sizes in the most convenient way without the implementation of cumbersome calculation schemes. It is shown that the peculiarity of determining the size of overflows of castings made using combined technology is to take into account changes in the size of the insert of refractory material (especially wall thickness), which occupies a certain share of the overflow part of the cast or ingot, which, in turn, will change the size of the filling. Calculations and nomograms for determining the height of the filling by its diameter and the mass of casts at the ratios of the diameters of the casting and filling 0.6, 0.65 and 0.7.

Селівьорстов Вадим Юрійович – д.т.н., професор, Український державний університет науки і технологій.

Селівьорстова Тетяна Віталіївна - к.т.н., доцент, Український державний університет науки і технологій.

Зеленський Костянтин Андрійович - магістр, Український державний університет науки і технологій.

Іванова Людмила Харітоновна - д.т.н., професор, Український державний університет науки і технологій.

Selivorstov Vadim - Doctor of technical Sciences, Professor, Ukrainian State University of Science and Technologies.

Selivorstova Tatjana - Ph.D., Associate Professor, Ukrainian State University of Science and Technologies.

Zelenskyi Kostiantyn - master, Ukrainian State University of Science and Technologies.

Ivanova Lyudmila - Doctor of technical Sciences, Professor, Ukrainian State University of Science and Technologies.