

УДК 621.74

- Кузовов О. Ф. канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри «Машини і технологія ливарного виробництва» Національного університету «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна, e-mail: kuzovov.af@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7287-7974
- Сажнев В. М. канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри «Машини і технологія ливарного виробництва» Національного університету «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна, e-mail: sajhnev@zntu.edu.ua, ORCID: 0000-0002-2095-4958
- Малий О. В. аспірант кафедри «Машини і технологія ливарного виробництва» Національного університету «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна, e-mail: calorismetalurgical@gmail.com

НОВА ТЕХНОЛОГІЯ ЖИВЛЕННЯ КОВАЛЬСЬКИХ ЗЛИВКІВ

Мета роботи. Провести порівняльний розрахунок геометричних параметрів надливів для ковальських зливків за традиційною і експериментальною технологією з використанням сучасних теплоізоляційних виробів – ригелів вітчизняного виробництва, одним із компонентів яких є папір.

Методи дослідження. Перевірені практикою інженерні методи розрахунків надливів для зливків і виливків, спираючись на численний досвід вітчизняних та закордонних ливарників, а також узагальнений власний багаторічний практичний досвід та наукові дослідження.

Отримані результати. Виконані розрахунки розмірів надливів (голови) для дев'яти найменувань зливків (масою від 1 до 15 т) умовно поділених за конструкцією і виконанням на три групи. Для зливків першої групи усі частини – виливниця, наскрізний піддон і надливна надставка виконанні окремо. У зібраному вигляді ці елементи утворюють ливарну форму, яка встановлюється на піддон (2- або 4- містний) і заливається сифоном через центрову. За чинною технологією надливи зливків першої групи футерувалися звичайною формувальною сумішшю із рідким склом з ущільненням у просторі між моделлю і корпусом надливної надставки із подальшим тепловим сушінням. Для зливків другої й третьої груп виливниця також наскрізна, заливка – сифоном на піддоні. Надливна надставка також від'ємна, футерувалася шамотною цеглою із наступним сушінням. Конструктивно усі зливки уявляли собою утиснутий конус з розширенням уверх і хвилястою боковою поверхнею, донна частина зливка уявляла собою утиснутий конус з розширенням уверх і гладкою боковою поверхнею, надлив – утиснутий конус зі звуженням уверх і гладкою боковою поверхнею.

Наукова новизна. Встановлено, що у переважній більшості випадків при застосуванні ригелів розрахунковий коефіцієнт корисної дії надлива складає – 0,28, що дозволило суттєво зменшити розміри надлива й отримати значну економію рідкого металу на кожному виливці або зливці. Для звичайних технологій, що традиційно використовуються в практиці виготовлення ковальських зливків, коефіцієнт корисної дії складає 0,19 (для комбінованої форми: піщаної частини форми для надлива і металеві частини для робочої частини зливка) і 0,11...0,14 – для повністю піщаної форми.

Практична цінність. Розроблено методу розрахунків надливів під футерівку їх сучасними теплоізоляційними виробами – ригелями. Завдяки сприятливим теплофізичним властивостям матеріалу ригелів, можна зменшити розміри надливів і, відповідно, зменшити витрати рідкого металу. Використання ригелів замість вказаних вище технологій також значно покращує санітарно-гігієнічні умови й продуктивність праці на дільниці підготовки надливних надставок під заливку. Зроблені нові технології живлення і конструкції надливних надставок під ригелі, які знаходяться в експлуатації близько 6 років (перша група) і 3 роки (друга і третя групи).

Ключові слова: зливки, надливи, ригелі, розрахунок, коефіцієнт корисної дії надлива.

Вступ

Зниження витрат рідкого металу на надливи і, відповідно, підвищення показника виходу придатного при виробництві зливків та виливків залишається важливою проблемою у чорній металургії та ливарному виробництві.

При великих обсягах виробництва навіть невелика, на перший погляд, економія рідкої сталі дає відчутний матеріальний ефект. Крім того у сучасних технологіях металургійних зливків в якості утеплюючих елементів широко застосовуються нові технологічні

рішення: застосування ізотермічних ригелів та утеплюючих плит для круглих і прямокутних зливків, відповідно.

Застосування цих елементів корінним чином змінює в кращий бік характер і санітарно-гігієнічні умови праці на дільницях підготовки виливниць.

Аналіз досліджень та публікацій

Для зосередження уваги на головній частині зливка на більшості металургійних заводів використовують надливи. Стационарні надливи достатньо прості і зручні в експлуатації. Литий металевий

каркас футерується зсередини звичайною шамотною цеглою, в залежності від способу укладки цегли змінюється товщина основної футерівки від 65 до 115 мм. Витрата вогнетривкої цегли складає 0,2–0,4 кг/т сталі, футерівка надставок витримує 30...50 наливів [1].

На деяких металургійних заводах використовують набивні надставки. Набивку вогнетривкої маси виконують по шаблону, що має форму надливної частини зливка. Вихідними матеріалами можуть бути зволожений шамотний порошок і пластична вогнетривка глина. Для з'ємних надставок маса металу, що заливається в надлив, складає 15...18 % від маси зливка.

Футеруються надставки звичайною або легковажною шамотною цеглою, теплоізоляційними або екзотермічними вкладниками, набиванням з вогнетривкої або екзотермічної маси, використовується також наливна футерівка з самотвердіючих сумішей. Ущільнюють масу пневматичними трамбовками або спеціальними механізованими засобами [2].

На великих ковальських виливках застосовують також плаваючі надставки. Нижня основа плаваючої надставки входить у виливницю. До наповнення виливниці металом надставка утримується за допомогою дерев'яних клинів, які потім згоряють або їх видаляють. Перевага плаваючих надставок полягає в можливості їх переміщення в виливницю разом зі злитком при його усадці, що виключає підвисання зливка і утворення піднадливних поперекових тріщин [3].

Для розливання відповідальних і легованих марок сталей економічно виправданим є використання вставок, плит і вкладишів, що виготовляються з матеріалів

з високою теплоізоляційною здатністю. Такі вироби кріплять до каркаса надливу виливниці за допомогою клинів, гачків, скоб, цвяхів або приклеюванням.

Відомостей з методики розрахунків оптимальних геометричних розмірів таких спеціальних виробів для надливів в науково-технічній літературі дуже мало. Тому робота присвячена спробі вирішення цього питання.

Мета роботи

Провести порівняльний розрахунок геометричних параметрів надливів для ковальських зливках за традиційною і експериментальною технологією з використанням сучасних теплоізолюючих виробів – ригелів вітчизняного виробництва, одним із компонентів яких є папір.

Матеріал і методика досліджень

Матеріал зливків – вуглецеві сталі. Методика розрахунків докладно викладена у роботі [4], що базується на простих, перевірених практикою інженерних методах, спираючись на численний досвід вітчизняних та закордонних ливарників, а також узагальнюючи власний багаторічний практичний досвід та наукові дослідження.

Результати досліджень

Виконані перерахунки розмірів надливів (голови) дев'яти найменувань зливків масою від 1 до 15 т (табл. 1).

Таблиця 1 – Параметри ливарної форми до впровадження (чисельник) і після впровадження (знаменник) нової технології

Група	Маса зливка, т	$V_{р.ч.}$, дм ³	$V_{д.ч.}$, дм ³	$V_{надл.}$, дм ³	$V_{вил.}$, дм ³	$V_{ф.}$, дм ³	$G_{з.л.}$, кг	$V_{г.}$, %	ΔG_p , кг	η
I	1,0	108	-	31	108	139	973	22,3	-	0,20
		108	-	25	108	133	931	18,8	42	0,24
	2,0	230	10	62	240	302	2114	20,5	-	0,22
		230	10	46	240	286	2002	16,1	112	0,28
	4,0	419	22	129	441	570	3990	22,6	-	0,20
		419	22	85	441	526	3682	16,2	308	0,28
5,5	583	11	183	594	777	5439	23,6	-	0,19	
	583	11	114	594	708	4956	15,9	483	0,28	
II	4,2	472	-	128	472	600	4200	21,3	-	0,21
		472	-	96	473	569	3983	16,5	217	0,27
	5,0	561	-	153	561	714	5000	21,4	-	0,21
		561	-	102	561	663	4641	15,4	359	0,29
	6,8	763	-	208	763	971	6800	21,4	-	0,21
		763	-	138	763	901	6307	15,3	493	0,29
III	12,0	1382	-	332	1382	1714	12000	19,4	-	0,23
		1382	-	264	1382	1646	11522	16,0	478	0,28
	15,0	1702	-	441	1702	2143	15000	20,5	-	0,22
		1702	-	326	1702	2028	14196	16,1	804	0,28

Принцип конструкції усіх зливків: робоча частина – утиснутий конус з розширенням уверх і хвилястою боковою поверхнею, донна частина – утиснутий конус

з розширенням уверх і гладкою боковою поверхнею, надлив – утиснутий конус із звуженням уверх і гладкою боковою поверхнею.

Для злиwkів першої групи (табл. 1) кожна із вказаних частин виконана окремо: виливниця, наскрізний піддон і надливна надставка, відповідно. У зібраному вигляді ці елементи утворюють ливарну форму, яка встановлюється на піддон (2-х або 4-містний) і заливається сифонно через центрову. За існуючою технологією надливи злиwkів першої групи футерувалися звичайною формувальною сумішшю із рідким склом з ущільненням у просторі між моделлю і корпусом надливної надставки із подальшою тепловою сушкою.

Для злиwkів другої і третьої груп виливниця також наскрізна, заливка – сифоном на піддоні. Надливна надставка також з'ємна, футерувалася шамотною цеглою і сушінням.

Результати

Нижче наведений приклад розрахунку для злиwка масою 5,5 т (рис. 1). За існуючою технологією об'єми ливарної форми (із креслень):

- робочої частини злиwка (виливниця) – $V_{р.ч.} = 583 \text{ дм}^3$,
 - донної частини – $V_{д.ч.} = 11 \text{ дм}^3$;
 - надлива – $V_{надл.} = 183 \text{ дм}^3$.
- Об'єм виливка, дм^3 :

$$V_{вил.} = V_{р.ч.} + V_{д.ч.} \quad (1)$$

$$V_{вил.} = 583 + 11 = 594 \text{ дм}^3.$$

Сумарний об'єм ливарної форми, дм^3 :

$$V_{\phi} = V_{вил.} + V_{надл.} \quad (2)$$

$$V_{\phi} = 594 + 183 = 777 \text{ дм}^3.$$

Розрахункова маса рідкого металу на форму (розрахункова маса злиwка), кг:

$$G_{зл} = V_{\phi} + \gamma_{р.м.} \quad (3)$$

де $\gamma_{р.м.}$ – щільність рідкого металу, кг/дм^3 .

$$G_{зл} = 777 + 7 = 5439 \text{ кг.}$$

Доля об'єму надлива по відношенню до усього об'єму ливарної форми, %:

$$V_{\Gamma} = \frac{V_{надл.}}{V_{\phi}} \cdot 100\% \quad (4)$$

що складає

$$V_{\Gamma} = \frac{183}{777} \cdot 100\% = 23,6\%.$$

Розрахунок коефіцієнта корисної дії надлива (к.к.д.) виконаний за відомою формулою:

$$(V_{вил.} + V_{надл.}) \cdot k = \eta \cdot V_{надл.} \quad (5)$$

де k – коефіцієнт сумарної об'ємної усадки у рідкому стані і при кристалізації – для вуглецевих сталей ($k = 0,045$);

η – к.к.д. надлива.

Після розрахунку отримано $\eta = 0,19$ – це результат, що характерний для комбінованої форми: піщаної частини форми для надлива і металеві частини для робочої частини злиwка. Звичайно для повністю піщаної форми: $\eta = 0,11 - 0,14$. [4].

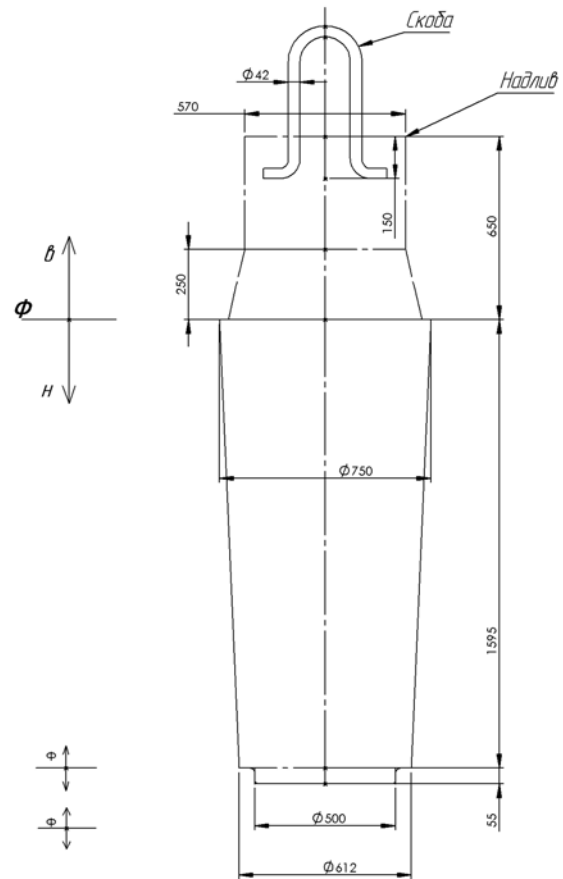


Рисунок 1. Злиwок ковальський ($G_{зл} = 5,5 \text{ т}$)

Для розрахунку нового надлива з використанням ригеля прийнято обґрунтоване практикою значення к.к.д. як нижче значення для піщаної форми і ізотермічної оболонки надлива: $\eta = 0,28$. Використання більш високого значення к.к.д. було ризикованим через відсутність перевірених надійних значень цього параметру для схожих вилиwkів.

Об'єм нового надлива, розрахований за формулою (5), складає:

$$(559 + V_{надл.}) \cdot 0,045 = 0,28 \cdot V_{надл.}$$

$$V_{надл.} = 114 \text{ дм}^3.$$

Доля нового об'єму надлива по відношенню до всього об'єму ливарної форми за формулою (4), %:

$$V_{\Gamma} = \frac{114}{594+11+114} \cdot 100\% = 15,9\% ,$$

що на 7,7% нижче, ніж за існуючою технологією.

Новий об'єм надлива дозволяє економити рідкого

(ΔG_p) металу на один зливков, кг:
 $\Delta G_p = (183 - 114) \cdot 7 = 483$ кг.

Враховуючи дуже важливу обставину, що у формулі (5) ліворуч і праворуч рівняння – це об’єм усадкової раковини, який утворюється у всьому металі, що кристалізується (ліворуч) і об’єм усадкової раковини у надливі (праворуч), неважко розрахувати масу надлива у твердому стані, яка складає 640 кг. Відповідно, доля маси надлива складає 11,8 %, що значно нижче ніж для металургійних злиwkів за класичною технологією – (15–18 %), [4].

Виходячи із нового об’єму надлива, $V_{надл.} = 114$ дм³ – визначені його геометричні розміри: циліндр діаметром 646 мм і висотою 420 мм (рис. 2). Це з урахуванням недоливу надлива на 50 мм і цілої кількості секцій ригеля. Під ці параметри розроблена конструкція нового корпусу надставки з урахуванням товщини ригеля 40 і його висоти 420 мм, а також розмірів зливка і виливниці. Ці розміри ригеля використовуються для злиwkів першої і другої груп. Для злиwkів третьої групи розміри ригеля: товщина – 61, висота – 500 мм.

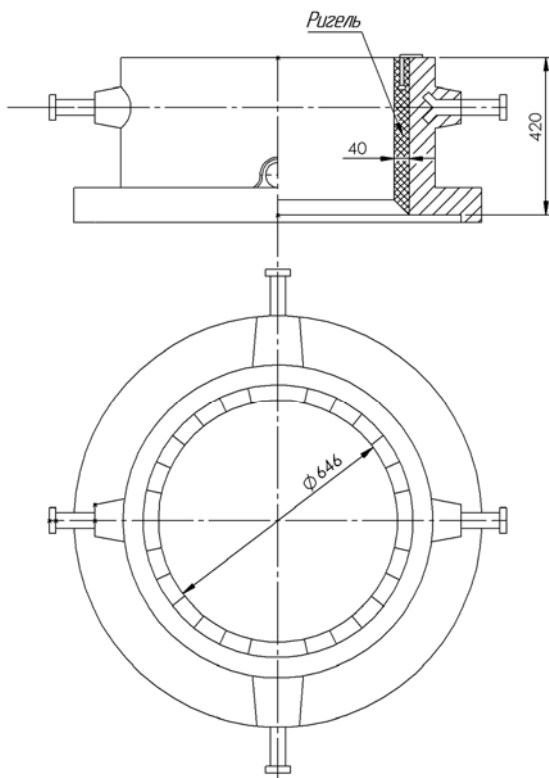


Рисунок 2. Надставка

Аналогічно були виконані розрахунки і розроблені нові конструкції надливних надставок для усіх злиwkів. Результати розрахунків зведені у таблицю, із якої можна зробити висновок, що у переважній більшості випадків розрахунковий коефіцієнт корисної дії надлива складає – 0,28, зменшені розміри надлива і отримана значна економія рідкого металу на кожний виливок.

Розрахунок надлива для відомого об’єму виливка зводиться до визначення його об’єму за рівнянням (5) для $k = 0,045$ (вуглецеві і низьколеговані сталі) і $\eta = 0,28$, який використовувався у цій роботі. Ці дані рекомендуємо як основу методики розрахунку ізотермічних надливів ковальських злиwkів.

Зроблені нові технології живлення й конструкції надливних надставок під ригелі знаходяться в експлуатації 6 років (перша група) і 3 роки (друга і третя групи). Дорікань до якості злиwkів за ці роки не було.

Висновки

На основі розрахунків розроблені і реалізовані у виробництві конструкції надливних надставок під футеровку їх сучасними теплоізоляційними виробами – ригелями вітчизняного виробництва, одним із компонентів яких є папір. Завдяки сприятливим теплофізичним властивостям матеріалу ригелів, можна зменшити розміри надливів і, відповідно, зменшити витрати рідкого металу на виливки. Використання ригелів замість вказаних вище технологій значно покращує санітарно-гігієнічні умови і продуктивність праці на ділянці підготовки надливних надставок під заливку.

Список літератури

1. Власов Н. Н. Разливка черных метал лов [Текст]: справ. изд. / Н. Н. Власов, В. В. Король, В. С. Радя : 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Металлургия, 1987. – 272с.
2. Прибыльные надставки для разливки стали в изложницы [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://steeltimes.ru/allmet/casting/ingots/equipment/008.php>.
3. Улучшение тепловой работы прибыли крупных стальных слитков [Електронний ресурс] – Режим доступу : <https://cyberleninka.ru/article/n/uluchshenie-teplovo-y-raboty-pribyli-krupnyh-stalnyh-slitkov>.
4. Кузовов А. Ф. Технологические расчеты питания отливок [Текст] : монография / А. Ф. Кузовов, В. Г. Иванов, А. В. Малый. – Запорожье : ЗНТУ, 2017. – 76 с. ISBN 978-617-529-159-7.

Одержано 01.06.2023

NEW TECHNOLOGY FOR FEEDING BLACKSMITH INGOTS

- Kuzovov O. Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Foundry Machines and Technology, National University “Zaporozhye Polytechnic”, Zaporizhzhia, Ukraine, e-mail: kuzovov.af@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7287-7974
- Sazhnev V. Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Foundry Machines and Technology, National University “Zaporozhye Polytechnic”, Zaporizhzhia, Ukraine, e-mail: sazhnev@zntu.edu.ua, ORCID: 0000-0002-2095-4958
- Maly O. Postgraduate student of the Department of Foundry Machines and Technology, National University “Zaporizhzhia Polytechnic”, Zaporizhzhia, Ukraine, e-mail: caloriz.metalurqical@gmail.com

Purpose. To make a comparative calculation of the geometric parameters of overfills for blacksmith ingots according to traditional and experimental technology using modern heat-insulating products – domestically produced cross-bars, one of the components of which is paper.

Research methods. Proven engineering methods of calculations of overflows for ingots and castings, based on the experience of domestic and foreign foundries, as well as our own practical experience and scientific research.

Results. The calculations of the size of overburden (head) for nine ingots (weigh from 1 to 15 tons) conventionally divided into three groups by design and execution. All parts – the pourer, the through tray and the overflow attachment are made separately, for the ingots of the first group. Assembled, these elements form a casting mold, which is installed on a pallet (2- or 4- place) and filled with a siphon through the central one. According to the current technology, the castings of the first group were lined with the usual molding mixture with liquid glass, sealing in the space between the model and the case of the casting attachment, followed by thermal drying. For drains of the second and third groups, the spouts are also through, pouring – with a siphon on a pallet. The overflow attachment is also removable, it was lined with fireclay bricks and then dried. Structurally, all ingots represented a pressed cone with an upward expansion and a wavy side surface, the bottom part of the ingot represented a pressed cone with an upward expansion and a smooth side surface, the overflow – a pressed cone with an upward narrowing and a smooth side surface.

Scientific novelty. The vast majority of cases, using cross-bars, the estimated efficiency coefficient of the overflow is 0.28, which made it possible to significantly reduce the size of the overflow and obtain a significant saving of liquid metal for each casting or ingot, was established. For conventional technologies traditionally used in the practice of making blacksmith ingots, the coefficient of effectiveness is 0.19 (for a combined form: the sand part of the form for the overflow and the metal part for the working part of the ingot) and 0.11...0.14 – for a completely sand form.

Practical value. A method of calculating overfills under the lining with their modern heat-insulating products – cross-bars – has been developed. Due to the favorable thermophysical properties of the material of the cross-bars, it is possible to reduce the size of overflows and, thereafter, reduce the consumption of liquid metal. The use of cross-bars instead of the above-mentioned technologies also significantly improves sanitary and hygienic conditions and a productivity at the site of the preparation of overfills for pouring. New power supply technologies and constructions of overflow extensions for the cross-bars, which have been in operation for about 6 years (the first group) and 3 years (the second and third groups), have been developed.

Key words: ingot, overflow, cross-bar, calculation, coefficient of useful effect of overflow.

References

1. Vlasov N. N. (1987). Razlyvka chernykh metalov [Tekst]: sprav. yzd., 2-e yzd., pererab. y dop. M. : Metallurhiya, , 272.
2. Prybylynye nadstavky dlia razlyvky staly v yzlozhnytsy [Elektronnyi resurs]. Rezhym dostupu: <https://steeltimes.ru/allmet/casting/ingots/equipment/008.php>.
3. Uluchshenye teplovoi raboty prybyly krupnykh stalnykh slytkov [Elektronnyi resurs]. Rezhym dostupu: <https://cyberleninka.ru/article/n/uluchshenie-teplovoy-raboty-pribyli-krupnyh-stalnyh-slitkov>
4. Kuzovov A. F. (2017). Tekhnolohycheskye raschety pyta-nyia otlvok [Tekst] : monohrafiya. Zaporozhe : ZNTU, 76.