

vo segodnya i zavtra: trudy 9-i Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 20-letiyu obrazovaniya RAL, 10-letiyu sozdaniya zhurnala "Liteishchik Rossii" [Foundry Today and Tomorrow: Proceedings of the 9th International scientific-practical conference dedicated to the 20th anniversary of the RAL, the 10th anniversary of the journal "Russian Foundry"]. St. Petersburg: Izd-vo Gosudarstvennogo politekhn. un-ta, 2012, pp. 214–219. (In Russ.).

3. *Spravochnik po chugunnomu lit'yu* [Iron casting. Reference book]. Girshovich N.G. ed. Leningrad: Mashinostroyeniye, 1978. 758 p. (In Russ.).

Acknowledgements. The work was performed according to the task no. 2014/213 to perform public works in the field of scientific activity within the base portion of the state task of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation.

Received October 20, 2014

УДК 621.746.552.669.14(043)

СОЗДАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ КОНУСНОСТИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАПРАВЛЕННОГО ЗАТВЕРДЕВАНИЯ ОТЛИВКИ

Антонов В.П., к.т.н., доцент (kafedra_lp@mail.ru)

Сибирский государственный индустриальный университет
(654007, Россия, Кемеровская обл., г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42)

Аннотация. Предложен метод расчета оптимального конуса питания стенки отливки высотой до 300 мм. Представлены экспериментальные данные проверки расчетного уравнения конусности. Показано, что применение дождевой литниковой системы при отрицательной конусности позволяет создать условия для вывода усадочной раковины в прибыль.

Ключевые слова: усадочная раковина, конусность, отливка, прибыль, литейная форма, дождевая литниковая система.

Основными методами борьбы с усадочными раковинами (УР) при получении фасонного литья являются создание условий направленного затвердевания металла в литейной форме и установка прибылей, затвердевающих в последнюю очередь и питающих жидким металлом термические узлы отливки.

Обычно на практике под направленным затвердеванием понимают направленный вывод УР из тела отливки или слитка. Например, для их вывода в удаляемую часть (прибыль, прибыльную надставку слитка спокойной стали) разливку производят в расширенные кверху изложницы, в которых затвердевающий слиток имеет положительную конусность:

$$K = \frac{d_v}{d_n} \geq 1,2, \quad (1)$$

где d_v и d_n – толщина слитка в верхней и нижней частях.

При такой конусности изложницы независимо от способа разливки (сверху или снизу) усадочные раковины в теле слитка, как правило, отсутствуют.

При разливке спокойной стали в расширенные книзу изложницы, имеющие отрицательную конусность ($K = 0,965 - 0,967$), на расстоянии примерно $1/3$ высоты слитка от дна в его теле имеется концентрированная УР [1], поскольку в этом случае форма слитка не может обеспечить направленность затвердевания.

На основании анализа литературных данных [2 – 4] и результатов собственных экспериментов по изучению времени затвердевания и характера расположения усадочных раковин на многочисленных отливках было

замечено, что практически любую отливку при любом способе заливки можно получить без усадочных дефектов, если ее геометрические размеры соответствуют следующему уравнению:

$$K = \frac{d_v}{d_n} = (1,26 - 0,02d_n)^{\frac{H}{C}}; \quad (2)$$

здесь для вертикальных участков стенки отливки d_v – толщина стенки в верхней части, соединенной с прибылью или стенкой большей толщины, см; d_n – толщина стенки в нижней части, см; H – высота участка, см; для горизонтальных участков стенки отливки d_v – толщина участка стенки у прибыли или места соединения с вертикальным участком, толщина которого превышает d_v , см; d_n – толщина участка стенки на расстоянии H , см, от прибыли, см; C – коэффициент, характеризующий размеры отливки, см.

Уравнение (2) применимо для величин $H \leq 30$ см и $d_n \leq 10$ см и значений C , представленных ниже:

d_n , см до 2,5	2,5 – 5,0	5,0 – 10,0
C , см 5	10	15

С целью проверки пригодности соотношения (2) проведены следующие эксперименты. В сырые песчаноглинистые формы отливали конусные стальные отливки высотой 30 см с диаметром внизу 1,5; 2,5; 4,0; 6,0; 7,5 см. Размеры верхнего сечения представлены ниже:

d_n , см	d_b , см	$K_{\text{опт}} = \left(\frac{d_b}{d_n} \right)_{\text{опт}}$	C , см
1,5	1,5; 2,5; 5,0; 6,0	3,33	5,18
2,5	2,5; 5,0; 6,0; 7,0	2,40	6,53
4,0	4,0; 6,0; 8,0; 10,0	2,00	7,16
6,0	6,0; 8,0; 9,0; 10,0	1,50	9,69
7,5	7,5; 8,5; 9,5; 10,0	1,27	13,09

Готовые отливки прострагивали вдоль оси. На рисунке приведены фотографии продольных разрезов отливок, имеющих величину $d_n = 1,5$ см и разную конусность (K), которая для значений d_b , равных 1,5; 2,5; 5,0; 6,0, соответственно составляет 1,0; 1,67; 3,33; 4,0. Как видно из рисунка, по мере увеличения конусности глубина залегания усадочной раковины уменьшается и при увеличении конусности сверх оптимальной величины глубина ее залегания вновь увеличивается за счет того, что резко смещается вниз тепловой узел отливки. Для такого примера наименьшая глубина залегания УР получается при оптимальной конусности $K_{\text{опт}} = 5,0/1,5 = 3,33$.

Логарифмируя уравнение (2), получаем следующее выражение:

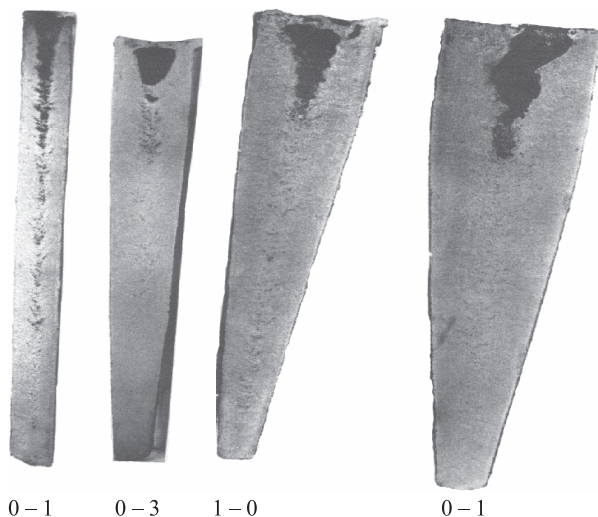
$$\ln 3,33 = \frac{H}{C} \ln (1,26 - 0,02 \cdot 1,5), \quad (3)$$

решая которое, находим значение $C = 5,18$, что не противоречит выше представленным данным.

Определение конусности и коэффициента C для других отливок толщиной d_n , равной 2,5; 4,0; 6,0; 7,5, соответствует выше представленным данным.

Расчетное значение конусности по формуле (2) для отливок $d_n = 1,5$ см равно

$$K = (1,26 - 0,02 \cdot 1,5)^{\frac{30}{5}} = 3,47,$$



Влияние конусности отливки на глубину усадочной раковины (диаметр внизу равен 15 мм)

тогда $d_b = 1,5 \cdot 3,47 = 5,2$ см.

Таким образом, проведенные эксперименты показали справедливость предложенного уравнения (2), полученного в результате обработки литературных данных.

В работе [5] показано, что применение промежуточного разливочного устройства с дождевой литниковой системой позволили создать в слитке, где нет требуемой конусности ($K = 0,96$), условия для вывода усадочной раковины в прибыль. Охлаждение стали в струях позволили создать перепад температуры по высоте слитка и начать заполнение изложницы с заданным количеством твердой фазы. По расчетам, представленным в работе [5], к моменту окончания заполнения толщина столба жидкого металла в нижней части изложницы $\delta_{ж.н} = 6,35$ см, а в верхней – $\delta_{ж.в} = 10,07$ см. Конусность столба жидкого металла в изложнице на высоте 25 см составляет $K_{ж} = \frac{10,07}{6,35} = 1,58$, а требуемая по выражению (2) $K_{тр} = (1,26 - 0,02 \cdot 6,35)25/15 = 1,23$. Следовательно, в расширенной книзу изложнице при заливке через промежуточное разливочное устройство созданы условия для вывода усадочной раковины в верхнюю часть слитка.

Выводы. Охлаждение металла в промежуточном разливочном устройстве и струях компенсирует усадку в жидком состоянии и частично при затвердевании, а заливка нижней части изложницы или литейной формы с определенным количеством твердой фазы уже в процессе наполнения создает направленность затвердевания, так как в результате прогрева промежуточного разливочного устройства и уменьшения высоты падения струй, последующие порции металла будут все горячее, а уменьшение глубины прошивания слитка струями (по сравнению с заливкой из носового ковша) позволит образоваться корочке в нижней части слитка, что изменит конусность столба жидкого металла к моменту окончания заливки. В результате кристаллизация идет как бы в «мешке», расширенном кверху. В процессе разлива корочка металла образуется снизу быстрее, чем сверху. Затем корочка растет одинаково как снизу, так и сверху, но условия для вывода усадочной раковины в головную часть слитка сохраняется.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вишняков А.В., Михайлец С.Н. – В кн.: Производство стали и ферросплавов. Труды Сибирского металлургического института. Вып. 6. – Новокузнецк: изд. СМИ, 1969. – 199 с.
2. Гуляев Б.Б. Затвердевание и неоднородность стали. – М. – Л.: Металлургиздат, 1950. – 227 с.
3. Нехендзи Ю.А. Стальное литье. – М.: Металлургиздат, 1949. – 707 с.
4. Василевский П.Ф. Технология стального литья. – М.: Машиностроение, 1974. – 408 с.
5. Антонов В.П., Таран Н.И., Климов В.Я., Швидков Н.И. // Литейщик России. 2012. № 10. С. 37 – 40.

© 2014 г. Антонов В.П.
Поступила 4 декабря 2013 г.

FORMATION OF OPTIMAL TAPER FOR DIRECTIONAL CASTING SOLIDIFICATION

Antonov V.P., *Cand. Sci. (Eng.), Assist. Professor*
(kafedra_lp@mail.ru)

Siberian State Industrial University (42, Kirova str., Kemerovo Region, Novokuznetsk, 654007, Russia)

Abstract. In this paper a method of calculating the optimum power cone of wall castings was proposed up to 300 mm.. The experimental test data of calculated taper equation was presented. It was shown that the use of rainwater gating system at a negative taper allows creating conditions for the withdrawal of shrinkage cavity in profit.

Keywords: shrinkage hole, taper, casting, profit, mold, rain gating system.

REFERENCES

1. Vishnyakov A.V., Mikhalets S.N. *Proizvodstvo stali i ferrosplavov. Trudy Sibirskogo metallurgicheskogo instituta* [Production of steel and ferroalloys. Proceedings of the Siberian Metallurgical Institute]. Issue 6. Novokuznetsk: izd. SMI, 1969. 199 p. (In Russ.).
2. Gulyaev B.B. *Zatverdevanie i neodnorodnost' stali* [Solidification and heterogeneity of steel]. Moscow – Leningrad: Metallurgizdat, 1950. 227 p. (In Russ.).
3. Nehendzi Yu.A. *Stal'noe lit'e* [Steel casting]. Moscow: Metallurgizdat, 1949. 707 p. (In Russ.).
4. Vasilevskiy P.F. *Tekhnologiya stal'nogo lit'ya* [Steel casting technology]. Moscow: Mashinostroenie, 1974. 408 p. (In Russ.).
5. Antonov V.P., Taran N.I., Klimov V.Ya., Shvidkov N.I. The method of calculating the metal cooling during the filling of the mold through an intermediate device with a gating system. *Liteishchik Rossii*. 2012, no.10, pp. 37–40. (In Russ.).

Received December 4, 2013