



On the basis of mathematical modeling of a large ingot hardening process in the mold the regularity of formation of the temperature field in the ingot and in the mold are investigated when thin-wall molds are used.

Г. А. АНИСОВИЧ, Отделение физико-технических наук НАН Беларуси,
Ю. А. САМОЙЛОВИЧ, НПО "Платан" (Екатеринбург),
В. И. ТИМОШПОЛЬСКИЙ, И. А. ТРУСОВА, О. Г. ХОПОВА, БГПА

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РЕЖИМА ЗАТВЕРДЕВАНИЯ СТАЛЬНОГО СЛИТКА МАССОЙ 100 т В ТОНКОСТЕННОЙ ИЗЛОЖНИЦЕ

УДК 621.746

Отливка крупных кузнечных слитков в обычных чугунных изложницах связана с высокими удельными затратами на оснастку и длительным циклом ее изготовления, что удорожает производство слитков, валков на заводах тяжелого машиностроения. В связи с этим представляет несомненный интерес попытка отливки кузнечного слитка массой 98,5 т в тонкостенную стальную изложницу цилиндрической формы, толщина стенки которой равна 80 мм [1]. На рис. 1 показан в продольном разрезе вид тонкостенной изложницы с поддоном и прибыльной надставкой, изготовленной на Новокраматорском заводе по следующей технологии.

Из листовой стали 20 вырезали три заготовки, которые после разделки кромок и гибки по дуге окружности 120° сваривали встык, затем подрезали торцы и приваривали цапфы. Опытную изложницу использовали в сочетании с нормализованной заводской оснасткой (поддон, надставка, промежуточный ковш). Перед заполнением расплавом стали изложницу подогревали до 80°C и покрывали изнутри кузбасским лаком.

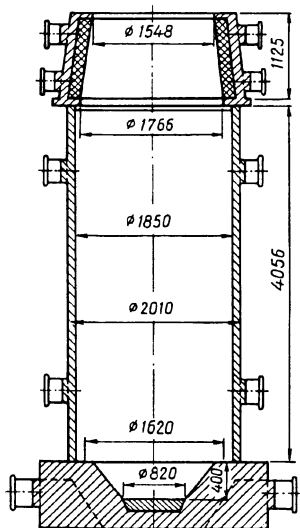


Рис. 1. Стальная тонкостенная изложница для отливки слитка массой 98,5 т

Слиток отливали из основной мартеновской стали 50ХН, а прибыльную часть — из основной электростали той же марки. Продолжительность заполнения тела слитка и прибыли составляла 50 и 20 мин соответственно. В ходе заливки измеряли температуру стенки изложницы с применением платино-платинородиевых термопар, горячие спаи которых укрепляли на расстояниях 2,35 и 75 мм от внутренней поверхности стенки в среднем по высоте слитка сечении. Результаты измерений в течение 6 ч с момента окончания заливки для указанных выше мест крепления термопар показаны на рис. 2. Как видно из рисунка, к моменту окончания заливки слитка температура наружной поверхности изложницы равна 920°C; на внутренней поверхности стенки температура достигла 1100°C. В последующем температуры в стенке изложницы плавно снижались, достигнув к моменту извлечения слитка (через 18 ч) 500°C.

Слиток извлекали из тонкостенной изложницы беспрепятственно, приваривания либо заклинивания при этом не наблюдалось. Несмотря на высокий уровень температур в ходе заливки и охлаждения слитка, окисление стали не достигло чрезмерного уровня (толщина слоя окалины не превышала 1 мм), так что после завершения эксперимента изложница оказалась пригодной к дальнейшей эксплуатации. Из опытного слитка изготавливали рабочий валок горячей прокатки,

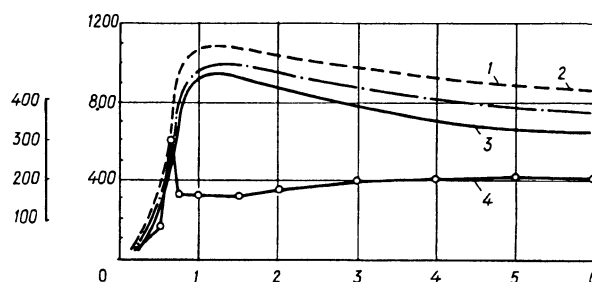


Рис. 2. Изменение температуры (1, 2, 3) и перепада температур в стенке изложницы (4) при затвердевании и охлаждении слитка массой 98,5 т по данным [1]

который проходил испытания на стане 4500 завода им. Ильича и показал удовлетворительные результаты в ходе эксплуатации.

При обсуждении особенностей затвердевания слитка в тонкостенной изложнице А. И. Вейник и Г. А. Анисович [2—4] отмечают, что тонкостенная изложница после быстрого прогрева играет роль экрана, через который отводится тепло с поверхности слитка в окружающую среду. Благодаря более равномерному теплоотводу с поверхности слитка происходит снижение перепадов температуры по сечению слитка и термических напряжений в твердой корке; кроме того, улучшаются показатели кристаллической структуры слитка. Эти замечания подтверждаются практическим опытом изготовления стальных слитков в тонкостенных изложницах и при меньшей массе слитков, отливаемых в тонкостенные (оболочковые) литейные формы [5—7].

Ниже приведены результаты теоретического исследования закономерностей теплообмена при затвердевании и остывании стального слитка большой массы в тонкостенной изложнице с использованием следующей математической модели.

1. Изменение во времени и пространстве температуры в слитке с круговым поперечным сечением (радиусом R_0) определяется уравнением

$$\rho c_{\text{эфф}}(T) \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(\lambda r \frac{\partial T}{\partial r} \right), \quad (1)$$

где с помощью удельной эффективной теплоемкости $c_{\text{эфф}}(T)$ учитывается кристаллизация сплава в интервале температур ($T_{\text{лик}} - T_{\text{сол}}$) [5]:

$$c_{\text{эфф}}(T) = \begin{cases} c_{\text{лик}} & \text{при } T > T_{\text{лик}}, \\ c_{\text{лик}} - L \frac{d\psi}{dT} & \text{при } T_{\text{сол}} \leq T \leq T_{\text{лик}}, \\ c_{\text{сол}} & \text{при } T < T_{\text{сол}}. \end{cases} \quad (2)$$

Здесь ψ — объемная доля твердой фазы в отвердевающем расплаве.

Уравнение (1) дополняется краевыми условиями:

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial r} = q_{\text{пов}}(t) \quad \text{при } r = R_0, \quad (3)$$

$$\frac{\partial T}{\partial r} = 0 \quad \text{при } r = 0, \quad (4)$$

$$T_{\text{сл}}^0(r) = T_{\text{оси}}^0 - \Delta T_{\text{сл}}^0 \left(\frac{r^2}{R^2} \right) \quad \text{при } t = t_0, \quad (5)$$

где $\Delta T_{\text{сл}}^0 = T_{\text{оси}}^0 - T_{\text{пов}}^0$.

2. Для стенки изложницы, представляющей собой полую цилиндрическую оболочку радиусами R_1 и R_2 неограниченной протяженности вдоль продольной оси, уравнение теплопроводности

$$\rho_1 c_1 \frac{\partial T_1}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(\lambda_1 r \frac{\partial T_1}{\partial r} \right) \quad (6)$$

дополняется граничными условиями, учитывающими теплообмен излучением и конвекцией с окружающей средой на внешней поверхности стенки:

$$-\lambda_1 \left(\frac{\partial T_1}{\partial r} \right)_{r=R_2} = C_{\text{к}} \left[\left(\frac{T_{\text{ст},2} + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{с}} + 273}{100} \right)^4 \right] + \alpha_{\text{к}} (T_{\text{ст},2} - T_{\text{с}}). \quad (7)$$

На внутренней поверхности стенки изложницы рассматриваются различные варианты теплового взаимодействия с поверхностью слитка в зависимости от наличия тонкого слоя окалины (либо шлакового гарниссажа) в зазоре между поверхностями слитка и стенки изложницы. При этом газовый зазор представляется в виде многослойной и достаточно тонкой (не более нескольких миллиметров) системы, в которой протекает теплообмен путем излучения и теплопроводности, а также контактный теплообмен для достаточно короткого начального промежутка времени, когда расплав под собственным ферростатическим давлением плотно примыкает к внутренней поверхности стенки.

С учетом этих замечаний выражение плотности теплового потока в зазоре между слитком и стенкой изложницы принимает следующий вид:

а) для стадии контактного теплообмена (при $t \leq t_{\text{кт}}$)

$$q_{\text{пов}}(t) = \alpha_{\text{кт}} (T_{\text{пов}} - T_{\text{ст},1}), \quad (8)$$

где величина коэффициента теплоотдачи $\alpha_{\text{кт}}$ определяется на основе специальных исследований контактного теплообмена [8];

б) при наличии слоя шлакового гарниссажа на стенке изложницы:

$$q_{\text{пов}}(t) = \frac{\lambda_{\text{гс}}}{x_{\text{гс}}} (T_{\text{пов}} - T_{\text{ст},1}); \quad (9)$$

в) при наличии газовой зазора и слоя краски на внутренней поверхности стенки изложницы:

$$q_{\text{пов}}(t) = C \left[\left(\frac{T_{\text{пов}} + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{к}} + 273}{100} \right)^4 \right] + \frac{\lambda_{\text{г}}}{x_{\text{г}}} (T_{\text{пов}} - T_{\text{к}}). \quad (10)$$

Граничное условие на внутренней поверхности стенки изложницы запишем в виде

$$-\lambda_1 \left(\frac{\partial T_1}{\partial r} \right)_{r=R_1} = q_{\text{пов}}(t). \quad (11)$$

Система уравнений (6)—(11) дополняется заданием начального поля температур в стенке изложницы:

$$T_{\text{ст}}^0(r) = T_{\text{ст},2}^0 + \Delta T_{\text{ст}}^0 \left(1 - \frac{r - R_1}{R_2 - R_1} \right)^2 \quad \text{при } t = t_0, \quad (12)$$

где $\Delta T_{\text{ст}}^0 = T_{\text{ст},1}^0 - T_{\text{ст},2}^0$.

Решение сформулированной выше задачи осуществлено методом конечных разностей, при котором радиус слитка R_0 разделяется на N_1 равных интервалов Δr_{cl} , толщина стенки изложницы S — на N_2 интервалов, производные по времени $\partial T/\partial t$, $\partial T_1/\partial t$ заменяются отношениями конечных приращений. Конкретные алгоритмы компьютерных программ составлены с использованием неявной схемы метода сеток, который обеспечивает абсолютную устойчивость вычислительного процесса.

В расчетах, результаты которых представлены ниже, принимали, что в зазоре между поверхностью слитка и стенкой изложницы происходит теплообмен излучением, а также теплопроводностью через газовую прослойку толщиной $x_r = 0,003$ м:

$$q_{пов}(t) = C \left[\left(\frac{T_{пов} + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{ст,1} + 273}{100} \right)^4 \right] + \frac{\lambda_r}{x_r} (T_{пов} - T_{ст,1}). \quad (13)$$

В более сложном случае учитывали, помимо газоздушного зазора, наличие слоя краски на внутренней поверхности стенки изложницы, для которой принято $x_k = 0,001$ м и $\lambda_k = 0,35$ Вт/(м · К). В этом случае температуру на границе газоздушного зазора и слоя краски (T_k) определяли на каждом расчетном шаге по времени путем решения (методом итераций по способу Ньютона) уравнения:

$$C(\theta_c^4 - \theta_k^4) + 100 \frac{\lambda_r}{x_r} (\theta_c - \theta_k) - 100 \frac{\lambda_k}{x_k} (\theta_k - \theta_f) = 0, \quad (14)$$

$$\text{где } \theta_c = \frac{T_{пов} + 273}{100}; \theta_k = \frac{T_k + 273}{100}; \theta_f = \frac{T_{ст,1} + 273}{100},$$

причем значения температур $T_{пов}$ и $T_{ст,1}$ принимали постоянными для каждого расчетного интервала времени Δt в ходе решения сформулированной выше задачи методом конечных разностей.

Определение поля температур в слитке и стенке изложницы на основе численного решения сформулированной выше задачи позволяет в достаточном общем виде поставить задачу о тепловом балансе изложницы.

Составим уравнение теплового баланса цилиндрической полой стенки с внутренним и внешним радиусами R_1 и R_2 соответственно исходя из следующего очевидного предположения.

Количество тепла, аккумулированного стенкой ($\Delta H_{ст}$), равно разности полных количеств тепла, полученных со стороны слитка (Q_1) и переданных в окружающую среду с внешней поверхности стенки (Q_2), т. е.

$$\Delta H_{ст} = Q_1 - Q_2. \quad (15)$$

Учитывая, что

$$\Delta H_{ст} = 2\pi h \int_{R_1}^{R_2} \rho_1 c_1 [T_1(r, t) - T_1(r, t_0)] r dr, \quad (16)$$

$$Q_1 = 2\pi R_1 h \int_{t_0}^t \alpha_{cl} [T_{пов}(\tau) - T_k(\tau)] d\tau, \quad (17)$$

$$Q_2 = 2\pi R_2 h \int_{t_0}^t \alpha_{\Sigma} [T_{ст,2}(\tau) - T_c] d\tau, \quad (18)$$

перепишем уравнение теплового баланса в виде (после деления всех компонент уравнения на $2\pi R_1 h$):

$$\Delta G(t) = g_{cl}(t) - g_{ст}(t), \quad (19)$$

где

$$\Delta G(t) = \int_{R_1}^{R_2} \rho_1 c_1 [T_1(r, t) - T_1(r, t_0)] \frac{r}{R_1} dr; \quad (20)$$

$$g_{cl}(t) = \int_{t_0}^t q_{cl}(\tau) d\tau; \quad (21)$$

$$g_{ст}(t) = \frac{R_2}{R_1} \int_{t_0}^t q_{ст}(\tau) d\tau; \quad (22)$$

$$q_{cl} = \alpha_{cl} (T_{пов} - T_k), \quad q_{ст} = \alpha_{\Sigma} (T_{ст,2} - T_c);$$

$$\alpha_{\Sigma} = \alpha_k + \alpha_{луч};$$

$$\alpha_{луч} = C_k \left[\left(\frac{T_{ст,2} + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_c + 273}{100} \right)^4 \right] / (T_{ст,2} - T_c).$$

Интеграл в формуле (20) вычисляется по правилу Симпсона с учетом известных значений температуры в узлах сеточной области для каждого момента времени, а полные потоки тепла $g_{cl}(t)$, $g_{ст}(t)$ находятся суммированием по принципу "нарастающего итога" с учетом определяемых на каждом временном шаге значений плотности потоков тепла q_{cl} и $q_{ст} = q_k + q_{луч}$, причем $q_k = \alpha_k (T_{ст,2} - T_c)$ — конвективная, а $q_{луч} = \alpha_{луч} (T_{ст,2} - T_c)$ — лучистая составляющие потоков тепла с внешней, охлаждаемой поверхностью стенки изложницы.

Таким образом, помимо "балансовых" составляющих ΔG , g_{cl} и $g_{ст}$ (кДж/м²), необходимо рассматривать и "потоковые" переменные q_{cl} , q_k , $q_{луч}$, $q_{ст}$, $V_c = d(\Delta G)/dt$ (кВт/м²).

На рис. 3 приведены результаты расчетов по определению поля температур в слитке и стенке изложницы по формулам, представленным выше, при задании толщины стенки изложницы $S = 34$ мм для слитка диаметром $D = 200$ см.

Кроме того, в расчетах принимали следующие значения параметров изучаемой системы: $T_{лик} = 1490^\circ\text{C}$, $T_{сол} = 1380^\circ\text{C}$, $L = 272$ кДж/кг, $\rho = 7300$ кг/м³,

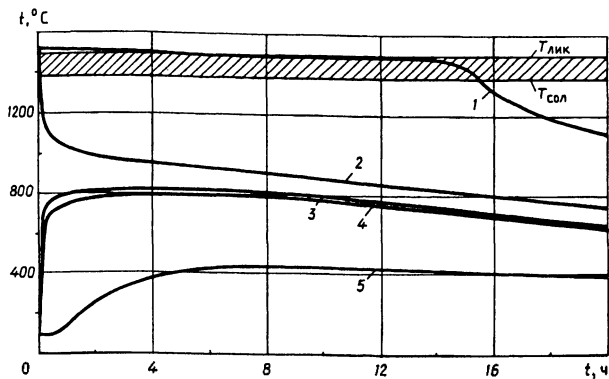


Рис. 3. Изменение во времени температур в пяти характерных точках системы "слиток—изложница": на оси и поверхности слитка (1, 2); на поверхности твердой прослойки шлакового гарниссажа (3); на внутренней и внешней поверхностях стенки изложницы (4, 5) при задании толщины стенки изложницы $S = 34$ см и $\lambda_k = 1,75$ Вт/(м·К) для слоя шлакового гарниссажа

$c = 0,69$ кДж/(кг·К), $\lambda = 29,08$ Вт/(м·К), $\rho = 7400$ кг/м³, $c_1 = 0,75$ кДж/(кг·К), $\lambda_1 = 23,26$ Вт/(м·К), $\lambda_r = 0,05$ Вт/(м·К), $x_r = 0,001$ м, $\lambda_k = 1,75$ Вт/(м·К), $x_k = 0,001$ м, $T_{оси}^0 = 1520^\circ\text{C}$, $\Delta T_{сл}^0 = 40^\circ\text{C}$, $T_{ст,2}^0 = 100^\circ\text{C}$, $\Delta T_{ст}^0 = 10^\circ\text{C}$, $C = 4,0$ Вт/(м²·К⁴), $C_k = 3,5$ Вт/(м²·К⁴).

Отметим, что коэффициент теплопроводности $\lambda_k = 1,75$ Вт/(м·К) для шлакового гарниссажа выбран в соответствии с данными В. А. Ефимова [9, с. 472], относящимися к синтетическому шлаку, используемому при разливке стали.

На рис. 4 представлено продвижение изотерм ликвидуса (1) и солидуса (2) для слитка диаметром 200 см при указанных выше исходных данных расчета.

Графики на рис. 5 и 6 повторяют представленные результаты расчета, приведенных на рис. 3 и 4, для случая $S = 4$ см.

Прямое сопоставление динамики затвердевания (в виде продвижения изотерм ликвидуса и солидуса) при варьировании параметра S от 4 до 34 см показано на рис. 7.

Данные на рис. 4, 6 и 7 свидетельствуют о том, что для слитка диаметром 200 см уменьше-

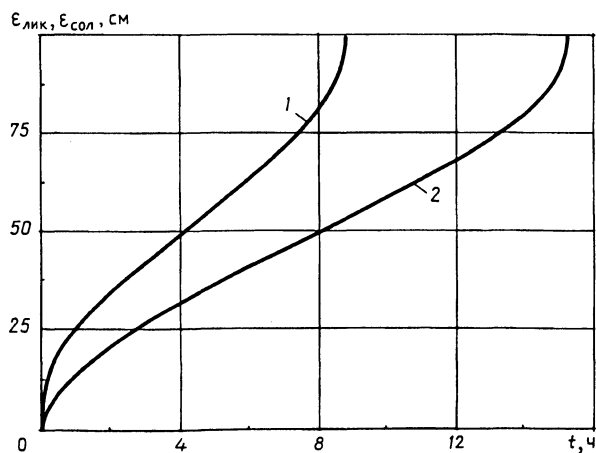


Рис. 4. Продвижение изотерм ликвидуса (1) и солидуса (2) для слитка диаметром $D = 2R = 200$ см при толщине стенки изложницы $S = 34$ см

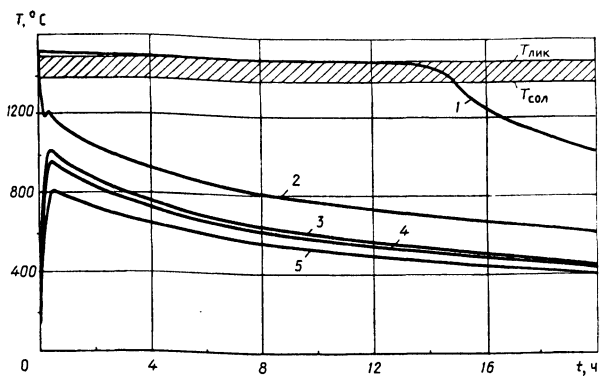


Рис. 5. Изменение во времени температур в пяти характерных точках системы "слиток—изложница": на оси и поверхности слитка (1, 2); на поверхности твердой прослойки шлакового гарниссажа (3); на внутренней и внешней поверхностях стенки изложницы (4, 5) при задании толщины стенки изложницы $S = 4$ см и $\lambda_k = 1,75$ Вт/(м·К)

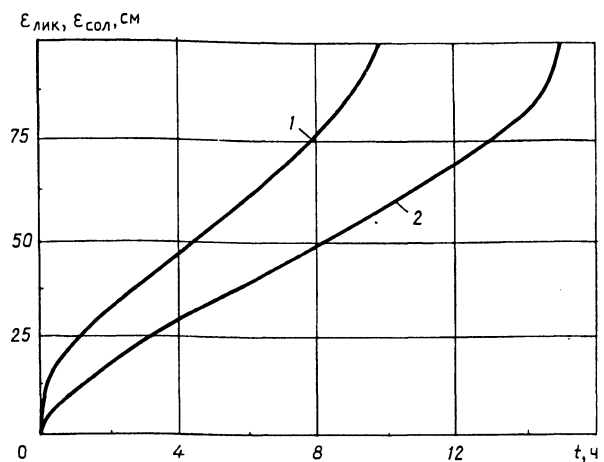


Рис. 6. Продвижение изотерм ликвидуса (1) и солидуса (2) для слитка диаметром $D = 2R = 200$ см при толщине стенки изложницы $S = 4$ см

ние толщины стенки изложницы с 34 до 4 см сопровождается сокращением продолжительности затвердевания.

При рассмотрении рис. 7 обратим внимание на тот факт, что при толщине стенки $S = 4$ см кривая температуры на оси слитка пересекает линию ликвидуса позднее, чем при задании $S = 34$ см; в то же время линию солидуса кривая температуры на оси слитка при $S = 4$ см пересекает быстрее, чем для случая $S = 34$ см. Это явление можно назвать "эффектом инверсии ликвидуса". При этом полная продолжительность пребывания расплава в двухфазном состоянии при $S = 4$ см оказывается меньшей, чем при $S = 34$ см, что может оказать определенное влияние на формирование неметаллических включений в стальном слитке, которое существенно зависит от длительности пребывания металла в двухфазном состоянии [9].

Аналогичная серия расчетов проведена для слитка радиусом 0,91 м, что соответствует массе стального слитка 98,5 т, исследованном в работе [1]. При этом в ходе расчетов варьировали толщину стенки изложницы и значение коэффициента

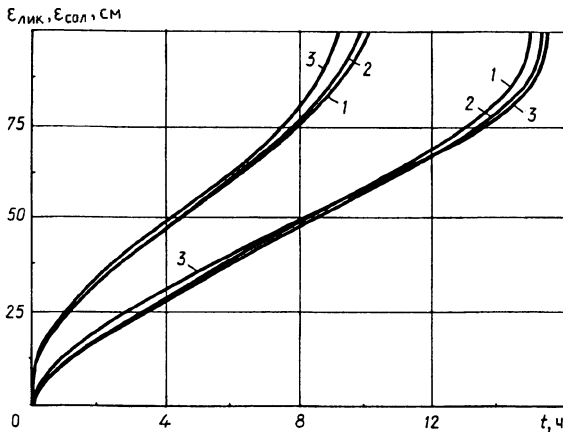


Рис. 7. Продвижение изотерм ликвидуса (верхняя группа кривых) и солидуса (нижняя группа кривых) для слитка диаметром $D = 200$ см при толщине стенки изложницы $S = 4$ см (1), 8 см (2) и 34 см (3)

теплопроводности твердой прослойки в зазоре, принимая $\lambda_k = 1,75$ Вт/(м·К) для шлакового гарниссажа и $\lambda_k = 0,41$ Вт/(м·К) для слоя краски, согласно данным А. И. Вейника [10]. Расчеты показали, что уменьшение толщины стенки изложницы приводит к сокращению полной продолжительности затвердевания слитков. В таблице приведены значения полной длительности $t_{\text{кон}}$ затвердевания слитка при различных величинах параметров S и λ_k .

Значения полной длительности затвердевания стального слитка массой 98,5 т при различных значениях толщины стенки изложницы S и коэффициента теплопроводности теплоизолирующей прослойки в зазоре λ_k

S , см	$t_{\text{кон}}$, мин		
	$\lambda_k = 29,08$, Вт/(м·К)	$\lambda = 1,75$, Вт/(м·К)	$\lambda = 0,41$, Вт/(м·К)
20	730	745	777
8	725	739	771
4	720	730	758

Примечание. Погрешность определения значений $t_{\text{кон}}$ не превышает 1,5–2,0 мин.

Отметим, что полученное в расчетах сокращение продолжительности затвердевания слитка с уменьшением толщины стенки изложницы объясняется увеличением тепловых потерь с внешней поверхности стенки для малых толщин стенки. Действительно, для стальных слитков большой массы (90–100 т) тонкостенная изложница быстро прогревается до высоких температур (1100–1200 °С), когда на внешней поверхности стенки преобладает теплообмен излучением, высокая интенсивность которого определяет ускоренный отвод теплоты с поверхности стального слитка. Чем больше масса слитка при малой толщине стенки изложницы, тем в большей степени теплообмен излучением с внешней поверхности стенки преобладает над эффектом аккумуляции стенкой изложницы теплоты, теряемой с поверхности слитка.

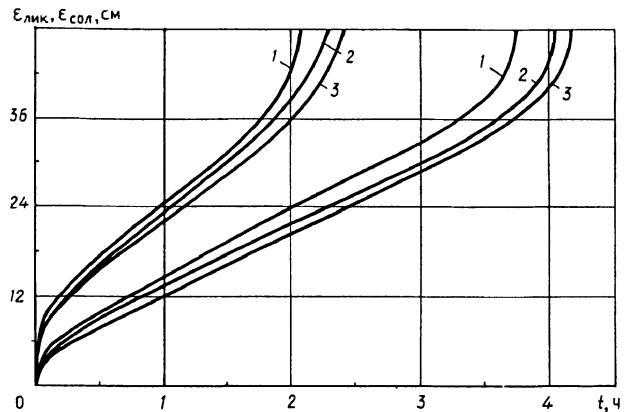


Рис. 8. Продвижение изотерм ликвидуса (верхняя группа кривых) и солидуса (нижняя группа кривых) для слитка диаметром $D = 96$ см при толщине стенки изложницы $S = 22$ см (1), 12 см (2) и 4 см (3)

Выявленные в расчетах закономерности теплового режима системы "слиток—изложница" при малых значениях толщины стенки (4–8 см) для слитков большой массы существенно отличаются от известных в литературе данных относительно влияния толщины стенки на длительность затвердевания стальных слитков, полученных для обычно применяемых в заводской практике чугуновых изложниц, масса которых соизмерима с массой слитков [11, 12].

В качестве примера на рис. 8 приведены результаты расчетов по продвижению во времени изотерм ликвидуса (верхняя группа кривых) и солидуса (нижняя группа кривых) для стального слитка диаметром 96 см при варьировании толщины стенки изложницы от 4 до 22 см.

Из рисунка видно, что в этом случае полная длительность затвердевания стального слитка тем меньше, чем массивнее стенка. Это объясняется тем, что большая часть теряемого слитком тепла аккумулируется стенкой изложницы.

Таким образом, имеются основания утверждать, что отмеченный эффект сокращения продолжительности затвердевания стальных слитков при уменьшении толщины стенки изложницы является специфической особенностью слитков большой массы (90–110 т), обладающих повышенным запасом теплоты (сумма аккумулированной теплоты и скрытой теплоты плавления), снятие которой в ходе затвердевания слитка осуществляется главным образом путем теплоотдачи излучением с внешней поверхности стенки изложницы.

Литература

- Ашрафьян Э. Б., Манакин А. М. и др. Отливка 100-тонного слитка в тонкостенную стальную изложницу круглого сечения // Проблемы стального слитка: Тр. 5-й конф. по слитку. М.: Металлургия, 1974. С. 531–534.
- Анисович Г. А., Ашрафьян Э. Б., Вейник А. И., Манакин А. М. Затвердевание стального слитка в тонкостенной изложнице // Приложения теплофизики в литейном производстве. Мн.: Выш. шк., 1966. С. 74–76.

3. Вейник А. И. Термодинамика литейной формы. М.: Машиностроение, 1968. С. 264—267.
4. Анисович Г. А., Ашрафьян Э. Б., Почанин Ю. С. О влиянии толщины стенки изложницы на скорость затвердевания слитка // Проблемы стального слитка: Тр. 4-й конф. по слитку. М.: Металлургиздат, 1969. С. 282.
5. Иодковский С. А., Новицкий В. К. и др. Влияние толщины стенки изложницы на качество слитков из сплавов на никелевой основе // Слиток и свойства стали. М.: Изд-во АН СССР, 1961. С. 47—60.
6. Дранов А. Н., Манакин А. М. и др. Свойства углеродистой стали, залитой в тонкостенные стальные изложницы // Проблемы стального слитка: Тр. 5-й конф. по слитку. М.: Металлургия, 1974. С. 322—326.
7. Трифонов О. В., Дементьев В. П. и др. Особенности кристаллизации слитков при отливке в оболочковые изложницы // Проблемы стального слитка: Тр. 6-й конф. по слитку. М.: Металлургия, 1976. С. 112—116.
8. Шлыков Ю. П., Ганин Е. А., Царевский С. Н. Контактное термическое сопротивление. М.: Энергия, 1977.
9. Ефимов В. А. Разливка и кристаллизация стали. М.: Металлургия, 1976.
10. Вейник А. И. Испытания кокильных красок на теплопроводность. М.: Машгиз, 1956.
11. Гуляев Б. Б. Влияние формы сечения и толщины стенки изложницы на затвердевание стального слитка // Сталь, 1949. № 10.
12. Раддл Р. У. Затвердевание отливок. М.: Машгиз, 1958.



ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ БОРТОВОЙ ПРОВОЛОКИ BEAD WIRE TECHNICAL DATA

Республиканское унитарное предприятие «Белорусский металлургический завод» — крупнейшее металлургическое предприятие Республики Беларусь. Ежегодно выпускает более 1,4 млн. т стали, около 900 тыс. т сортового и конструкционного проката, 50 тыс. т металлокорда для шин, 10 тыс. т проволоки для армирования бортовых колец автомобилей, 12 тыс. т проволоки для рукавов высокого давления (РМЛ).

ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Диаметр, мм	Бортовая проволока обычной прочности		Бортовая проволока повышенной прочности		Масса бронзового покрытия, г/кг	Отдельное удлинение после разрыва, %
	разрывное усилие, Н _{min}	число скручиваний, лпп	разрывное усилие, Н _{min}	число скручиваний, min		
0,89	1200	29	1350	25	0,4—1,0	5,0
0,965	1340	29	1530	25	0,3—0,7	5,3
1,00	1340	29	1530	25	0,3—0,7	5,3
1,30	2400	25	2800	22	0,2—0,6	5,5
1,50	2420	22	3130	20	0,2—0,6	5,5

Массовая доля олова в бронзе на более 3%.

ВСЕГДА ГОТОВЫ К ВЗАИМОВЫГОДНОМУ СОТРУДНИЧЕСТВУ!

РУП «БМЗ» — гарантия Вашего делового успеха!

Ждем Ваших заказов по адресу:

Республика Беларусь, 247210, г. Жлобин, ул. Промышленная, 37
Тел.: (375 2334) 5-65-15; 5-46-72, Факс: (375 2334) 5-60-61
E-mail: br.osm@bmz.gomel.by; belk.osm@bmz.gomel.by
<http://www.bmz.gomel.by>; <http://www.rusmet.ru/bmz>