



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2022-2-26-30>
УДК 621.74

Поступила 14.03.2022
Received 14.03.2022

СНИЖЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ЖИДКОГО МЕТАЛА – ЗАЛОГ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

И. ТАХЕЦИ, В. В. КОРОБЕЙНИКОВ, ООО «ТАХТЕХ-РУС», г. Санкт-Петербург, Россия, Удельный пр., 5.
E-mail: tachtech@tachtech.ru

С. С. ТКАЧЕНКО, Филиал РАХ «Творческая мастерская «Литейный двор», г. Санкт-Петербург, Россия

Одной из проблем металлургов являются сложности снижения тепловых потерь жидкого металла, что напрямую связано с экономией энергоносителей и качеством готовой продукции. Показано, что наибольшие потери тепла металла происходят в ковше от момента выпуска его из печи до заливки. Приведены методы и оборудование для экономии энергетических затрат (газа, электроэнергии) при выплавке и разливке литейных сплавов. Особое внимание уделено необходимости создания стенов для качественного разогрева ковшей, футеровке ковшей и применения ковшей с крышками и термических печей нового поколения фирмы «ТАХТЕХ-РУС», что гарантирует значительное снижение брака, повышение производительности труда и экономии энергоносителей на 30–50%.

Ключевые слова. Литейные ковши, тепловые потери расплава, энергосбережение, стенов для разогрева ковшей, футеровка ковшей, снижение брака литья.

Для цитирования. Тахеци, И. Снижение тепловых потерь жидкого металла – залог эффективности литейного производства / И. Тахеци, В. В. Коробейников, С. С. Ткаченко // Литье и металлургия. 2022. № 2. С. 26–30. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2022-2-26-30>.

REDUCTION OF LIQUID METAL HEAT LOSSES IS THE KEY TO THE EFFICIENCY OF FOUNDRY PRODUCTION

I. TAHETSI, V. V. KOROBAYNIKOV, LLC «TACHTECH-RUS», Saint Petersburg, Russia, 5, Udelnyi ave.

E-mail: tachtech@tachtech.ru

S. S. TKACHENKO, Branch of the Russian Academy of Arts «Creative workshop «Foundry Yard», Saint Petersburg, Russia

One of the metallurgists' problems is that the reducing of liquid metal heat losses is difficult, which is directly related to energy savings and the finished products quality. It is shown that the greatest heat losses of metal occur in the ladle from the moment it is released from the furnace to pouring. Methods and equipment for saving energy costs (gas, electricity) during smelting and casting of foundry alloys are given. Special attention is paid to the need to create stands for high-quality heating of ladles, lining of ladles and the use of ladles with lids and thermal furnaces of the new generation of the company «TACHTECH-RUS», which guarantees a significant reduction in defects, increased labor productivity and energy savings by 30–50%.

Keywords. Casting ladles, heat losses of fusion, energy saving, ladle heating stands, ladle lining, reduction of casting defects.

For citation. Tahetsi I., Korobaynikov V.V., Tkachenko S.S. Reduction of liquid metal heat losses is the key to the efficiency of foundry production. Foundry production and metallurgy, 2022, no. 2, pp. 26–30. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2022-2-26-30>.

Цифровая трансформация подталкивает общество к решению вопроса – должны ли мы поставить под сомнение существующие производственные парадигмы или, напротив, продолжить их развивать. Научная парадигма, безоговорочно признанная научным сообществом, – модель научной деятельности. Она предлагает производственным предприятиям возможность существенно оптимизировать процесс ценообразования на базе инновационных технологий и оборудования и «открыть новые возможности для ведения бизнеса» [1].

Если технологии и общество быстро развиваются, а предприятия не в состоянии адаптироваться к новым условиям, то, по теории эволюции, это приводит к исчезновению определенных типов компаний. Развитие технологий, объединенных концепцией «Индустрия 4,0», дало активный импульс к развитию и внедрению систем автоматизации управления на различных уровнях. Это утверждение в полной мере относится к управлению литейно-металлургическими производствами и одному из видов систем

автоматизации, наиболее востребованному сейчас на рынке России, – системам автоматизации оперативного управления технологическими процессами и производством в целом.

Металлурги добиваются этого путем применения новейших технологий, инновационного оборудования, сложной системы менеджмента материальных ресурсов, что гарантирует конкурентоспособность продукции. Обеспечение высокой конкурентоспособности отечественной промышленности во многом зависит от эффективности производственных предприятий.

Именно современный уровень развития технологий позволяет постепенно и последовательно реализовать основные положения концепции «Индустрия 4,0». Анализ технико-экономических показателей предприятий мировых лидеров говорит о том, что рост эффективности производств возможен только при применении инновационных технологий, современного оборудования и строгой системы ресурсосбережения.

Важнейшим фактором рентабельности производства является повышение эффективности использования сырья и энергоресурсов [2]. Одной из статей повышения эффективности заготовительных производств (литейных и кузнечных) является энергосбережение. Модернизация и инновации технологии и оборудования – необходимые условия постоянного повышения энергетической эффективности производства. Реализация этой тенденции стала возможной только благодаря внедрению новых технологий и оборудования.

Повышение эффективности использования энергии – приоритетная задача металлургов-литейщиков и кузнецов, решение которой позволяет повысить производительность труда; значительно улучшить качество продукции; оптимизировать технологию производства отливок на всех переделах (формообразование, плавка, заливка, финишные операции и т.д.); оптимизировать кузнечные процессы (количество, габариты и состав загружаемых в печь изделий); улучшить санитарно-бытовые условия на рабочих местах и экологическую обстановку в прилегающей местности [3].

Большие материальные и энергетические потоки, характерные для данных производств, требуют эффективного использования ресурсов даже из одних только экономических соображений. Во все времена потребители в первую очередь обращают внимание на соотношение цены и качества товара. Невозможно нашим отечественным производителям литья и поковок достичь уровня мировых стандартов по качеству и себестоимости без оснащения цехов современными стендами для регламентируемого уровня разогрева литейных ковшей и энергосберегающих кузнечных и термических печей.

Установлено, что наибольшие потери тепла металла происходят в ковше от момента выпуска его из печи до заливки. В крупных цехах ручной формовки из-за большой протяженности пролетов и возникающих крановых задержек время выдержки металла в разливочном ковше до момента заливки может составлять 15 мин и более. Если ковш футерован без научно обоснованного расчета, не имеет крышки, недостаточно разогрет, температура металла в нем может снизиться на 80–100° С. Для крупных отливок из серого чугуна это не очень критично, но для отливок из ВЧ и стали приходится значительно повышать температуру выпускаемого металла, что приводит к неоправданному расходу энергоносителей и естественно к повышению себестоимости продукции.

Тепловые потери металла через однослойную огнеупорную футеровку рассчитываются по формуле:

$$Q = \frac{\lambda(t_1 - t_2)}{S} \cdot F \cdot \tau, \text{ ккал} \quad (1)$$

или

$$Q = \frac{\lambda(t_1 - t_2)}{S}, \text{ ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}),$$

где F – теплопередающая поверхность, м^2 ; S – толщина стены, м; $t_1 - t_2$ – температурный перепад, °С; τ – промежуток времени, ч; λ – средний коэффициент теплопроводности, $\text{ккал}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{°С})$ (иногда $\text{кал}/(\text{см} \cdot \text{с} \cdot \text{°С})$).

Данная формула дает возможность определить интенсивность теплоотдачи жидкого металла через один слой огнеупорного материала в зависимости от его теплопроводности.

Теплопроводность материалов через многослойную футеровку рассчитывается по формуле

$$Q = \frac{t_1 - t_n}{\frac{S_1}{\lambda_1} + \frac{S_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{S_n}{\lambda_n}}, \text{ ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}), \quad (2)$$

где $S_1, S_1 \dots S_n$ – толщины отдельных слоев, м; $\lambda_1, \lambda_2 \dots \lambda_n$ – соответствующие средние коэффициенты теплопроводности.

Величина потерь тепла может быть значительно уменьшена за счет увеличения толщины огнеупорного слоя и предварительного регламентируемого разогрева ковша. Расчеты и экспериментальные данные показали, что потери тепла через трехслойную футеровку и предварительно разогретого до 800–850 °С сокращаются в 4 раза по сравнению с потерями в ковше, футерованному в один слой и разогретого до 500 °С.

Для каждого производства весьма важно знать общие затраты на энергоносители и их «удельный вес» в себестоимости готовой продукции.

В конкретном случае нас интересуют затраты на разогрев ковшей. Остальные технологические переделы производства литья, прямо или косвенно связанные с процессом разогрева футеровки ковшей, в данной статье не рассматриваются.

Затраты энергии при разогреве футеровки ковшей складываются из стоимости топлива, расходуемого при нагреве ковша до 850 °С, и затрат электроэнергии для обеспечения работы механического оборудования стэнда.

Для предотвращения остывания металла в ковше наиболее эффективна многослойная футеровка, где между рабочим слоем футеровки, изготовленным из шамотного кирпича или бетонов, и металлическим корпусом ковша имеется один или несколько слоев, состоящих из керамоволокна, огнеупорного картона, кальциумсиликатных плит или других материалов, обладающих низкой теплопроводностью. Однако материалы внутренних слоев футеровки будут нормально работать только в том случае, если температура, воздействующая на них, не превысила температуру разложения.

Следовательно, чтобы воспользоваться преимуществами многослойной футеровки, необходимо правильно определить виды огнеупоров, толщину, последовательность их слоев в футеровке ковша.

Общеизвестно, что количество энергии, теряемое излучением с поверхности металла или футеровки открытых ковшей, весьма значительно. Это одна из основных причин большого снижения температуры при транспортировке металла в открытый ковш. Использование закрытых ковшей для сохранения энергии позволяет обеспечить снижение температуры выпуска металла на 30–40 °С и значительно сократить расход энергоносителей.

Оптимальное сочетание, гарантирующее повышение качества и сокращение расхода энергоносителей, может быть достигнуто только за счет применения термически оптимизированных ковшей (правильная футеровка и ее предварительный разогрев).

Литейщики понимают важность подготовки ковша к заливке его металлом, но зачастую не имеют соответствующего задаче оборудования, что влечет к дополнительным энергозатратам и снижает выпуск годного литья.

Применение закрытых стэндов для разогрева футеровки ковшей фирмы TASCHECH s.r.o., представленной в России дочерним предприятием ООО «ТАХТЕХ-РУС», обеспечивает целый ряд преимуществ:

- разогрев футеровки ковшей на стэндах позволяет сократить расход газа на 60–80 % по сравнению с открытыми горелками;
- шлак находится в горячем жидкоподвижном состоянии;
- повышается стойкость футеровки и снижаются трудозатраты на ее ремонт;
- снижается отрицательное влияние термоудара на стойкость футеровки при заливке;
- уменьшается брак при заливке (по причине металла) на 15–20 %.

Необходимо обратить серьезное внимание на экологический фактор. Хорошо разогретые ковши на стационарных изолированных стэндах, с хорошей изоляцией, закрытые крышкой существенно улучшают условия труда в литейных цехах. Полностью удаляются вредные отходящие газы, воздух в рабочей зоне становится чистым, устраняются излучения с открытых поверхностей металла, отсутствуют настыли в ковшах. Санитарно-экологические условия в литейном цехе становятся сравнимы с механическими цехами, а труд более привлекательным.

С каждым годом во всех странах мира обостряются проблемы, связанные с энергоносителями. Наиболее энергозатратными являются металлургическое, литейное и кузнечное производства.

Существенную помощь в решении проблемы сокращения расхода энергоносителей и улучшение экологической обстановки на производствах оказывает оборудование TASCHECH s.r.o..

Фирма изготавливает (по заданию потребителя) экономически выгодные стэнды для разогрева литейных ковшей любой емкости, газовые и электрические нагревательные и термические печи широкого



Рис. 1. Двухпозиционный стенд нагрева ковшей 6 и 8 т



Рис. 2. Однопозиционный стенд нагрева ковшей 3 и 6 т



Рис. 3. Термическая печь с двумя выкатными подами

профиля известных конструкций (с выкатным подом, камерные, колпаковые, проходные, шахтные и др.) и уникальных конструкций, не имеющих аналогов в мире.

Стенды и печи оборудованы новейшими высокоэффективными горелками, автоматической системой и контролем подачи и горения газа для обеспечения равномерности разогрева ковшей и заготовок в любой точке печи с отклонением $\pm 2,5$ °С. Многолетний статистический анализ технико-экономических показателей эксплуатируемых термических агрегатов показал, что внедрение стендов для разогрева и сушки ковшей в литейных цехах сокращает расход газа на 60–80 % и заметно повышает производительность труда, позволяет сократить брак до 30 %, а современные термические печи фирмы TACHTECH s.r.o. гарантируют снижение энергозатрат (газа и электричества) на 30–50 %.

Подробности на сайте www.tachtech.ru.

ЛИТЕРАТУРА

1. Армин Р. Индустрия 4,0 – пустая шумиха или революция. М.: Техносфера, 2020.
2. Леушин И. О., Субботин А. Ю., Гейко М. А. Подготовка обреза оцинкованного стального листа к индукционному переплаву // Тр. 12-го съезда литейщиков России. Нижний Новгород, 2015.
3. Буторина И. В. Экологические проблемы металлургического производства. Санкт-Петербург: Изд-во политехнического университета, 2008.

REFERENCES

1. Armin R. *Industrija 4,0 – pustaja shumiha ili revolucija* [Industry 4.0 is an empty hype or a revolution.]. Moscow, Tehnosfera Publ., 2020.
2. Leushin I. O., Subbotin A. Ju., Gejko M. A. Podgotovka obrezi ocinkovannogo stal'nogo lista k indukcionnomu pereplavu [Preparation of cut galvanized steel sheet for induction remelting]. *Trudy 12-go s'ezda litejshhikov Rossii = Proceedings of the 12th Congress of foundry workers of Russia*. Nizhnij Novgorod, 2015.
3. Butorina I. V. *Jekologicheskie problemy metallurgicheskogo proizvodstva* [Environmental problems of metallurgical production]. Sankt-Peterburg, Izdatel'stvo Politehnicheskogo Universiteta Publ., 2008.