



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2024-2-23-28>
УДК 621.79

Поступила 27.02.2024
Received 27.02.2024

СОВРЕМЕННОЕ РОССИЙСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ХОЛОДНОТВЕРДЕЮЩИХ СМЕСЕЙ

Ю. Н. МУРАВЬЕВ, А. В. ТРЕЩАЛИН, ООО «Родонит», г. Санкт-Петербург, Россия, Волго-Донской пр. 1.
E-mail: y.muravyev@rodonit.spb.ru

В статье показана динамика увеличения применения технологии ХТС на литейных предприятиях России, приведены преимущества технологии и используемое оборудование. Проведен анализ сложившейся ситуации на рынке поставок литейного оборудования и даны примеры современного российского оборудования, выпускаемого компанией ООО «Родонит» (Санкт-Петербург).

Ключевые слова. Технология ХТС, формовочное оборудование, системы регенерации, пневмотранспорт.

Для цитирования. Муравьев, Ю. Н. Современное российское оборудование для процессов холоднотвердеющих смесей / Ю. Н. Муравьев, А. В. Трещалин // *Литье и металлургия*. 2024. № 2. С. 23–28. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2024-2-23-28>.

MODERN RUSSIAN EQUIPMENT FOR NO-BAKE PROCESSES

Yu. N. MURAVYOV, A. V. TRESCHALIN, Rodonit Company, St. Petersburg, Russia, 1, Volga-Donskoj ave.
E-mail: y.muravyev@rodonit.spb.ru

The article demonstrates the increasing trend of implementing the CHM technology in Russian foundries, highlighting the advantages of this technology and the equipment utilized. An analysis of the current market situation for foundry equipment supply is conducted, along with examples of modern Russian equipment produced by Rodonit company (St. Petersburg).

Keywords. No-bake process, molding equipment, regeneration systems, pneumatic transport.

For citation. Muravyov Yu.N., Treschalin A. V. Modern russian equipment for No-bake processes. *Foundry production and metallurgy*, 2024, no. 2, pp. 23–28. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2024-2-23-28>.

Литейное производство является основной заготовительной базой машиностроительного комплекса. Доля литых деталей в автомобилях, тракторах, комбайнах, самолетах и других машинах составляет 40–50%, а в металлорежущих станках и кузнечно-прессовом оборудовании доходит до 80%. Литейное производство выгодно отличается от других заготовительных производств (поковки, штамповки, сварки) тем, что методом литья возможно изготавливать заготовки, максимально приближенные по геометрии к самым сложным деталям машин. Литые детали несут высокие нагрузки в машинах и механизмах и определяют их эксплуатационную надежность, точность и долговечность. К качеству отливок предъявляются повышенные требования: прочностные и эксплуатационные характеристики, геометрическая и размерная точность, чистота поверхности, товарный вид, минимальные припуски на механическую обработку. Качество получаемых отливок определяется качеством расплавленного металла и качеством формы. Среди всех применяемых технологических процессов получения отливок (литье в кокиль, литье под давлением, центробежное литье, ЛГМ, ЛВМ и др.) наиболее широкое распространение получил метод литья в разовые формы из сырых песчано-глинистых смесей (ПГС) или сухих холоднотвердеющих смесей (ХТС). На их долю приходится почти 80% всех получаемых отливок и на протяжении последних 20 лет этот показатель существенно не меняется. Но существенно изменилось соотношение использования ПГС и ХТС. Это хорошо прослеживается на примере российских литейных предприятий. Если в 2005 г. в самом начале активного внедрения процессов ХТС на литейных участках России на формы из ПГС приходилось 88%, а на ХТС всего лишь 12% выпуска литья [1], то к 2022 г. соотношение изменилось кардинальным образом: ПГС – 40%, ХТС – 60% (рис. 1) [2]. Аналогичная динамика характерна и для литейных предприятий Беларуси.

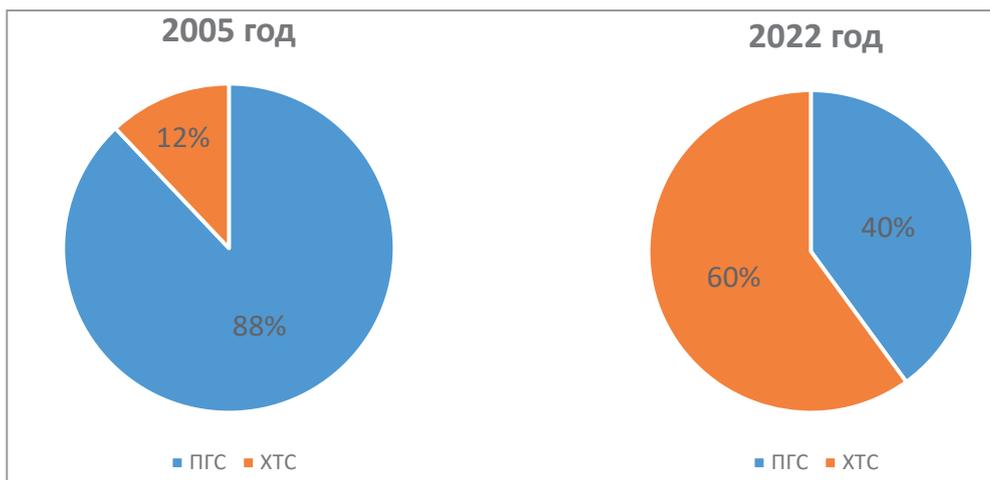


Рис. 1. Динамика изменения применения ПГС и ХТС на литейных предприятиях РФ

Такой бурный рост применения холоднотвердеющих смесей в стержневых и формовочных отделениях литейных цехов объясняется преимуществами как самой технологии ХТС, так и применяемым оборудованием.

Технологические преимущества процесса ХТС:

- применение для изготовления форм и стержней единых компонентов (песок, связующее, отвердитель/катализатор);
- приготовление смеси и подача ее в опоки (стержневые ящики) осуществляется одним устройством – смесителем;
- достигаются высокая геометрическая точность и прочность стержней и форм;
- возможность длительного хранения форм и стержней до момента заливки металла;
- стержни легко удаляются из внутренних полостей отливки, возможность ухода от пригара;
- выбитая формовочная смесь поддается механической регенерации с повторным использованием регенерата.

Оборудование для ХТС весьма компактно, не потребляет большого количества энергии (кроме термической регенерации), практически не требует организации приямков и усиленных фундаментов, простое в управлении и техническом обслуживании. Для начала работы формовочного (стержневого) участка достаточно изготовить бункер для хранения песка и установить высокоскоростной смеситель для перемешивания кварцевого (иногда хромитового) песка с необходимыми химическими компонентами. Для улучшения качества получаемых форм, снижения трудоемкости их изготовления и увеличения количества выпускаемых форм, максимального ухода от человеческого фактора и повторного использования песка возможно дальнейшее комплектование уже действующего участка следующим оборудованием: вибростол, манипулятор форм, установка нанесения противопригарной краски, формовочные линии (Карусель, Fast-Loop, Челнок), кантователь форм, протяжной стол, сборщик форм, автоматические или ручные линии заливки/охлаждения, выбивные решетки, установки механической и термической регенерации, системы пневмотранспортировки свежего и регенерированного песка. Поэтапное внедрение технологического оборудования позволяет литейному предприятию плавно нарастить свое производство с 1–2 до 6–8 форм в час с максимальной механизацией и автоматизацией производства.

Активное внедрение технологии ХТС в отечественных литейных цехах привело к активному росту компаний, занимающихся производством оборудования, материалов и услуг для данной технологии. И если поставщиками химических компонентов и обогащенных кварцевых песков являются в основном отечественные компании, то в поставках оборудования до последнего времени наблюдалась совсем иная ситуация. До 2022 г. основными поставщиками оборудования для процессов ХТС выступали европейские компании из Великобритании, Италии и Германии. Иногда поставлялось оборудование из КНР и Турции. Начало СВО и последовавшее вслед за этим введение санкций закрыло доступ на рынок России и Беларуси европейского и североамериканского оборудования, произошло почти мгновенное обрушение деловых связей, складывающихся на протяжении многих десятилетий. Техническая поддержка, поставка запасных частей, проведение взаимных платежей, двусторонние контакты были заморожены. На рынке оборудования для ХТС процессов, как и на многих других направлениях, мгновенно

образовался дефицит предложения качественного оборудования, который необходимо было восполнить в кратчайшие сроки и, по возможности, силами отечественного производителя. Одним из таких предприятий выступила компания ООО «Родонит» (Санкт-Петербург), с 1993 г. занимающаяся научно-техническим обеспечением деятельности промышленных предприятий в литейной промышленности. С начала 2000-х годов сотрудники компании активно занимались вопросами внедрения различных процессов ХТС (жидкостекольный, альфа-сет, фуран-процесс, пеп-сет, фоскон) на заводах России, Беларуси, Казахстана и Украины. Совместно с мировыми лидерами в производстве оборудования для процессов ХТС (британскими компаниями FTL и Omega Sinto Foundry Machinery) были реализованы более 200 проектов начиная от небольших формовочных участков с одним смесителем до комплектного цеха с замкнутым циклом пескооборота (смесеприготовление, формообразование, автоматические линии заливки и охлаждения, выбивка и механическая регенерация, пневмотранспорт песка). Поставляя иностранное оборудование на российский рынок, встал вопрос о возможности его комплектования позициями собственного изготовления с целью удешевления конечной продукции для отечественного клиента. Начиная с 2007 г. компания ООО «Родонит» приступила к реализации проекта по разработке и изготовлению собственного оборудования для процессов ХТС. Первым шагом была разработка и изготовление собственными силами системы пневмотранспортировки кварцевого песка, включающая пневмобаллон, поворотные колена, устройство распределения подачи в два и более приемных бункера, автоматизация процесса. Преимущества использования пневмотранспортировки песка взамен традиционного ленточного транспорта:

- простота конструкции и ее компактность;
- возможность полной автоматизации процесса пневмотранспортировки;
- минимальные потери песка вследствие герметичности системы;
- гибкость трассы, возможность прокладывать трубы в горизонтальном и вертикальном положении;
- высокая маневренность, возможность доставки песка из одной точки в несколько;
- санитарно-гигиенический эффект, отсутствие пыли и просыпей;
- высокая надежность системы и простота в эксплуатации.

Проведенные испытания показали высокую надежность разработанного оборудования и нашли применение на десятках литейных предприятий, осуществляя пневмотранспортировку как свежего, так и регенерированного песка. Изготавливаемое оборудование соответствует требованиям ТР ТС 032/2013 «О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением», и позволяет транспортировать до 20 т песка в зависимости от протяженности трассы. Пример изготавливаемого оборудования показан на рис. 2.



Рис. 2. Пневмобаллон перед отгрузкой

При пневмотранспортировке песка необходимо очищать выходящий из системы в атмосферу цеха воздух от пыли. Для этих целей используются различные по объему и исполнению фильтры сухой очистки воздуха. В 2010 г. было подписано лицензионное соглашение с компанией DCE (Великобритания) на установку, а затем и на производство напольных фильтров для улавливания пыли от систем регенерации и пневмотранспорта с вытяжным вентилятором и без него. Сегодня такие напольные фильтры ООО «Родонит» изготавливает производительностью по очищаемому воздуху от 1000 до 15000 $\text{nm}^3/\text{ч}$, площадь фильтрующей поверхности составляет от 18 до 300 m^2 . Очистка фильтрующей поверхности всех фильтров осуществляется за счет обратной продувки сжатым воздухом. Частота продувки задается с интерфейса системы управления. Сменные картриджи для данных фильтров также изготавливаются в России (рис. 3).



Рис. 3. Напольный фильтр пылеочистки

В 2016 г. ООО «Родонит» начал разработку смесителя производительностью до 12 т/ч. В 2017 г. произошло то, что нередко случается с западными компаниями: не выдержав жесткой конкуренции на рынке производителей литейного оборудования, британский партнер компании, фирма FTL, обанкротилась и не смогла выполнить принятых ею обязательств по поставкам уже оплаченного оборудования в Россию. В ходе совместных переговоров была достигнута договоренность о выкупе у британской компании FTL части разработанной технической документации для изготовления оборудования в России силами ООО «Родонит». В кратчайшие сроки английская документация была переработана под российские стандарты, материалы, технические условия. Благодаря оперативности принятых решений в кратчайшие сроки был освоен выпуск широкой номенклатуры оборудования для данных процессов. Смеситель (рис. 4) является основным рабочим органом технологии ХТС, «сердцем» этого процесса. От его бесперебойной работы и качества перемешивания кварцевого песка (или других наполнителей) с химическими компонентами (смола, отвердитель/катализатор) зависит количество и качество получаемых форм и стержней.

Первым изготовленным смесителем был однорукавный вариант производительностью 10 т формовочной смеси в час. В дальнейшем специалистами компании были разработаны и внедрены на различных литейных предприятиях смесители разных типов (одно- и двухрукавные с радиусом рабочей зоны до 5 м), производительности (от 1–3 до 20–30 т формовочной смеси в час) и для разных процессов (жидкостекольный, альфа-сет, резол, фуран-процесс, пеп-сет, фоскон). Конструкция смесителей позволяет использовать несколько процессов ХТС, например, альфа-сет для изготовления форм и пеп-сет для изготовления стержней. Для облегчения перемещения рукавов двухрукавных смесителей оборудование может быть снабжено механическим приводом поворота рукавов.

В том же 2016 г. компания ООО «Родонит» изготовила и внедрила первое оборудование для механической регенерации использованной смеси. Как известно, одним из недостатков процесса ХТС является более высокая стоимость формовочной смеси по сравнению с технологиями песчано-глинистой формовки, литья по газифицируемым моделям или вакуумно-пленочной формовкой. Высокая стоимость смеси складывается из стоимости связующего, отвердителя/катализатора, сухого обогащенного кварцевого песка. К этой стоимости также добавляется стоимость доставки кварцевого песка до предприятия, вывоз использованной формовочной смеси и сборы за ее утилизацию (стоимость энергетических затрат



Рис. 4. Смеситель непрерывного действия СМР20

на смесеприготовление мала и ею можно пренебречь). В зависимости от процесса ХТС, количества и качества используемых химических компонентов доля их стоимости в стоимости 1 т формовочной смеси может существенно отличаться и составлять 20–65% от общей стоимости смеси. И эта доля стоимости смеси является безвозвратно теряемой, так как часть химических компонентов выгорит при соприкосновении с расплавленным металлом, а часть останется в виде пленок связующего на зернах кварцевого песка. Что касается затрат на кварцевый песок, то их можно уменьшить, проведя регенерацию использованной формовочной смеси. Основная цель процесса регенерации формовочной смеси при ХТС-процессах – восстановление зернового состава песка и удаление пленок связующего с зерен кварцевого песка. В большинстве случаев предприятиями используется механическая регенерация, некоторые внедряли дополнительную термическую регенерацию. При **механической регенерации** происходит удаление пленок связующего от кварцевых песчинок за счет механического перетирания смеси. Пленки связующего разрушаются с образованием пыли, удаляемой системами пылеотсоса. Большой процент повторного использования регенерата (до 90% при фуран-процессе, до 70% при альфа-сет-процессе), компактность установок и высокая производительность сделали процесс наиболее востребованным. Технологическая схема механической регенерации включает в себя процессы выбивки формы, дробления спекшихся кусков смеси, механического перетирания смеси, охлаждения регенерата, пылеудаления. Дальнейшее увеличение процента возврата регенерированного песка (почти до 100%) возможно при использовании термических систем регенерации. При **термической регенерации** происходит дополнительный нагрев смеси до температуры 750–800 °С с выгоранием пленок органических веществ с поверхности зерен кварцевого песка. Несмотря на высокую эффективность процесса, термическая регенерация пока не получила широкого распространения на отечественных заводах из-за следующих факторов:

- большие первоначальные инвестиции для покупки оборудования;
- сложность в обслуживании установки (газовое и электрическое хозяйство);
- необходимость использования дорогого ингибитора при регенерации песков по альфа-сет-процессу;
- большой расход тепловой энергии.

Для оценки перспективности применения данной технологии на литейных предприятиях России и Беларуси надо учитывать, какой процесс ХТС получил более широкое применение. Для Республики Беларусь наиболее характерен фуран-процесс с возможностью повторного использования до 90% механически регенерированного песка, а в Российской Федерации – альфа-сет-процесс с возможностью повторного использования до 70% механически регенерированного песка. Поэтому можно предположить, что с дальнейшим увеличением стоимости вывоза и утилизации отходов формовочных смесей и уменьшением стоимости применяемого ингибитора термическая регенерация будет находить все большее применение именно на российских предприятиях, использующих альфа-сет-процесс.

Таким образом, внедрение систем регенерации (механической и термической) позволяет сократить расходы на приобретение свежего кварцевого песка, транспортные расходы и утилизацию использованных песков. Современные установки регенерации весьма разнообразны и позволяют учитывать индивидуальную специфику литейных производств.

Первой установкой механической регенерации (рис. 5), изготовленной нашими специалистами, была совмещенная система (выбивная решетка + оттирочные сита) напольного типа, позволяющая

выбивать формы размерами до 1500x1500 мм и грузоподъемностью до 1500 кг, охлаждать и обеспыливать формовочную смесь и транспортировать готовый регенерат в приемный бункер посредством пневмотранспорта.



Рис. 5. Компактная установка механической регенерации

В дальнейшем линейка установок для механической регенерации была существенно расширена. Для небольших предприятий предназначена самая маленькая установка с размерами выбивной деки 1000x950 мм, грузоподъемностью 750 кг и производительностью до 3 т регенерированного песка, а самая большая напольная установка имеет размер выбивной деки 3000x2500, грузоподъемность до 4,5 т и производительность до 10 т.

К февралю 2022 г. уже был накоплен серьезный опыт по конструированию, изготовлению и внедрению разнообразных технологических устройств: высокоскоростные одно- и двухрукавные смесители, вибростолы с рольгангами и плоской столешницей, установки по нанесению противопопригарной краски, компактные установки для выбивки и механической регенерации формовочной смеси, охладители-обеспыливатели.

События 2022 г. кардинальным образом повлияли на сложившийся в России и Беларуси рынок литейного оборудования и послужили мощным импульсом для активизации инженерной и производственной деятельности компании ООО «Родонит». Не будем перечислять все сложности при переходе с выпуска, по сути, опытных образцов на промышленные объемы, особенно в условиях исчезновения с российского рынка качественных, проверенных временем, комплектующих хорошо известных марок. С этим столкнулись практически все отечественные производители оборудования. Главное, что было достигнуто – это сохранение качества выпускаемой продукции при увеличении объема выпуска и предлагаемого ассортимента. И произошло это благодаря накопленному опыту и слаженной кропотливой работе всего коллектива ООО «Родонит». Специалисты компании обладают необходимыми знаниями, квалификацией, опытом работы и способны решить разнообразные задачи, возникающие при реализации проектов. Сервисная служба оказывает услуги по пусконаладке оборудования и тренингу обслуживающего персонала, гарантийному и постгарантийному обслуживанию поставляемого оборудования.

Обращайтесь к нам и мы постараемся помочь вашему производству!

ЛИТЕРАТУРА

1. **Петров, А.Ю.** Состояние и перспективы литейного производства России / А.Ю. Петров // Литейное производство. – 2007. – № 2.
2. **Дибров, А.И.** Состояние и перспективы развития литейного производства России / А.И. Дибров // Доклады I Национального форума промышленной кооперации и системного инжиниринга. – М., 2023.

REFERENCES

1. **Petrov A. Yu.** Sostoyanie i perspektivy litejnogo proizvodstva Rossii [State and prospects of foundry production in Russia]. *Litejnoe proizvodstvo = Foundry*, 2007, iss. 2.
2. **Dibrov I.A.** Sostoyanie i perspektivy razvitiya litejnogo proizvodstva Rossii = State and prospects development of foundry production in Russia. *Doklady I Nacional'nogo foruma promyshlennoj kooperacii i sistemnogo inzhiniringa = Reports of the 1st National Forum of Industrial Cooperation and System Engineering*. Moscow, 2023.