

УДК 621.744.06

В. С. Дорошенко, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.,
e-mail: doro55v@gmail.com

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

КОНЦЕПЦИИ ЛИТЕЙНЫХ КОНВЕЙЕРНЫХ ЛИНИЙ С РОТОРНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ, А ТАКЖЕ РОТОРНО- КОНВЕЙЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ЛИТЬЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВАКУУМИРОВАНИЯ

Конвейерные линии на основе замкнутого ленточного или пластинчатого транспортера, облицованного сухим вакуумируемым песком, а также роторные валковые устройства обеспечивают совмещение транспортных и технологических операций процесса литья. Их проектируют для повышения эффективности производства и сокращения его трудоемкости. Такие конвейерные технологии песчаной формовки, кроме фасонных отливок, позволяют получать заготовки непрерывным способом и облегчают автоматизацию процесса литья.

Ключевые слова: конвейерные линии, роторные устройства, роторно-конвейерные, песчаная форма, процесс формовки, вакуумирование, непрерывный способ.

Конвеєрні лінії на основі замкнутого стрічкового або пластинчастого транспортера, облицьованого сухим вакуумованим піском, а також роторні валкові пристрої забезпечують поєднання транспортних і технологічних операцій процесу лиття. Їх проєктують для підвищення продуктивності виробництва і скорочення його трудомісткості. Такі конвеєрні технології піщаного формування, крім фасонних виливків, дозволяють отримувати заготовки безперервним способом і полегшують автоматизацію процесу лиття.

Ключові слова: конвеєрні лінії, роторні пристрої, роторно-конвеєрні, піщана форма, процес формування, вакуумування, безперервний спосіб.

Conveyor lines based on a closed belt or plate conveyor lined with dry vacuum-evacuated sand, as well as rotary rollers ensure the combination of transport and technological operations of the casting process. They are designed to increase productivity and reduce its labor intensity. Such conveyor technologies of sand molding, in addition to shaped castings, allow to obtain billets in a continuous manner and facilitate the automation of the casting process.

Keywords: conveyor lines, rotor devices, rotor-conveyor, sand mold, molding process, vacuuming, continuous mode.

Цикл научно-технических работ, проводимых сегодня в отделе физико-химии литейных процессов под руководством проф. Шинского О. И. во ФТИМС НАН Украины, включает перевод литья на конвейерные и роторно-конвейерные способы для оптимального сочетания повышения производительности литья и качества

отливок с растущими требованиями совместимости с окружающей средой. Настоящий обзор выполнен в рамках темы: «Научные и технологические основы создания высокопроизводительных литейных процессов получения литых конструкций из железоуглеродистых и цветных сплавов и разработка концепции литейных роторно-конвейерных комплексов».

Технология литья в вакуумируемые формы из несвязанного песка возникла благодаря двум изобретениям: в 1968 г. Е. Кржижановским был получен патент ФРГ №1301440 на литье по газифицируемым моделям (ЛГМ) в такие формы [1], а с 1971 г. в Японии фирмы «Моеда» и «Синто Когио» стали лить методом вакуумно-пленочной формовки (ВПФ) [2]. Эти способы нарушили традиции технологии литейной формы из кварцевого песка со связующим и привнесли в литейные цеха более экологически безопасные и ресурсосберегающие, но в то же время, наукоемкие процессы. Несмотря на достаточно большое число публикаций и сотни патентов (в т. ч. сотни, патентов отечественной научно-технической школы формовки), эти технологии продолжают опережать другие способы литья по потенциалу возможных нововведений и разновидностей. Вакуумирование покрытой синтетической пленкой формы упрочняет ее песок до монолитного состояния, и откачивание газов вакуумным насосом из формы способствует успешному решению экологических проблем литейного цеха. При ВПФ в литейных формах применяют минимум полимеров – лишь синтетическую пленку толщиной 0,05–0,10 мм и связующее до 3 % в составе тонкого слоя противопожарной краски на этой пленке вокруг полости формы.

Высокая текучесть сухого песка при вибровоздействии на него в процессе формовки позволяет рассматривать его как псевдожидкость [1], которая легко (например, без мощных уплотняющих машин, присущих традиционной песчаноглинистой формовке) заполняет пространство вокруг нередко сложных фасонных поверхностей литейных моделей (как многоразовых, так и разовых) в процессе изготовления формы, продолжительность которого обычно составляет не более нескольких минут. Причем камневидное состояние песка при вакуумировании формы с разряжением 50 ± 20 кПа ($\sim 0,5 \pm 0,2$ атм) необходимо лишь с момента формовки до заливки формы и последующем затвердевании отливки до состояния, когда она сама способна держать свою «геометрию» стенок в песчаной среде. В остальных случаях вакуумирование, как правило, не требуется. Рациональное регулирование прочности формы в зависимости от величины разрежения в толще ее песка и возможность охлаждения отливки в сухом песке без вакуума положено в основу проектирования конвейерных установок, совмещающих технологические операции с транспортными.

На принципе минимизации продолжительности вакуумирования формы с использованием текучести песка построен ряд конструкций линий ВПФ, при которых движущийся конвейер представляет собой не вереницу отдельных форм, а одну литейную форму, например, в виде желоба с песком на вертикально замкнутом конвейере [3]. Причем в информации по непрерывному литью такой желоб часто называют подвижным кристаллизатором, облицованным песком. При непрерывном движении этого желоба по ходу перемещения в него сначала насыпают слой («постель») сухого песка, а затем одновременно с герметизацией синтетической пленкой слоя песка отформовывают в нем литейные полости, подключая вакуум к конвейеру на том участке, где необходимо удерживать форму в камневидном состоянии.

Прочность песка формы практически прямо пропорциональна величине разрежения в его пористой среде [2]. Поскольку вакуум из-за затрудненной фильтрации в песчаной среде на расстоянии 0,35–0,40 м от источника вакуумирования – сетчатого фильтра снижается в 2,0–2,5 раза [2], то величинами разрежения на вакуум-фильтре, степени разгерметизации, уплотнения песка и удаления его от этого фильтра в стенке или дне желоба регулируют прочность формы. При этом на участке заливки и затвердевания отливки эту прочность поддерживают максимальной, на участке

формовки – достаточной для выполнения литейных полостей и доставки их до участка заливки, а на участке охлаждения затвердевшей отливки форму не вакуумируют.

Клапанная вакуумная система сопровождения литейного конвейера действует лишь на сравнительно непродолжительной зоне конвейера. Конвейер движется, а эта зона остается неподвижной благодаря функционированию системы вакуумирования подвижных объектов, конструкции которых отработаны и используют на сотнях действующих конвейеров ВПФ и ЛГМ с традиционными формами в опоках. Например, известен механизм вакуумной системы с двумя рычагами (манипуляторами) и рейками, несущими 5–10 вакуумных клапанов для вакуумирования таких конвейеров. Одна из реек с клапанами подключает эти клапаны к вакуум-фильтрам форм движущегося конвейера, а вторая ходом рычага в обратном направлении от движения конвейера выдвигает вторую рейку с клапанами для вакуумирования новых поступающих форм. Так эти рейки с клапанами вакуумной системы поочередно вакуумируют конвейер и, пошагово передвигаясь против движения конвейера, удерживают вакуум на заданном участке конвейера.

Другой вариант конструкции системы вакуумирования конвейера [4] выполнен в виде гибкого вакуум-провода, который расположен вдоль бесконечной (кольцевой) движущейся ленты или желоба, имеет фильтры на стыке с лентой и постоянное подключение через вращающийся роторный барабан к вакуум-насосу. Устройство для управления вакуумированием открывает фильтры вакуум-провода на этой ленте и подключает к вакууму песок форм, когда лента входит в строго определенную зону (достаточно точных размеров, в отличие от вышеописанного шагового рычажно-реечного механизма), за пределами которой фильтры закрываются пружинными механизмами.

Движущаяся на конвейере и изготовленная в виде желоба песчаная форма может рассматриваться как единая или в качестве нижней полуформы [3–7]. Для второго случая разработаны способы формовки верхней полуформы и сборки ее с нижней при формировании в итоге непрерывно движущегося песчаного слоя как литейной формы с одной длинномерной литейной полостью вдоль конвейера или многими литейными полостями.

После заливки металлом и достаточного затвердевания отливки разупрочнение формы выполняют путем снижения и затем отключения вакуума (по мере выхода ленты конвейера из зоны подключения к системе вакуумирования), переводя песок из камневидного состояния в сыпучее. В конструкции [5] предложено не возить на конвейере охлаждающиеся отливки в сыпучей песчаной среде, а подавать их в закрытый наклонный желоб (как продолжение конвейера), по стенкам которого отливки в песке движутся путем скольжения под собственным весом и находятся в желобе до достижения температуры, при которой предписана выбивка песчаных форм. В этом закрытом желобе возможно ускоренное охлаждение отливок и песка путем подачи хладагента, например, водного аэрозоля или методом кратковременного душирования при подаче воды под давлением, вплоть до достижения скоростей охлаждения, свойственных закалке в технологии термообработки.

Рассмотрим подробнее конструкции литейных конвейерных линий с роторными устройствами. Схема установки линии ВПФ для получения простых фасонных и непрерывнолитых отливок показана на рис. 1, а [3, 6]. Установка состоит из подвижного конвейера 1, на который насыпают равномерный слой песка 2 из бункера 3. На роторный валок 4 наносят синтетическую пленку 5 из рулона 6, а затем настилают пленку этим роторным валком на слой песка. Над кристаллизатором показан заливочный ковш 7.

Для изготовления простых фасонных отливок на роторном валке 4 (рис. 1, б) монтируют модели литниковой системы 8 и фасонных отливок 9, с помощью которых получают полости 10 (рис. 1, в). Для выполнения непрерывных профилей применяют кольцевые модели 11 и 12, с помощью которых формуют полости с профилями, соответственно, 13 и 14 (рис. 1, г, д). При формовке модель вдавливается в песок

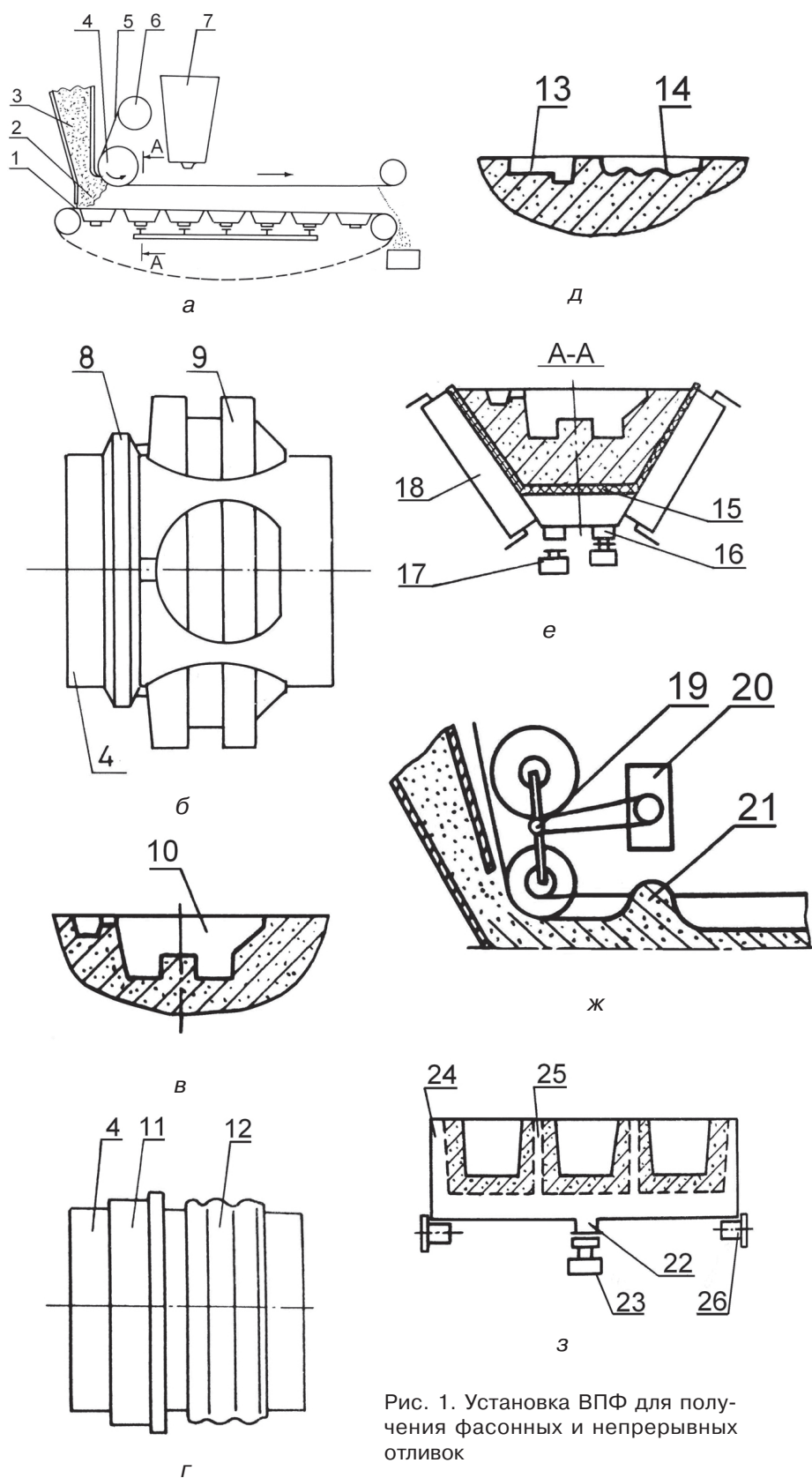


Рис. 1. Установка ВПФ для получения фасонных и непрерывных отливок

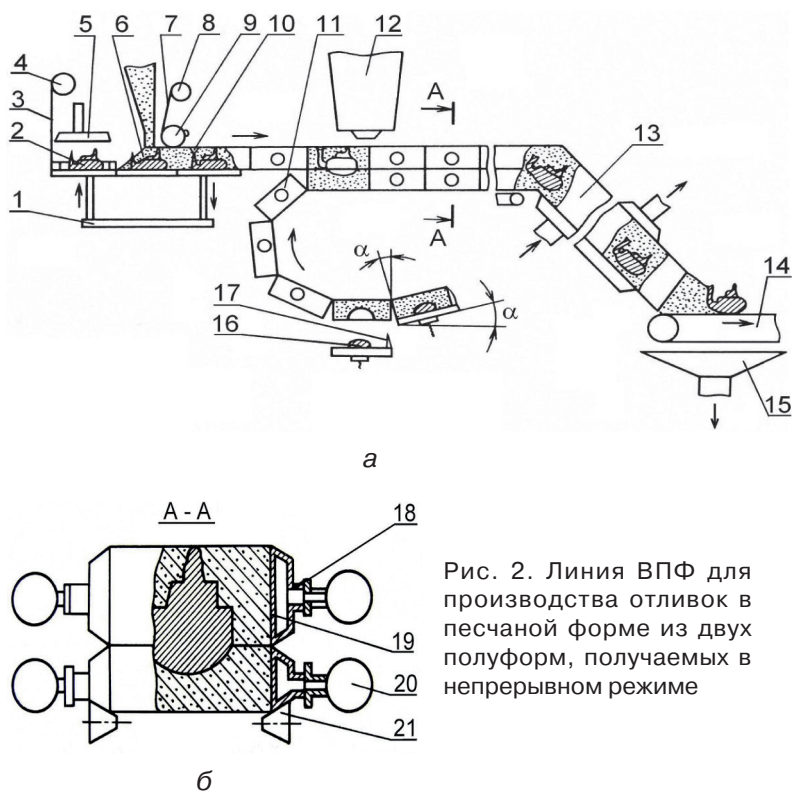
вращающимся роторным валком и оставляет на нем пленку 5, остатки которой могут сматывать в рулон в конце облицованного песком участка конвейера (см. рис. 1, а справа). На роторный валок 4 могут устанавливать модель, подобную сочетанию конструкций моделей (рис. 1, б, г), которая дает отпечаток (полость в песке) с изменяемой поверхностью, как в продольном, так и в поперечном сечении. То есть, можно лить, например, в полунепрерывном режиме рейку с зубьями разного профиля и одновременно с рядами, как вдоль, так и поперек хода конвейера и т. п.

Для улучшения облицовки пленкой моделей синтетическую пленку 5 можно нагревать в момент облицовки (в этом и других, рассмотренных ниже, способах формовки) путем безвоздушного или воздушного распыления на эту пленку такого теплоносителя, как нагретая противопригарная краска [7]. Последний метод повышает производительность технологического процесса формовки путем совмещения традиционных операций ВПФ: обогрева потоком теплоносителя пленки и окраска пленки противопригарной краской. Кроме того, поскольку нагретые частицы краски являются более энергоемкими теплоносителями, чем известный способ дутья нагретым воздухом, то сокращается время обогрева пленки. А нагрев краски уменьшает продолжительность ее сушки, и эта комплексная операция облицовки-окраски легко вписывается в сравнительно быстрый непрерывный процесс формовки. Степень уплотнения песка можно повысить путем применения вибрации роторного вала 4 либо другими известными способами, включая вибрацию участка конвейера под этим валком.

Слой песка вакуумируют через сетчатые фильтры 15 (рис. 1, е), вмонтированные снизу в ленту 1 и имеющие клапаны 16, которые подключают к системе 17 трубопроводов вакуумного сопровождения движущегося конвейера (принципы систем вакуумного сопровождения описаны выше), после чего песок приобретает прочность, свойственную ВПФ. Толщина слоя песка от низа полости отливки до поверхности ленты составляет 0,05–0,15 м. Для облегчения усилия вдавливания моделей на участке формовки поддерживают минимальное разрежение, повышая его при движении к участкам заливки и охлаждения. Это достигается подключением системы 17 к клапанам 16 таким образом, чтобы ближайший подключенный фильтр ленты находился на расстоянии 0,4–0,8 м от позиции формовки. Кроме того, роторный валок 4 с моделями формует песок, большей частью насыпаемый на него сверху из бункера 3, и находится практически на грани действия вакуума в песке, однако после настиления пленки валком песок остается неподвижным. В ряде случаев (для формовки по сложнофасонным моделям) в бункере 3 на уровне роторного вала 4 предложено устанавливать компактный роторный рыхлитель песка или устройство создания псевдоожиженного слоя. При движении лента опирается на ролики 18 и может иметь небольшой уклон на понижение в сторону выбивки. После заливки полостей металлом и охлаждения отливки песок и отливки удаляют с кристаллизатора.

Для полунепрерывного изготовления толстостенных профилей или слитков может быть использован поворотный (ротационный) механизм (рис. 1, ж) в виде рамы 19 с приводом 20, на которой установлены два (или более) роторных вала с моделями различной конфигурации. При воздействии на песок одного из валков формуют полости, а при извлечении роторных валков из песка и горизонтальном расположении рамы 19 получают перегородку 21 между полостями [8]. В этом случае вместо ленточного транспортера для подвижного кристаллизатора удобнее применить пластинчатый, а пластины такого конвейера можно выполнять с полостями и вакуумными клапанами 22 (рис. 1, з) при поочередном подключении этих полостей к внешней вакуум-системе 23 [4]. Пластины конвейера могут иметь полые перфорированные боковины 24 и продольные перегородки 25, последние целесообразно монтировать на многоручьевых кристаллизаторах. Транспортируют конвейерный кристаллизатор по роликам 26.

Для получения отливок в непрерывной вакуумируемой форме, состоящей из верхней и нижней полуформ, разработана конвейерная линия, схема которой показана на рис. 2, а [8]. Установка состоит из конвейера 1 модельных плит с моделями 2, на которые настилают синтетическую пленку 3 из рулона 4 с помощью устройства 5. Затем на модели 2 насыпают песок 6, на контрлад формы настилают пленку 7 из рулона 8 роторным валком 9 с одновременной формовкой заливочных воронок 10. Для наложения пленки 3 на модели 2 предложено рамочное роторное устройство в виде вращающейся рамки с двусторонними присосками для пленки 3, пример конструкции которого описан в патенте [8]. С каждым оборотом на 180° вокруг оси, перпендикулярной направлению движения конвейера, рамка поочередно настилает пленку на модельную плиту (с моделью) одну за другой.



Нижнюю полуформу собирают из сегментов 11. Для заливки форм используют ковш 12. После заливки форму плавно помещают в закрытый наклонный желоб 13 (имеется вариант регулирования его наклона), где отливку охлаждают и подают на конвейер 14, а песок пересыпают в приемный бункер 15, сообщенный с линией охлаждения и очистки песка. Во ФТИМС НАН Украины применяют высокопроизводительные проходные охладители песка в псевдоожиженном слое, которые встроены в автоматизированные конвейерные линии регенерации песка на основе пневмотранспорта с позиции выбивки на позицию формовки. Поскольку сухой песок (в отличие от традиционных формовочных смесей) не теряет сыпучести при низких температурах, то такие линии обычно размещают за пределами литейного цеха у внешней его стены.

Нижнюю часть полуформы из сегментов 11 формуют подобно верхней полуформе с тем лишь отличием в этом варианте конструкции, что на модельной плите с моделью 16 установлена перегородка 17, равная высоте полуформы и имеющая при вершине угол α и разделяющая полуформы. Для того, чтобы боковые стенки соседних сегментов 11 при сборке стыковались без зазора, при формовке модель-

ную плиту поворачивают на указанный угол α по сравнению с ее расположением в момент протяжки модели из формы.

Как показано на поперечном разрезе в увеличенном масштабе (рис. 2, б), конвейер форм в сборе имеет продольные боковины с вакуумными клапанами 18 и перфорированными стенками 19 для вакуумирования песка при подключении клапанов 18 к трубопроводам 20 системы вакуумного сопровождения линий ВПФ. Конвейер перемещают по роликам 21. Поскольку на конвейере нет поперечных перегородок, то при использовании соответствующих моделей на данной установке возможна формовка полостей для получения длинномерных отливок в полунепрерывном режиме.

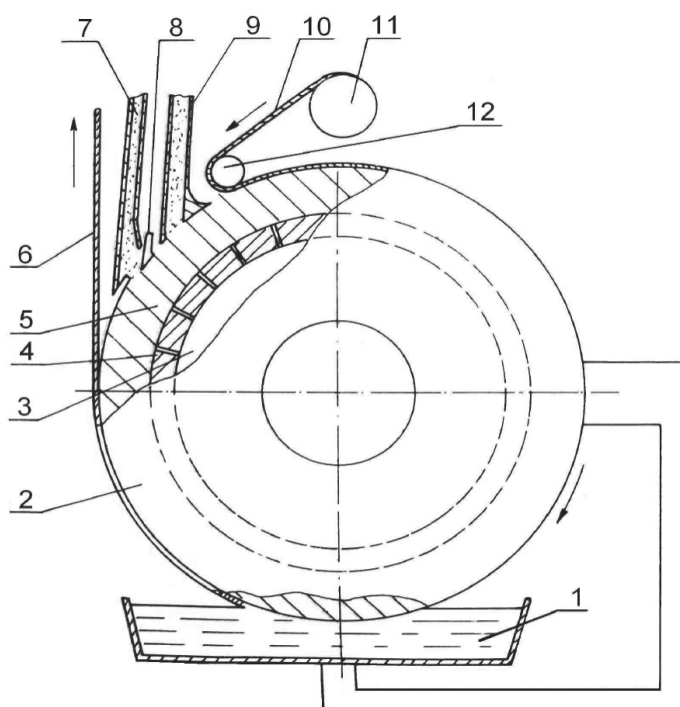
Следует отметить, что при выходе на контрлад формы выпоров, прибылей при заливке металлом формы, вокруг них сгорает пленка. Разгерметизованная поверхность песчаной формы приводит к подсосу через нее воздуха и значительному падению степени разрежения в верхней части формы, что требует подключения вакуумных насосов повышенной мощности во избежание преждевременного разупрочнения формы. Особенно актуален этот вопрос для установки, показанной на рис. 1, при работе которой возможны обширные поверхности открытого металла.

Для отдельных опочных форм на участках ручной формовки в таких случаях сразу после заливки торец выпора или прибыли засыпают песком, предотвращающим деструкцию близлежащей пленки. В изобретении [9] герметизацию и «утепление» открытых поверхностей металла и участков поверхности формы вокруг них выполняют накрыванием мешками из синтетической пленки, заполненными формовочным песком. При непрерывном литье на движущемся конвейере открытые поверхности металла и близлежащие поверхности формы покрывают непрерывно изготавливаемым мешком с песком (песчаной «подушкой»), который выстилают на поверхность залитой формы, его можно считать аналогом безопасной песчано-пленочной невакуумируемой формы. Такое покрытие значительно эффективнее для герметизации формы, чем простая присыпка песком. Контактующая с металлом нижняя пленка мешка прогорает, а верхняя пленка лежащего мешка служит надежным герметизатором. Также предусмотрен вариант укладывания этих мешков с песком на форму перед заливкой металла [9].

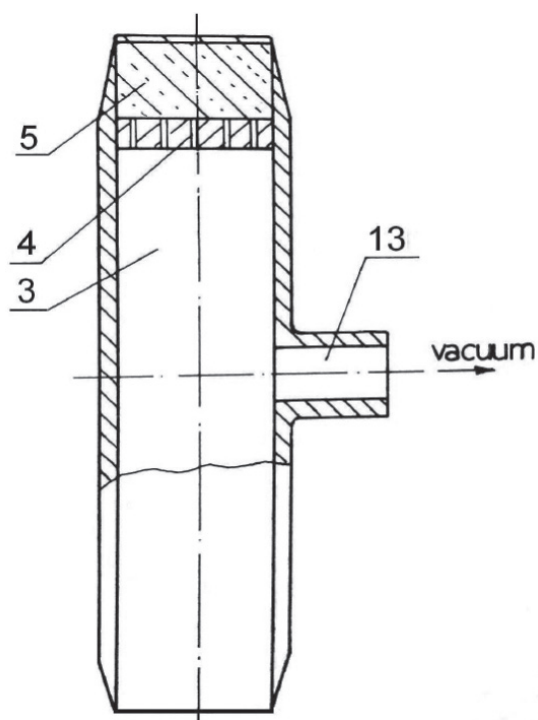
Для непрерывного получения полосы из расплава разработано роторно-конвейерное (валковое) устройство (рис. 3, а), состоящее из ванны 1 с расплавом и роторного вала 2 с приводом вращения [10]. Роторный валок 2 частично погружен в расплав, имеет полость 3 и перфорированную обечайку 4, облицованную песком 5 методом ВПФ, на которую намораживают полосу 6 одновременно с присасыванием ее к роторному валку 2. В этом варианте роторно-конвейерной валковой установки нагретый верхний слой песка роторного вала 2 удаляют, отсасывая по трубе 7, срезаая песок плужком 8 (виброплужком). По ходу вращения роторного вала 2 на него из трубчатого питателя 9 насыпают прошедший цикл охлаждения песок, и сверху настилают синтетическую пленку 10 из рулона 11 с помощью роторного валика 12 с одновременным разравниванием и уплотнением слоя песка известными способами. Полость 3 роторного вала вакуумируют через клапан 13 (рис. 3, б), поддерживая давление в песке на 50 ± 20 кПа ниже атмосферного.

При контакте с расплавом синтетическая пленка 10, герметизирующая песок, испаряется, продукты испарения мгновенно отсасываются в полость роторного вала, после чего песчаную поверхность роторного вала продолжает герметизировать соприкасающийся с ней металл, пленка или полоса 6 которого в прижатом к песку (благодаря вакуумированию) состоянии выходит из ванны в непрерывном режиме. Изменяя в доступных пределах величину разрежения, температуру расплава, температуру и теплопроводность песка, продолжительность контакта расплава с валком можно регулировать толщину намораживаемой полосы.

В продолжение темы литья на движущихся кристаллизаторах литейщики ФТИМС



а



б

Рис. 3. Роторно-конвейерное устройство для непрерывного получения полосы из расплава

НАН Украины разрабатывают способы получения в вакуумируемых песчаных формах заготовок типа труб и тонкослябовых заготовок, приближающихся по сечению к готовому прокату, а также ранее нетехнологичных ячеистых отливок и сотовых материалов.

Выводы

Описанные концепции литейных конвейерных линий с роторными устройствами и роторно-конвейерных комплексов представляют примеры инновационных возможностей литья в вакуумируемые песчаные формы и с применением вакуумирования песчаной облицовки роторно-конвейерной установки. В первых двух примерах путем регулирования текучести-прочности песка главным образом удалением-приближением его к вакуум-фильтрам конвейера действуют по принципу «металл текучий – песок твердый» и наоборот – «металл твердый – песок текучий», с возможностью выполнения песчаной формовки в непрерывном режиме. Конвейерные линии или кристаллизаторы на основе замкнутого ленточного или пластинчатого транспортера, облицованного сухим песком способом ВПФ, а также роторно-валковые устройства обеспечивают совмещение транспортных и технологических операций процесса литья, чем достигается повышение производительности производства при сокращении его трудоемкости. Такие конвейерные технологии литья с использованием песчаной формовки позволяют получать заготовки типа тонкостенных слябов фигурного профиля или полос. Они облегчают автоматизацию процесса литья, в том числе с привлечением сопутствующих прогрессивных способов, созданных для эксплуатации в автоматическом режиме, например, магнито-динамические насосы (МДН) для заливки форм с высокими показателями точности дозирования и качества металла.



Список литературы

1. Шуляк В. С. Литье по газифицируемым моделям. – СПб.: НПО «Профессионал», 2007. – 408 с.
2. Минаев А.А., Ноткин Е.Б., Сазонов В.А. Вакуумная формовка. – М.: Машиностроение, 1984. – 216 с.
3. Doroshenko V. S. Continuously Casting of the Cast Parts and Blank by «Process V»// Revista de Turnatorie. – 2011. – № 9–10. – P. 20–22.
4. Установка для непрерывного литья: пат. 2040357 Россия, МКИ В22С 9/02 / В. С. Дорошенко, Н. И. Шейко. № 5024290; заявл. 22.01.1992; опубл. 25.07.1995.
5. Установка для литья: пат. 2070470 Россия, МКИ В22С 9/02 / В. С. Дорошенко, Н. И. Шейко. № 4864296; заявл. 06.09.1990; опубл. 20.12.1996.
6. А. с. № 1771131 СССР. Установка для непрерывного литья. МКИ В22С 9/02 / В. С. Дорошенко, Н. И. Шейко. № 4850435; заявл. 12.06.90; опубл. 22.06.93.
7. Способ нанесения синтетической пленки на модель при вакуумно-пленочной формовке: пат. 2020028 Россия, МКИ В22С 9/02 / В. С. Дорошенко, Н. И. Шейко. № 5021174/02; заявл. 04.12.1991; опубл. 30.09.1994, Бюл. № 18.
8. Установка для непрерывного литья: пат. 2015794 Россия, МКИ В22С 9/02 / В. С. Дорошенко, Н. И. Шейко. № 5024279/02; заявл. 22.01.1992; опубл. 15.07.1994.
9. Способ получения отливок в вакуумно-пленочных формах: пат. 2014939 Россия, МКИ В22С 9/02 / В. С. Дорошенко, Н. И. Шейко. № 5016744/02; заявл. 15.11.1991; опубл. 30.06.1994.
10. Дорошенко В. С. Литье металлополосы по газифицируемой пленке на вакуумируемом валке // Металлургия машиностроения. – 2013. – № 5. – С. 22–27.



References

1. *Shulyak, V. S. (2007) Lite po gazifitsiruemyim modelyam [Lost Foam Casting]*. SPb.: NPO «Professional», 408 s. [in Russian].
2. *Minaev, A. A., Notkin, E. B., Sazonov, V. A. (1984) Vakuumnaya formovka [V-process]*. M.: Mashinostroenie, 216 s. [in Russian].
3. *Doroshenko, V. S. (2011) Continuously Casting of the Cast Parts and Blank by «Process V» [Continuously Casting of the Cast Parts and Blank by «V-process»]*. Revista de Turnatorie, N 9–10, P. 20–22. [in English].
4. *Ustanovka dlya nepreryivnogo litya [Installation for continuous casting]*: pat. 2040357 Rossiya, MKI V22S 9/02 / V. S. Doroshenko, N. I. Sheyko. N 5024290; zayavl. 22.01.1992; opubl. 25.07.1995.
5. *Ustanovka dlya litya [Installation for casting]*: pat. 2070470 Rossiya, MKI V22S 9/02 / V. S. Doroshenko, N. I. Sheyko. N 4864296; zayavl. 06.09.1990; opubl. 20.12.1996.
6. *A. s. N 1771131 SSSR. Ustanovka dlya nepreryivnogo litya [Installation for continuous casting]*. MKI V22S 9/02 / V. S. Doroshenko, N. I. Sheyko. N 4850435; zayavl. 12.06.90; opubl. 22.06.93.
7. *Sposob naneseniya sinteticheskoy plenki na model pri vakuumno-plenochnoy formovke [Method of applying a synthetic film to the pattern in vacuum-film molding]*: pat. 2020028 Rossiya, MKI V22S 9/02 / V. S. Doroshenko, N. I. Sheyko. N 5021174/02; zayavl. 04.12.1991; opubl. 30.09.1994, Byul. N 18.
8. *Ustanovka dlya nepreryivnogo litya [Installation for continuous casting]*: pat. 2015794 Rossiya, MKI V22S 9/02 / Doroshenko V. S., Sheyko N. I. N 5024279/02; zayavl. 22.01.1992; opubl. 15.07.1994.
9. *Sposob polucheniya otlivok v vakuumno-plenochnyih formah [Method for obtaining castings in vacuum-film molds]*: pat. 2014939 Rossiya, MKI B22C 9/02 / V. S. Doroshenko, N. I. Sheyko N 5016744/02; zayavl. 15.11.1991; opubl. 30.06.1994.
10. *Doroshenko, V. S. (2013) Lite metalloplosyi po gazifitsiruemoy plence na vakuumiruemom valke [Casting of a metal band over a gasifiable film on an evacuated roll]*. Metallurgiya mashinostroeniya, N 5, S. 22–27. [in Russian].

Поступила 20.03.2018