

Е.Н. Буданов

Производство стальных железнодорожных отливок по Вакуум-процессу на заводах США и Японии

Российские железные дороги являются второй по величине транспортной системой мира, уступая по общей длине эксплуатационных путей лишь США (таблица). Реализация стратегии развития железнодорожного транспорта в РФ будет способствовать превращению железнодорожного транспорта РФ из фактора возможного риска ограничения роста российской экономики в источник ее устойчивого развития. В основе принятой стратегии развития лежат, например, следующие принципы – эффективно функционирующий железнодорожный транспорт является обязательным элементом обеспечения конкурентоспособности страны; опережающее развитие и модернизация железнодорожной сети являются инфраструктурной основой социально-экономического роста России; повышение уровня безопасности функционирования железнодорожного транспорта является важнейшим государственным приоритетом развития и модернизации отрасли, научных исследований и текущей эксплуатационной работы. Актуальность задач литейщиков РФ – гарантировать качество и рост производства железнодорожных отливок не может вызывать сомнений.

По минимальному варианту развития России к 2030 г. прогнозируется увеличить объем грузовых перевозок в 1,46 раз до 1970 млн. тонн от уровня 2007 г. [1]. При реализации намеченных планов по этому варианту грузооборот прогнозируется в объеме 3050 млрд. тонно-км, пассажирооборот вырастет в 1,16 раза и превысит 202 млрд. пасс.-км. Мощный импульс получит развитие скоростного пассажирского сообще-

ния (со скоростью до 160 км/ч и выше), полигон которого будет увеличен в 17 раз (с 650 до 10917 км). Планируется создание высокоскоростного пассажирского сообщения (со скоростями до 350 км/ч), полигон которого к 2030 г. при выходе на максимальный вариант развития превысит 1,5 тыс. км.

В период до 2030 г. будет организовано производство подвижного состава нового поколения с увеличением нагрузки на ось, а соответственно, с повышенными требованиями к основным отливкам для железнодорожных тележек грузового вагона и стрелочным рельсовым переводам.

Целевые параметры грузовых вагонов включают: осевые нагрузки 27–30 тонно-сил; скорости до 140 км/час; применение платформ с раздвижными колесными парами для контейнерных перевозок; создание специализированных вагонов для маршрутных поездов с нагрузками 27–30 тонно-сил/ось и 8,5–9,5 т/м; увеличение наработки грузового вагона на отказ на 30–40%; создание платформы для скоростной перевозки контейнеров; ресурс бандажей не менее 600 тыс. км; использование вагонов с кузовом из алюминиевых сплавов. В соответствии с минимальным вариантом прогноза развития к 2030 г. необходимо построить 16017 км новых железнодорожных линий, а в соответствии с максимальным – 20730 км новых линий.

Высшими приоритетами обладают реконструкция действующих и строительство технологических линий, обеспечивающих растущие потребности экономики в перевозках и не допускающих инфраструктурные ограничения экономического развития РФ и регионов. Приоритет в очередности строительства грузообразующих линий определяется сроками промышленного освоения новых месторождений полезных ископаемых и развития промышленных зон, а в сфере производства грузовых вагонов – в необходимости снижения стоимости жизненного цикла продукции за счет увеличения надежности узлов и совершенствования конструкции вагонов – поэтапное увеличение межремонтного пробега грузового вагона до 500 тыс. км (на первом этапе) и затем до 1 млн. км.

Стрелочные литые переводы (рис. 1), являющиеся неотъемлемой частью железнодорожной инфраструктуры, представляют один из слабых компонентов пути. Они сложны, подвержены отклонениям геометрических параметров и повреждениям в эксплуатации, поскольку их конструкция включает движущиеся части и крестовину, на которые воздействуют высокие динамические нагрузки. Это удорожает техническое обслуживание и ремонт, обуславливает высокие расходы на текущее содержание пути. С отказами стрелочных переводов связаны частые нарушения движения поездов, наиболее характерными проблемами являются неправильное положение остряка и замыкание рельсовых цепей. Так, в прошлом году неисправный стрелочный перевод стал причиной крушения скоростного пассажирского поезда со 180 пассажирами на северо-западе Англии.

Протяженность сетей железных дорог ряда стран мира

Страна	Длина железных дорог, км
Весь мир	1 122 650
США	194 731
Россия	87 157
Китай	71 600
Индия	63 518
Канада	49 422
Германия	45 514
Австралия	41 588
Франция	32 682
Бразилия	31 543
Япония	23 168
Украина	22 473
Казахстан	13 601



Рис. 1. Стрелочный железнодорожный перевод с крестовиной

В условиях России, с ее протяженностью железных дорог, развитие производства этих ответственных высоконагруженных отливок является крайне актуальным (для информации: Россия занимает 1-е место в мире по протяженности электрифицированных железных дорог – более 44 тыс. км, 2-е и 3-е места по этому показателю занимают Китай и Германия, имеющие более 24 и 21 тыс. км электрифицированных дорог, соответственно). Огромный потенциал для производства отливок стрелочных переводов для литейных заводов налицо, тем более что железнодорожный сегмент будет одним из приоритетных для инвестиций в российское машиностроение.

Стрелочный перевод (рис. 2) – это устройство, установленное в пути рельсового, а в общем случае, и других видов направленного транспорта, служащее для разветвления путей таким образом, что в зависимости от положения обеспечивается пропуск подвижного состава между некоторыми двумя из неразветвленных участков пути с противоположных сторон, которые присоединены к стрелочному переводу. Для правильного ведения стрелочного хозяйства вопросы о сроках службы элементов стрелочных переводов, о создании долговечных, износоустойчивых и экономичных конструкций отливок стрелок и крестовин приобретают огромное значение.

Крестовины. Отливки «Крестовины» – это элементы пути, предназначенные для пересечения рельсовых нитей под некоторым углом. Различают крестовины без подвижных частей, по которым движение подвижного состава возможно по любой из рельсовых колеи в любое время, и крестовины с подвижными элементами, которые должны переводиться одновременно со стрелками, и движение по которым возможно только по той колее, на которую переведена крестовина. Крестовины с подвижными элементами вместе с приводами, в целом, дороже как в изготовлении, так и в эксплуатации, зато позволяют обходиться без контррельсов и без разрыва рельсовой колеи, который неизбежен в неподвижных крестовинах в тех местах, где траектория гребня колес пересекает рельсовую нить другого направления. За счет этого крестовины с под-



Рис. 2. Литые железнодорожные стрелочные переводы

Это один из множества случаев, когда по вине некачественных стрелочных переводов происходят железнодорожные катастрофы.

вижными элементами позволяют достигать гораздо большей плавности прохождения подвижного состава и уменьшать ударные нагрузки, а значит – и повышать допустимые скорости.

Срок службы отливок стрелок и крестовин до последнего времени был недопустимо мал. На некоторых грузонапряженных участках отдельные углеродистые крестовины служили не больше месяца, а в среднем по сети – не больше года. В настоящий момент внедрение высокомарганцовистых крестовин уже дало свои положительные результаты.

Срок службы высокомарганцовистых отливок крестовин в настоящий момент увеличился во много раз. Однако он значительно меньше срока службы рельсов в пути. Износ стрелок и крестовин представляет собой сложный физико-химический процесс, протекающий на поверхностях их контакта с колесами подвижного состава, и зависит от очень многих факторов, которые можно свести к трем основным группам.

К I группе относятся факторы, зависящие от качества металла, его износоустойчивости, которая определяется химическим составом металла и механическими свойствами (пределом текучести, пределом прочности, твердостью, способностью воспринимать наклеп и др.).

Группа II факторов определяется конструкцией и типом стрелок и крестовин. Решающее значение в этой группе факторов имеет монолитность и устойчивость конструкций стрелок и крестовин, очертание изнашиваемых частей, качество изготовления и сборки на заводе.

Группа III факторов определяется условиями эксплуатации. Основными из них являются: качество укладки и содержания стрелочных переводов в период эксплуатации, качество основания (земляного полотна, балласта, переводных брусьев), скорость движения, обращающиеся нагрузки и др.

Производство отливок стрелочных переводов для железных дорог США, Японии и Китая

На протяжении многих лет крестовины и стрелочные переводы производят методом вакуумно-пленочной технологии на формовочных линиях, в том числе на таких крупных предприятиях: Daido castings Co., Япония (с 1977 г.), 1 формовочная линия по V-процессу; Railproducts Seattle, США (сегодня принадлежит железнодорожной компании Nortrak), 1 формовочная линия по V-процессу; Frog Switch, США (с 1979 г.) – 3 формовочных линии по V-процессу; Shang Hai Guan Bridge & Beam Factory, Китай (с 1986 г.), 1 формовочная линия по V-процессу.

Необходимо отметить, что эти изготовители работают для нужд рынков с очень разветвленной сетью железных дорог. При этом, к примеру, скорость движения поездов в Японии самая высокая в мире, а в США развес вагонов, вероятно, самый большой.

Производство деталей для железных дорог Японии компанией DAIDO CASTINGS

Железнодорожные переводы из марганцовистой стали обеспечивают безопасность движения

сверхскоростных пассажирских экспрессов в Японии. 90% всех стрелок и стрелочных переводов на железных дорогах Японии были произведены компанией Daido, что говорит о высокой надежности выпускаемой продукции. Высокоскоростные стрелочные переводы дают потенциал современным поездам двигаться еще быстрее благодаря существенно сниженному уровню вибрации и шума.

Компания Daido Steel Co., Ltd. была основана в 1916 г. под названием Electric Steel Manufacturing Co., Ltd. и первоначально занималась производством легированной и инструментальной стали [2]. В настоящее время основным направлением деятельности компании является производство высококачественных отливок из марганцовистой и других типов сталей для железнодорожного строительства, автомобилестроительной промышленности, электрооборудования и других отраслей при использовании самого современного оборудования (рис. 3). В компании занято 3634 сотрудника. Основными заказчиками Daido являются NISSAN MOTOR CO., LTD., HONDA MOTOR CO., LTD., DENSO CORPORATION, Mitsubishi Heavy Industries, Ltd., IHI Corporation.

Производство компанией Daido отливок из специальных сталей в песчаных формах

Для производства высокоточных стальных отливок используются два формовочных процесса:

- формовочный процесс на базе органических самотвердеющих смол для малых серий;
- вакуумно-пленочная формовка концерна Sinto для массового производства (формовочная линия была установлена еще в 1977 г., размер опок 6700x780x310/350 мм).

Для производства стальных отливок высочайшего качества на заводе также установлено самое современное плавильное оборудование – вакуумные индукционные печи и др.

Подразделения Daido Steel Co., Ltd., занимающиеся стальным литьем – Daido Special Castings Co., Ltd. и Daido Precision Parts Co., Ltd. в апреле 2002 г. были объединены под именем Daido Castings Co., Ltd., которое на сегодняшний день является синонимом качества железнодорожного литья.

Современные плавильные системы для производства высококачественной нержавеющей стали фирмы Daido гарантируют признание его лидером в производстве такой стали благодаря недавно разработанным печам плавки по методу AOD в сочетании с системой вакуумной дегазации, что позволяет соответствовать самым высоким стандартам техники (рис. 4, 5). Система обеспечения качества гарантирует высокую надежность



Рис. 3. Марганцовистые отливки стрелочных переводов по Вакуум-процессу компании Daido, Япония



Рис. 4. Печи плавки на заводе Daido

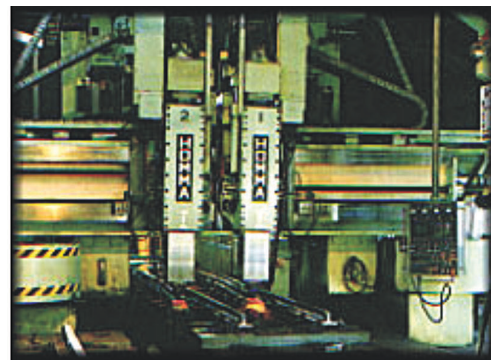


Рис. 5. Обрабатывающие станки специально разработаны для обработки марганцовистых стрелочных переводов на заводе Daido

продукции. Так, для компании Daido обязательным является обеспечение высокого качества сырья, что позволяет конечной продукции соответствовать всем требованиям, предъявляемым к ней. Кроме того, в компании внедрена система неразрушающего контроля, а также системой измерения отливок и др.

Благодаря превосходной прочности и антикоррозионным свойствам при высоких температурах специальные сплавы, производимые Daido, широко используются как основной конструкционный материал в производстве литых деталей реактивных двигателей.

Сверхпрочные стальные сплавы для аэрокосмической промышленности. На Daido в сотрудничестве с Nissan Motor Co. Ltd. были разработаны сверхпрочные стальные сплавы NT150-4 для использования в твердотопливных ускорителях для ракет H2. Эта сталь известна своими превосходными свойствами, высокой ударной прочностью и надежностью, которые явились результатом тщательного приготовления и последующего улучшения свойств сплава.

Компания NORTRAK, США

Компанию Nortrak можно назвать ведущим производителем и поставщиком всех компонентов для железных дорог Северной Америки. Являясь технологическим лидером в производстве таких компонентов, Nortrak имеет возможность предлагать технологии, которые не может предложить никакой другой поставщик или производитель в Северной Америке. Nortrak является частью группы VAE – самого крупного в мире производителя деталей для железных дорог и компании Voest Alpine Railway Systems. Вся продукция сертифицирована по стандартам ISO 9001.

На заводах компании Nortrak изготавливают железнодорожные рельсы и стрелочные переводы от самых маленьких до особенно крупных, а также устройства для крепления, стыковые накладки, рельсовые прокладки и др. (рис. 6, 7).

Производство деталей для железных дорог ведется на 8 заводах компании. Nortrak занимает 1-е место на рынке по снабжению железных дорог Северной Америки, завоевав его благодаря производству продукции наивысшего качества, лидерству в инжиниринге и высококлассному сервису. Имея 8 промышленных предприятий в Северной Америке и 28 заводов в составе группы Voest-Alpine Railway Systems в разных странах мира, Nortrak отвечает высоким требованиям заводов-заказчиков во всем мире.



Рис. 6. Стрелочные переводы (производитель – фирма Rail Products, США, Вакуум-процесс)



Рис. 7. Отливка «Крестовина» (производитель – фирма Rail Products, Вакуум-процесс)

Компания начала свою работу в октябре 1981 г. под именем Nortrak Railway Supply Ltd. как промышленный поставщик железнодорожных путей.

Nortrak является лидером в области технологий, а также занимает ведущее место на рынке по объему производства и реализации продукции, что объясняется правильной политикой во всех областях управления, и, в первую очередь, использованием самого технологичного оборудования. Например, в литейном цехе нового завода компании Rail Products установлено и на протяжении многих лет успешно работает формовочное оборудование по V-процессу концерна Sinto.

Nortrak производит стрелочные переводы, крестовины, стрелки для AREMA – Американской ассоциации по инжинирингу и эксплуатации железных дорог, а также по индивидуальным спецификациям заказчиков. Команда специалистов в области инжиниринга может выполнить даже самые специфические пожелания заказчика.

Ассортимент продукции включает рельсы, крановые рельсы, контррельсы, стрелки, стрелочные переводные механизмы, крестовины, пустотелые стальные тяги, стыковые накладки, путевые костыли, стрелочные острия, стыковые болты, анкерные болты, специальные детали для железных дорог, путевой инструмент и др.

Компания FROG SWITCH, США

Являясь мировым лидером по производству отливок из марганцовистой стали, концерн The Frog, Switch & Manufacturing Company специализируется на производстве стрелочных переводов, а также запасных частей для горнодобывающей, агрегатной и дробильной техники. Компания поставляет полный ассортимент отливок из марганцовистой стали с увеличенным сроком пользования для всех типов и производителей дробилок.

Компания The Frog, Switch & Manufacturing имеет 118-летний опыт производства деталей из марганцовистой стали, которые сегодня экспортируются по всему миру. Программа качества Frog, Switch & Manufacturing Co. сертифицирована по ISO 9001.

Компания Frog, Switch & Manufacturing Co. (первоначальное название – Carlisle Manufacturing Company) была основана в 1881 г. предпринимателем Джоном Хэйсом и скоро стала лидером в производстве стальных деталей для железных дорог.

Приобретя в 1979 г. линию по V-процессу, ком-

пания Frog Switch была одним из пионеров в использовании вакуум-пленочной формовки. На сегодняшний день компания является самым крупным американским производством отливок по V-процессу, изготавливая более чем 3/4 всех отливок на 3-х линиях вакуум-пленочной формовки.

Отметим некоторые преимущества V-процесса:

- **Отличная повторяемость от отливки к отливке**
Точное соответствие спецификациям клиента по крупному литью.
- **Безопасность для окружающей среды**
Нет химических добавок, низкий уровень шума, отсутствие связующего.
- **Превосходное качество отливок**
Идеальная размерная точность и гладкая, чистая поверхность отливок.
- **Нулевой износ модели** благодаря отсутствию контакта модели с песком.

На рис. 8 представлена последовательность производства отливки V-процессом.

Почему заводы Японии, США и Китая используют технологию вакуумно-пленочной формовки [3] концерна Sinto? Ниже приведены причины такого выбора:

1. Качество стального литья

Заливка происходит в охлажденную (эффект быстрого охлаждения как при литье в кокиль) сухую (нет водорода, который дает пористость) форму с исключением кислорода (нет окисления и шлакообразования). Охлаждение происходит в чистом песке без связующего – нет сопротивления усадке отливок со стороны формы, нет изгибания литья, соблюдается параллельность.

2. Низкая себестоимость литья

Сравним стоимость формы 6000x1200x700 мм по различным методикам формообразования:

ХТС по процессу Фуран или Альфа-сет: стоимость формы более 200 \$ (примерно 230–250 \$).

Вакуумно-пленочная форма: стоимость формы около 30 \$. При этом стоимость можно еще сократить, используя пленку российского или украинского производства.

При производстве 1 формы в час при 3-сменной работе разница по себестоимости только по стоимости формовочных материалов приближается к 1 млн. дол. в год. При этом не учитывались такие важные факторы, как отопление цеха (вакуумно-пленочную формовку можно использовать и при низких температурах

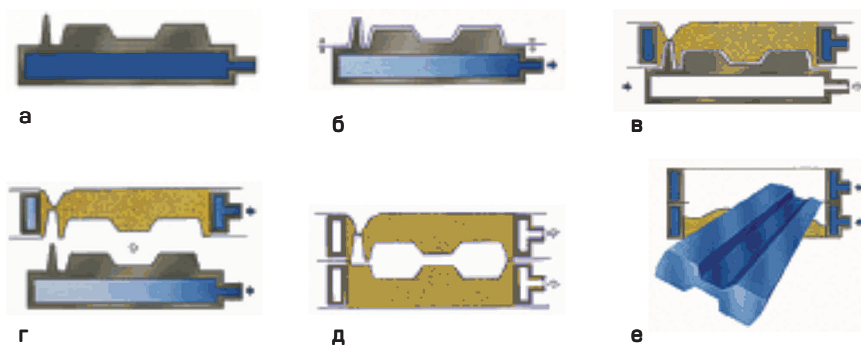


Рис. 8. Этапы производства отливки V-процессом: **а** – модель, оснащенную специальными вентилями, устанавливают на модельную плиту; **б** – с помощью вакуума на модель накладывают пластичную пленку; **в** – на модельную плиту устанавливают опоку, которую наполняют сухим песком без какого-либо связующего. Песок в опоке уплотняют легкой вибрацией; **г** – на контрлад заполненной песком опоки накладывают покрывную пленку, которая удерживается силой вакуума. Атмосферное давление уплотняет песок, который четко принимает контуры модели; **д** – собранные верхняя и нижняя полуформы образуют внутри полость. Во время заливки полуформы держат под вакуумом; **е** – после охлаждения подвод вакуума отключается и на выходе получается отливка без остатков песка с гладкой поверхностью

в цехе) и разница затрат по ремонту литья и др.

3. Экологическая чистота процесса

При способе вакуумно-пленочной формовки для изготовления формы используется чистый кварцевый песок (возможно применение оливинового песка).

Песок не нуждается в регенерации – ни в механической, ни в термической – достаточно только просеять и охладить песок теплообменником, подключив к системе обеспыливания (потери песка в пыль составляют около 1%).

Большая часть пленки в форме «улетучивается» в систему вакуумирования перед фронтом металла при заливке. Поэтому не может быть речи о науглероживании отливок, что встречается, например, при использовании Фуран-процесса. Остатки пленки можно собрать, перемешать с пылью и производить из них изделия типа плит и черепицы.

Если при литье железнодорожных стрелочных переводов и крестовин по Вакуум-процессу проекты модернизации отечественного литейного производства находятся в начальной стадии, то при производстве отливок для грузовых железнодорожных отливок «рама боковая» и «балка адрессорная» многие заводы активно модернизируются с использованием современных литейных технологий [4].

Приведем опыт внедрения Вакуум- и Амин-процесса при изготовлении стальных отливок массой около 0,5 т для грузовых вагонов [5]:

Тианруи, Китай (Tianrui): 1 линия по Вакуум-процессу. Ограничение производительности линии в настоящее время было из-за недостатка стержней – много различного стержневого оборудования по старым технологиям. Поставка железнодорожных отливок для рынка Китая и США. Тианруй – основной поставщик отливок для железных дорог Китая, объемы производства стального ж/д литья в 2007 г. составили около 130000 тонн (85% произведено по Вакуум-процессу на линии HWS-Sinto).

Ниша Вашино, Япония (Nissha Wasino): 1 линия по Вакуум-процессу. Брак менее 1%. Осуществляется поставка отливок для железных дорог стран Азии. Опыт производства более 25 лет.

Промлит, Чебоксары: 2 линии по Вакуум-процессу фирмы HWS-Sinto + 8 стержневых машин фирмы Laempe (2003–2007 гг.). Были ограничения производительности линии из-за отсутствия стержней и только летом 2008 г. были дополнительно запущены машины Laempe. Еще остались проблемы производительности из-за несвоевременной подачи жидкого металла. Осуществляется поставка отливок для рынка железных дорог России и США. На отливки по Вакуум-процессу у Промлит есть сертификат качества железных дорог США.

Сумской Центролит: 2 линии по Вакуум-процессу HWS-Sinto + 6 стержневых машин фирмы Laempe. Одна линия работает в две смены для производства отливок «рама», вторая находится

в стадии монтажа. Получены соответствующие сертификаты качества отливок

Востокмаш, Казахстан: 2 линии по Вакуум-процессу HWS-Sinto + 3 машины фирмы Laempe. Оборудование немецких фирм поставлено в полном комплекте, согласно контрактам.

УК РКТМ, ВКМ-Сталь, Саранск: 2 линии по Вакуум-процессу HWS-Sinto + 5 машин фирмы Laempe. В декабре 2008 г. получены первые отливки по Вакуум-процессу – «рама», «балка», «автосцепка», «букса» на первой линии. Вторая линия отгружена из Германии.

Тихвинский вагоностроительный завод: 2 линии по Вакуум-процессу HWS-Sinto. Контракт на изготовление формовочных линий выполняется строго в соответствии с указанными сроками.

Другие заводы пока продолжают работать по старым технологиям изготовления форм для железнодорожных отливок, но постепенно тоже внедряют новое стержневое оборудование, например, **Бежицкий стальзавод** получил 6 новых современных стержневых машин фирмы Laempe, а **Кременчугский стальзавод** успешно использует в работе 8 машин фирмы Laempe (2003–2008 гг.).

Таким образом, Вакуум-процесс массово внедряется для производства стальных железнодорожных отливок, что позволит в дальнейшем существенно улучшить качество изделий железнодорожного машиностроения и транспортных путей, строго в соответствии со стратегией развития железнодорожного транспорта в РФ до 2030 г., согласно решению Правительства Российской Федерации № 877-р от 17.06.2008.

Список литературы

1. Интернет-сайт ОАО «РЖД» www.rzd.ru
2. Интернет-сайт компании Daido Castings www.daido.co.jp
3. Буданов Е.Н. Стратегия развития производства отливок для крупных монополий России и на экспорт // Литейное производство. – 2004. – №12. – С.9–15.
4. Буданов Е.Н. Выбор технологии изготовления стальных отливок для железнодорожного вагонного парка // Литейное производство. – 2004. – №10. – С.15–21.
5. Интернет-сайт фирмы HWS-Sinto www.wagner-sinto.de