

УДК 110Г13Л

Е. Budanov

Аннотация

Summary

Производство отливок из стали 110 Г13Л технологией вакуум-пленочной формовки

Production of manganese steel castings by V-Process technology

Е. Буданов

Выбор технологии формовки для производства отливок из марганцовистой стали – сложная задача для любого литейного производства. В статье дается обоснование выбора технологии вакуум-пленочной формовки (ВПФ) на конкретных примерах ведущих литейных заводов мира.

Ключевые слова

Горно-перерабатывающие предприятия, отливки из марганцовистой стали, Вакуум-процесс.

Choosing the moulding technology for manganese steel casting production is a challenging task for any foundry production. The article provides selection rationale for vacuum moulding technology with specific references to the world's leading foundries.

Key words

Mining and milling companies, manganese steel castings, Vacuum moulding process.

Есть существенные отличия, которые обеспечивают бесспорные преимущества изготовления литейных форм технологией ВПФ при производстве отливок из марганцовистых сталей. Для этих отливок только в крайнем случае назначают минимальную механообработку, а также следует учитывать необходимость применения дорогостоящей плазменной резки. ВПФ обеспечивает возможность получения минимальных уклонов и высокого качества поверхности отливок, не требующих последующей механообработки, а в ряде случаев обходиться даже без стержней. Так, в отличие от других технологий, закладные элементы моделей по ВПФ легко вынимаются из полуформы без «расшатывания». В сравнении с песчаной формовкой (ПФ), в формах по ВПФ есть возможность изготавливать более крупные отливки. Например, технологией ВПФ получают полуформы с болваном (рис. 1), который практически невозможно получить

в «сырых» ПФ. При этом, напомним, что на современных АФЛ по технологии ПФ высота опоки ограничена 500...600 мм, но марганцовистые стальные отливки конусных дробилок требуют применения более высоких опок (например, 1000 мм), что многократно было реализовано на АФЛ по технологии ВПФ. Другие свойства оборудования и технологии ВПФ также соответствуют решению технологических задач получения марганцовистых стальных отливок.

Следует особо отметить высокую экологичность технологии ВПФ, так как форма состоит только из сухого песка без какого-либо связующего, в отличие от «сырых» форм, или, тем более, форм с химическим связующим. Поэтому, если за основу, для сравнения возможности применения разных способов изготовления отливок из марганцовистых сталей, взять технологический, экологический и экономический факторы, то ВПФ по всем будет

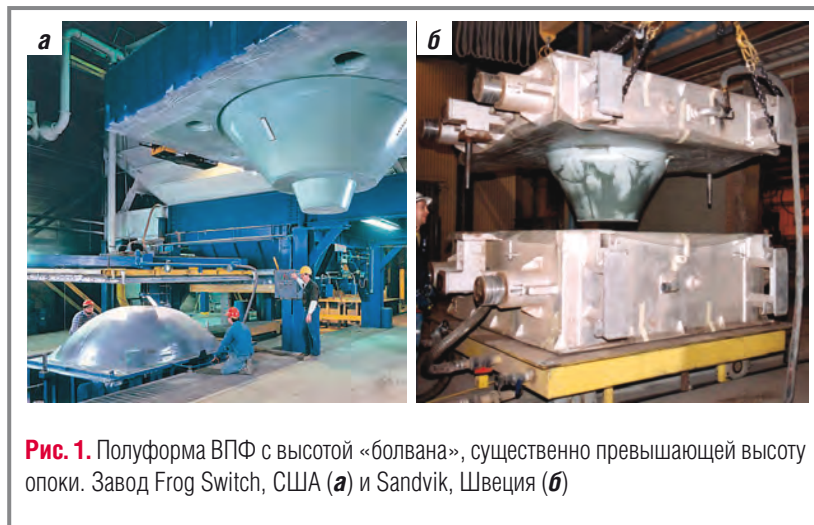


Рис. 1. Полуформа ВПФ с высотой «болвана», существенно превышающей высоту опоки. Завод Frog Switch, США (а) и Sandvik, Швеция (б)

иметь преимущества перед ХТС и ПФ. Так, «вакуумные» отливки более качественные, при самой низкой себестоимости их изготовления и др.

Отливки из стали 110Г13Л (сталь Гадфильда) работают на износ в условиях трения, скольжения, высоких давлений и ударов. Есть мнение, что эта сталь была первой легированной сталью массового производства. Ее состав: 11...14,5% Mn, 0,9...1,3% С. При таком соотношении С и Mn в стали обеспечивается аустенитная структура, обладающая уникальным сочетанием повышенной износостойкости и склонности к упрочнению при деформации она имеет высокую пластичность и ударную вязкость, вследствие чего плохо обрабатывается режущим инструментом, поэтому изделия из нее получают литьем. Она предложена в 1882 г. английским металлургом, почетным членом АН СССР Робертом Эбботом Гадфильдом (Hadfield Robert Abbot 1858...1940 г.). Основные его научные труды касаются производства, термообработки и свойств стали 110Г13Л.

Из стали Гадфильда, которая сильно наклепывается при ударных нагрузках, изготавливают детали горнодобывающего и горно-обогатительного оборудования, работающие в непосредственном контакте с породой при значительных напряжениях и динамических нагрузках, а также

другого оборудования самого широкого назначения. Очень часто эту сталь применяют для производства отливок типа *зубьев ковшей экскаваторов, футеровок шаровых мельниц, днищ ковша, брони конуса, гусеничных траков (рис. 2), коронок землеройных и камнедробильных машин, брони и бил для роторных дробилок, рельсовых крестовин, стрелочных переводов*, работающих в условиях ударных нагрузок и истирания. Применение отливок из стали Гадфильда для изготовления траков танковых гусениц впервые

было освоено британской фирмой «Виккерс» в конце 1920-х гг., что позволило значительно увеличить ресурс гусениц танков с 500 км пробега (рекорд периода I Мировой войны) до 4800 км.

Одна из особенностей высокомарганцевистой стали – ее большая усадка – до 2,6% (в то время, как усадка стали обычных типов 1,56...2,08%). Поэтому для литья деталей из этой стали необходимо применять особо податливую литейную форму (лучше ВПФ), во избежание образования трещин, что, соответственно, ограничивает использование более «жестких» форм в технологии ХТС.

Можно с гордостью сообщить о первом значительном положительном опыте, достигнутом в применении ВПФ сразу двумя отечественными предприятиями, специализирующимися на производстве отливок из марганцевистых сталей – «Казцинкмаш» (Казахстан) и КЗГО (Украина), на которых технология ВПФ эффективно используется для самой широкой номенклатуры отливок, в том числе и единичного производства. Это, собственно,



Рис. 2. Трак для тягача космического «Шаттла» массой 998 кг – лучшая отливка 2005 г., согласно решению Ассоциации литейщиков США. Изготовлена на заводе ME Electmettal, США, по технологии ВПФ, взамен ранее применяемых технологий ХТС и ПФ.

многократно подтверждено активным освоением и на заводах России производства других стальных отливок по ВПФ разного назначения – *железнодорожных (ЖД) рам, балок, бус, автосцепок, корпусов запорной арматуры* и т.д. По состоянию на лето 2014 г., на заводе «Казцинкмаш» (г. Риддер), освоено > 200 единиц модельных плит для линии ВПФ с размером опок 2700×2700×400/1000 (400/400 и 1000/1000) мм.

На КЗГО (г. Кривой Рог) на май 2014 г. освоено уже 86 модельных плит для разной номенклатуры отливок на линии с размером опок 2000×1800×600/600 мм.

Полученный на этих заводах положительный результат (**рис. 3**) был запланирован и ожидаем, ведь самый опытный в Европе производитель горнодобывающего и горно-перерабатывающего оборудования завод Sandvik (Швеция) изготавливает марганцовистые отливки на трех линиях ВПФ, которые поочередно осваивали на смену ранее используемого оборудования по ПФ и ХТС. Более того, на заводе Sandvik используют > 2000 модельных комплектов для ВПФ (**рис. 4**), что демонстрирует опыт применения ВПФ для самой широкой по конфигурации и размерам номенклатуры отливок. Стоит учесть еще одно преимущество ВПФ – возможность применения деревянных и пластмассовых моделей, ведь абразивный формовочный материал не имеет прямого контакта с рабочей поверхностью модели при уплотнении и протяжке (между ними – пленка). Интересно, что прочность «вакуумной» формы на заводе Sandvik позволяет ходить по ней, например, для простановки стержней, съема отъемных частей или других технологических операций.

Завод Sandvik Mining and Construction в г. Сведала (Швеция) оборудован сразу тремя АФЛ HWS-Sinto по ВПФ, каждая из которых была поставлена в разные годы, что говорит об исключительном доверии известного шведского концерна качеству и надежности этого оборудования (**рис. 5**). Это линии с размером опок 1250×1250×300/750, 2400×2400×900/900(500/900) и 1450×1450×300/750 и 750/300 мм, поставленные на завод в 1980, 1998 и 2000 гг., соответственно.

Frog Switch, США. Являясь мировым лидером в производстве отливок из марганцовистой стали, The Frog Switch & Manufacturing Co. специализируется на запасных частях для горнодобывающей, агрегатной и дробильной техники. Компания поставляет полный ассортимент отливок из этой стали с увеличенным сроком пользования для дробилок всех типов и производителей. Приобретя в 1979 г. первую линию ВПФ, Frog Switch была одним из пионеров в использовании этой технологии. Опыт, полученный на первой линии, позволил заводу, по аналогии со шведским, также последовательно освоить еще три линии ВПФ. На сегодня компания самый крупный и активный пользователь этого передового способа, производит



Рис. 3. Литые зубья экскаваторов, завод КЗГО

> 3/4 всех своих отливок на линиях ВПФ (**рис. 6**) с размером опок: 1370×2440×450/450, 1800×1800×400/800 и 3400×1700×600/800 мм.

ME Elecmetal, США. Компания ME Elecmetal – крупный производитель элементов дробилок, гусеничных траков экскаваторных ковшей, бурильного оборудования, шламовых насосов и др., а также изготавливает отливки на заказ. Литейный завод компании в г. Дулус, США, производит стальные марганцовистые отливки на линии ВПФ концерна Sinto. Объем производства ~ 30 тыс. т отливок в год, размер 1370...2440 мм. Опыт завода ME Elecmetal (см. **рис. 2**) также доказывает эффективность производства отливок из стали Гадфильда ВПФ, и аналогичных литейных производств в мире много, особенно, в Японии.

Марганцовистая сталь – конструкционная сталь, легированная Mn. Отличается высокой прочностью и износостойкостью. По составу подобна углеродистым сталям, но содержит много Mn. Дополнительное легирование – Cr, Ni, N – улучшает ее свойства. Марганцовистая сталь обладает большей прочностью, чем обыкновенная



Рис. 4. Склад > 2000 деревянных моделей для ВПФ, завод Sandvik

сталь. Она особенно хорошо сопротивляется ударам. Основным недостатком марганцовистой стали – трудность обработки на станке, поэтому особо важно получать отливки высокой размерной точности, что максимально соответствовало бы финишным размерам детали. Размерная точность отливок, произведенных методом ВПФ, обусловлена особым рабочим процессом при использовании этой технологии:

- использование чрезвычайно мелкозернистого отсортированного формовочного песка;
- высокая и равномерная степень уплотнения песка;
- отсутствие износа модельной оснастки;
- отсутствие уклона в большинстве случаев;
- для извлечения модели из формы не требуется вибрации;
- отсутствие движения стенок формы по причине высокой прочности формы;
- отсутствие деформации формы, так как нет испаряющихся добавок к формовочному материалу.

Результат этого – размерная точность и повторяемость массы отливок. Это относится также к отливкам больших размеров, тяжелым отливкам и к отливкам сложных геометрических форм. Кроме того, при серийном производстве обеспечивается высокая степень воспроизводимости от партии к партии. В качестве исходного значения для размерной точности может быть задано $\pm 0,3\%$.

Необходимо также учитывать высокую температуру плавления, повышенную усадку и невысокую жидкотекучесть этой стали, которая в ~ 2 раза меньше, чем у чугуна. Однако опыты показали, что жидкотекучесть металла в формах ВПФ (а, соответственно, и их заполняемость) при заливке на 30% выше, чем для «сырых» ПФ.

Выводы

- Опыт представленных заводов наилучшим образом демонстрирует преимущества ВПФ для отливок из



Рис. 5. Подвод, нагрев и наложение пленки на модель, готовые отливки – с минимальной обработкой.

марганцовистой стали. • Показанная широкая номенклатура отливок, получаемых ВПФ, развеивает мифы об узкой специализации этой технологии. • Оправдались все прогнозы относительно активного развития и освоения технологии ВПФ для самых разных стальных отливок (теперь и марганцовистых), после производства крупных ЖД-отливок на трех заводах России и ряде за-

водов, производящих отливки запорной арматуры.

По вопросам модернизации литейного производства на базе современных АФЛ по ВПФ обращайтесь в представительство фирмы HWS-Sinto, Германия в РФ и СНГ: +7 499 907-5000, 907-5255, e-mail: hws-moscow@nl.ru



Рис. 6. Завод Frog Switch, США. Технологические операции получения готовой полужелатинной формы для конуса дробилки. Модель с съемными элементами, которые затем вынимают из готовой полужелатинной формы (отливка без стержней).