

УДК 621.74

Попов А. М.

ЛИТЬЕ В СТЕРЖНЯХ НА ПРИМЕРАХ МИРОВОГО ОПЫТА ФИРМЫ «LAEMPE»

Рыночные отношения в последние годы ясно показывают, что простые крупногабаритные отливки могут быть поставлены в страны Европейского Сообщества (ЕС) дешевле из-за рубежа, причем их качество не хуже качества аналогичных образцов собственного производства. Литейным заводам в странах ЕС специализированным на массовое производство однотипных отливок, все меньше и меньше удается «удержать» свой рынок. Согласно статистическим данным в Германии протекает процесс быстрой дифференциации типов отливок и резкого уменьшения количества заказов на поставку массового литья [1]. Непрерывно возрастают требования к сложности отливок, к воспроизводимости их технических характеристик, усугубляется соревнование между различными способами производства машиностроительных деталей и т. д. Литейные технологии могут сохранить свою конкурентную способность только тогда, если они гарантируют производство сложнейших конструктивных элементов при самой низкой себестоимости продукта. За последние 10 лет резко повысились требования законодательства к экологии литейных технологий [1]. Это привело к дополнительному увеличению напряженности среди производителей отливок.

Целью данной статьи является разработка новых методов изготовления стержней и стержневых форм.

Фирма «Laempe» разработала метод LCM («Laempe Core Moulding») изготовления стержней и стержневых форм, который предоставляет литейщикам прекрасную возможность уменьшить материальные и энергетические расходы, увеличить гибкость процесса изготовления стержней и безопочных форм, создавая предпосылки для лучшего приспособления к постоянно изменяющимся условиям рынка. По методу LCM фирмы «Laempe» все части комплексной формы, включая внутренние стержни, изготавливаются или на одном пескоструйном центре или на одном компактном стержневом участке с максимальным уровнем автоматизации. В непосредственной близости с формовочно-стержневым участком LCM размещен плавильный участок и участок заливки на базе автоматического заливного устройства. Таким образом, формовочно-стержневой комплекс ««Laempe LCM» служит основой мини-завода по производству широкой номенклатуры металлических отливок, как например, зубов для экскаваторов, погружных насосов, корпусов арматур, корпусов клапанов, отливок с применением в автомобильной промышленности [2] и т. д.

Отличные технологические характеристики и высокая манипуляторная прочность современных сухих холоднотвердеющих стержневых смесей дает возможность производить высококачественные стержни и формы с минимальной толщиной стенки.

Себестоимость сухих холоднотвердеющих смесей существенно выше себестоимости сырых смесей, но из-за более экономичного применения сухой смеси возможно уменьшить отношение «металл : форма» до значений 1:2 ... 1:1. В результате этого расход материалов, например, песка, связующих и добавок существенно уменьшается, инвестиции на поставку дополнительного оборудования, например, для очистки и регенерации смеси становятся минимальными.

Приоритетное значение имеет факт, что формы и стержни изготавливают из единой смеси. Контроль и управление материальных потоков и их комплексного влияния на качество отливки становится более надежным при максимальной воспроизводимости результатов производственного процесса.

По методу LCM всего за 40 секунд получают одну нижнюю и одну верхнюю полуформу, а также два вставочных стержня. Функция обслуживающего персонала ограничивается

установкой холодильника в модельную оснастку до запуска машины и вложением стержней в нижнюю платформу после ее получения. Выполнение этих операций требует всего 20 секунд. Качество стержней пакета можно проверить или персоналом или видеосистемой. Сборку стержневого пакета и его транспортировку проводят автоматически.

Таблица 1

Сравнение между технологическими возможностями метода «Laetpre LCM» и методами формовки на базе классических ХТС

	ХТС на базе фурановых смол	Амин-процесс
Примерный состав смеси для формования с целью получения отливок из СЧ или ВЧ	100 вес-% кварцевый песок 1,00...1,30 вес-% смола* 0,30...0,50 вес-% отвердитель	100 вес-% кварцевый песок 0,40...0,80 вес-% полиуретановая смола 0,40...0,80 вес-% полиизоцианат 0,05...0,08 вес-% амин
Тип химической реакции	Поликонденсация. Образование низкомолекулярных продуктов реакции	Полиприсоединение. Низкомолекулярные продукты реакции не образуются
Смесеприготовление	Смесители с периодическим или с непрерывным действием (одно- или двухрукавные шнековые смесители). Химическая реакция между смолой и отвердителем начинается сразу после контакта между ними. Характеристика отверждения определяет резко ограниченную живучесть смеси, сильно зависящую от температуры песка, влажности и температуры воздуха	Смесители с периодическим или с непрерывным действием. В потоке песка впрыскиваются сразу оба жидких компонента. Химическая реакция между смолой и полиизоцианатом протекает только в присутствии катализатора-амин, причем амин подается в газообразном состоянии в цикле работы формообразующего стержневого автомата, и после того, как стержневой ящик заполнен стержневой смесью. Химическая реакция при «амин-процессе» начинается вне смесителя! Смесь имеет живучесть минимум 8 часов в нормальных условиях хранения (без контакта с испарениями амина).

На рис. 1 показан общий вид пескострельного центра «Laetpre» для изготовления стержневых форм. По методу LCM всего за 40 секунд получают одну нижнюю и одну верхнюю полуформу, а также два вставочных стержня. Функция обслуживающего персонала ограничивается установкой холодильника в модельную оснастку до запуска машины и вложением стержней в нижнюю платформу после ее получения. Выполнение этих операций требует всего 20 секунд. Качество стержней пакета можно проверить или персоналом или видеосистемой. Сборку стержневого пакета и его транспортировку проводят автоматически.

Группа «холодно-твердеющих смесей» является базой для изготовления мелких и средних серий отливок из железных и нежелезных сплавов. Особенно эффективно применять подобные методы формовки в случае изготовления крупногабаритных отливок способом пакетной формовки. Большое преимущество всех методов на базе «холодно-твердеющих

смесей» – возможность формообразования без предварительного нагрева модельной оснастки. Основным принципиальным отличием между «ХТС на базе фурановых смол» и «амин-процессом» являются способ отверждения и возможность управления химической реакцией между компонентами смеси.



Рис. 1. Общий вид пескострельного центра «Laempe» для изготовления стержневых форм

Основной недостаток технологии на основе ХТС с жидким отверждением – живучесть смеси. В зависимости от химических особенностей компонентов живучесть может изменяться в широких рамках – от 5–15 мин (для ХТС на основе фурановых смол / КСК (ПТСК)) до 20–120 мин (для ЖСС с эфирным отвердителем).

Современные варианты смесей «амин-колдбокс», напротив, имеют живучесть не менее 4-х часов, а отверждение происходит в диапазоне 10–90 с (в зависимости от сложности и веса форм и стержней).

Дополнительный недостаток для производственного процесса на базе ХТС: плавное уменьшение текучести смеси во время заполнения жакета смесью с плавным нарастанием прочности смеси, что означает дополнительное «доуплотнение» трамбовкой в случае изготовления форм со сложной конфигурацией модели. Начальное нарастание прочности, которое наблюдается до заполнения жакета смесью, потеряно, так как когезионные связи между смолой и отвердителем разрушаются механической энергией (в виде работы вибростола и / или трамбовки рабочими), которую необходимо употребить для формообразования.

Для удаления модели из формы, форма из ХТС должна иметь определенную манипуляционную прочность. Для этой цели по данным производителей фурановых смол ориентировочная прочность на изгиб должна быть в пределе 2,0–2,2 МПа. Это значит, что извлечение модельной плиты из формы ХТС допускается только после достижения выше указанного значения прочности, что в зависимости от внешних условий (влажность, температура песка и воздуха) превышает 20–40 минут на полуформу.

И альтернативно – манипуляционная прочность смеси по «амин-колдбокс»-процессу достигается еще во время цикла формообразования на стержневом автомате, т. е. при снятии формы с машины через макс. 1–3 мин. стержневая форма уже имеет минимальную прочность на изгиб 2,0–2,2 МПа. Кроме того, из-за значительно более высокой плотности стержневых форм, изготовленные по «амин-процессу», а также из-за минимального градиента прочности по сечению формы (необходимое условие для получения высокоточных отливок), дефекты типа эрозии или пенетрации, исключены.

Газотворная способность ХТС на базе фурана превышает в 3–4 раза газотворную способность смеси по «амин-процессу», причем, чем выше толщина стенки чугунной отливки, тем больше увеличивается склонность фурановых смол к газовыделению.

Массовое применение стержней и форм по амин-процессу в мировой литейной практике обусловлено их высокой размерной точностью. Неслучайно не менее 90 % всех высокоточных отливок типа блока двигателей легковых и грузовых автомобилей в мире производятся

с оформлением внутренних поверхностей «стержневыми пакетами» по амин-процессу. Экономический эффект в результате применения «амин-процесса» в замене формовки на базе ХТС может быть колоссальным. Так, например, на заводе концерна «Georg Fischer» в г. Лейпциг (Германия) в результате перехода от технологии ХТС на фуране на «амин-колдбокс»-процесс было достигнуто увеличение производительности в 25 раз. Это доказывается на базе примера получения отливки поворотного корпуса омнибуса. Центральный стержень для этой отливки весит 335 кг. Его размеры – 1140 × 1670 × 300 мм. Для получения двух таких стержней методом ручной формовки по «фурану» была необходима одна смена, причем только на размещение укрепляющей арматуры внутри стержневого ящика уходило больше часа. Сегодня на 250 литровых пескострельных автоматах «Laempe» изготавливаются 53 таких стержня в смену по «амин-колдбокс»-процессу.

Мировой опыт «Laempe» по реализации метода LCM «литья в стержнях» можно обобщить:

- крупносерийное производство отливок блоков и головок цилиндров из алюминия для мирового Автопрома (реализованы проекты под ключ на концернах «Ford», «Suzuki», «Mazda», «Citroen», «Montupet», «Audi») [3];
- мелкосерийное производство отливок для российского авиационно-ракетного корпуса (реализованы проекты «Протон-Пермские Моторы», «Авитек» г. Киров, УМПО, г. Уфа) [4];
- серийное производство отливок блоков и головок двигателей из чугуна (реализованы проекты «Peugeot», «Eisenwerke Brühl», «Daimler Truck», «ГАЗ», «КАМАЗ»);
- крупносерийное производство отливок для погружных насосов из чугуна Ni-resist (реализован проект на «Лемазе» – самый современный стержневой участок на территории РФ);
- крупносерийное производство стальных отливок типа зубов экскаваторов (реализованы проекты «AFE Feursmetal» (Франция), «ESCO» (Великобритания)).

Примеры реализации метода «Laempe LCM» в литейной практике.



Рис. 2. Участок заливки на заводе «ЛЕМАЗ», г. Лебедянь, Липецкая область

На фотографии показан участок заливки на заводе «ЛЕМАЗ», г. Лебедянь, Липецкая область. На этом заводе фирмой «Laempe» реализован сверхсовременный автоматизированный формовочно-стержневой участок. Производство завода – отливок для рабочих колес погружных насосов из чугуна Ni-резист. Стопочные формы собираются роботами, а затем на подвесном конвейере отправляются на заливку. Размеры «стопки» = высота 450–500 мм, диаметр 330 мм, вес 50–70 кг. Отношение «метал : форма» не превышает 1 : 1. Производительность участка до 5 т литья в час [5].

На фотографии внизу показано производство, сборка и подготовка к заливке стержневых форм на заводе концерна «Mazda» в г. Хиросима (Япония). Часовая производительность роботизированной линии по производству рядных блоков из алюминия методом литья в стержнях – 110 блоков.



Рис. 3. Производство, сборка и подготовка к заливке стержневых форм на заводе концерна «Mazda» в г. Хиросима (Япония)

ВЫВОДЫ

Метод LCM предоставляет литейщикам прекрасную возможность особенно гибко осуществить высокопроизводительную технологию литья в стопках (стержневых пакетах). Компактный формовочно-стержневой комплекс оборудования для реализации метода LCM с интегрированным участком заливки можно рассматривать как мини-литейный завод.

Основные преимущества для литейщиков следующие:

- обслуживающий персонал уменьшается до 1 оператора по сравнению с четырьмя операторами стержневых и формовочных машин;
- количество оборотной смеси значительно уменьшается;
- значительно уменьшается объем инвестиций на поставку оборудования;
- в результате совмещения стержневого и формовочного участка резко уменьшаются размеры этих участков на литейном заводе;
- существенно уменьшаются транспортные расстояния между участками формовки и заливки;
- значительно уменьшается расход энергии и расходных материалов;
- резко уменьшаются затраты и продолжительность ремонтных работ формовочного и стержневого оборудования.

Высокое качество отливок, надежная и своевременная поставка заказанной продукции, а также гибкое реагирование на требования клиента – это единственно возможное решение для литейщиков в современных условиях жесткой международной конкуренции. Фирма «Laetpre» со своим богатым практическим и технологическим опытом, накопленный в процессе реализованных более 3000 проектов по всему миру, является надежным партнером литейных заводов Украины и других стран СНГ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доценко П. Н. Изготовление отливок в стержневых формах / П. Н. Доценко // *Литейщик России*. – 2009. – № 1. – С. 9–13.
2. Попов А. Модернизация литейного производства автомобильной промышленности Японии / А. Попов // *Литейное производство*. – 2007. – № 4. – С. 36–37.
3. Kanichcki D. P. Changing casting demands shape Fords new foundry / D. P. Kanichcki *Modern Casting*. – September. – 1994. – P. 24–27.
4. Дубровский В. А. Опыт изготовления отливок ракетного двигателя в стержневых пакетах / В. А. Дубровский, И. А. Арбузов // *Литейное производство*. – 2002. – № 3. – С. 30–34.
5. Попов А. Стопочная стержневая форма, стержневой пакет и перспективы современных процессов литья / А. Попов // *Литейщик России*. – 2002. – № 3. – С. 30–34.