



Analysis of the factors, determining the economic and energetic efficiency of the aluminium melt storage process at using of furnaces of different types, is presented. The ways of energy-saving at the storing of melt are outlined.

М. А. САДОХА, А. П. МЕЛЬНИКОВ, НП РУП «Институт БелНИИлит»

УДК 621.74

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ОТЛИВОК ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Известно, что производство отливок из алюминиевых сплавов является чрезвычайно энергоемким процессом. Теплота плавления алюминия равна примерно 400 Дж/г [1]. Для сравнения теплота плавления железа равна 270 Дж/г, меди – 205, цинка – 110 Дж/г и т.п.

Кроме того, исходя из технологических особенностей кристаллизации алюминиевых сплавов при производстве отливок из них методом литья в кокиль или в разовую форму, для обеспечения высокого качества отливок необходимо использовать массивную литниково-питающую систему, масса которой в некоторых случаях доходит до 100% от чистой массы отливки.

Использование метода литья под низким давлением частично решает проблему уменьшения потребности в жидком металле на одну отливку по сравнению с литьем в кокиль, однако этот вариант требует использования дорогостоящего оборудования и оснастки, что частично снижает эффективность процесса.

Рассмотрим подробнее обобщенный технологический процесс производства отливок из алюминиевых сплавов, состоящий из ряда переделов:

- плавка и приготовление сплава;
- хранение расплава в раздаточной печи;
- заливка отливок;
- возврат на переплав брака и литников.

В процессе плавки при переходе из твердого в жидкое состояние алюминиевого сплава осуществляются основные энергетические затраты. Эффективность плавки определяется коэффициентом полезного действия плавильного агрегата, временем плавки и влиянием технологических факторов плавки на качество получаемого расплава. По литературным данным и отзывам производителей, в настоящее время наиболее эффективным источником энергии для плавильных агрегатов является электричество. Расход электроэнергии на одну плавку составляет примерно 700–900 кВт·ч/т.

Очень важным с точки зрения энергоэффективности является этап хранения расплава в раздаточной печи и выдачи его на разливку. Хотя в данном случае энергия не расходуется на плавку и, казалось бы, здесь расход энергии минимален. Однако, учитывая, что хранение расплава в раздаточной печи – процесс достаточно продолжительный по времени, расход энергии на поддержание температуры расплава на нужном уровне также может быть существенным.

Основным агрегатом для хранения алюминиевого расплава на литейном участке служит электрическая раздаточная печь. Рассмотрим возможные конструктивные схемы раздаточных печей и проанализируем их с точки зрения энергетической эффективности.

Наиболее широко в настоящее время используются тигельные раздаточные печи с неметаллическими и металлическими (преимущественно чугунами) тиглями (рис. 1). Главная особенность таких печей состоит в том, что теплота от нагревателей передается расплаву через несколько границ: сначала от нагревателей воздуху и частично излучением тиглю, затем от воздуха – тиглю, далее через тигель – расплаву. Для обеспечения соответствующей интенсивности теплового потока при такой схеме нагрева необходимо температуру печной атмосферы в зоне нагрева поддерживать на уровне 800–950 °С. Одновременно происходит интенсивный нагрев футеровки до высоких температур и интенсивная утечка тепла из печи, минуя расплав. Таким образом, КПД этой печи достаточно низкий и может быть несколько повышен лишь подбором материалов футеровки, материала тигля и использованием крышки на тигле.

Кроме того, использование чугунных тиглей способствует насыщению расплава железом, что ухудшает качество отливок, повышает уровень брака и, как следствие, расход энергии на 1 т годного литья. Средний расход электроэнергии на хранение расплава в таких печах составляет 100–150 кВт·ч/т.

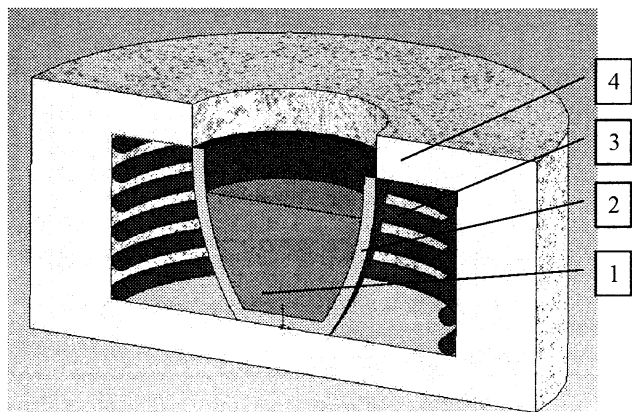


Рис. 1. Печь раздаточная тигельная: 1 – расплав; 2 – тигель; 3 – нагреватели; 4 – футеровка

Ряд предприятий использует в качестве раздаточных бестигельные печи с верхним расположением нагревателей (рис. 2). Такие печи лишены промежуточной границы раздела в виде тигля между нагревателями и расплавом. Это теоретически способствует повышению КПД печи. Однако такая компоновка имеет существенные недостатки: расположение нагревателей может быть только верхним (передача тепла на расплав преимущественно возможна только излучением), площадь передачи тепла ограничена, значительное количество тепла теряется через технологические проемы в печи и через футеровку (температура печной атмосферы должна быть на уровне 800–950 °С).

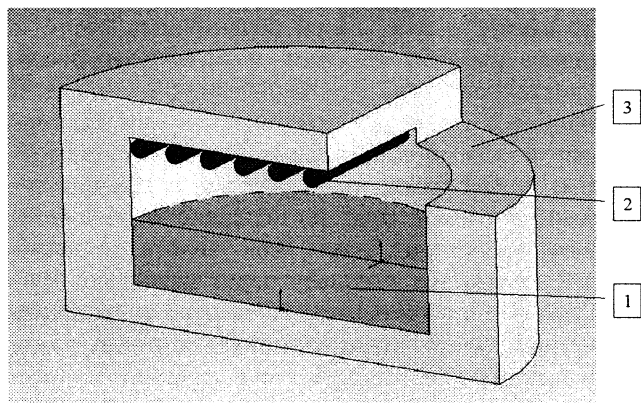


Рис. 2. Печь раздаточная бестигельная: 1 – расплав; 2 – нагреватели; 3 – футеровка

Основными недостатками печей такого типа можно считать относительную уязвимость и низкую стойкость нагревателей и достаточно высокий расход электроэнергии (80–120 кВт·ч/т).

Анализ конструкций и технологических особенностей представленных выше раздаточных печей позволяет выдвинуть ряд требований к максимально эффективной, с точки зрения потребления энергии, раздаточной печи.

Во-первых, теплота должна подводиться непосредственно к расплаву без промежуточных передающих сред. Во-вторых, печь должна быть бестигельной. В-третьих, контакт расплава с печ-

ной атмосферой должен быть минимален, чтобы избежать уноса тепла за счет нагрева атмосферы от расплава и утечек через технологические проемы в печи.

Конструкция печи, соответствующая этим требованиям, показана на рис. 3. Главной отличительной особенностью такой печи является погружение нагреваемой части нагревателей непосредственно в расплав. Таким образом, обеспечивается полный переход теплоты, выделяемой нагревателями, непосредственно к расплаву. Нет свободных прямых утечек тепла от нагревателей к окружающей среде. Только от расплава происходит нагрев футеровки и печной атмосферы, в результате чего их температура меньше или равна температуре расплава. Благодаря этому резко снижаются потери тепла.

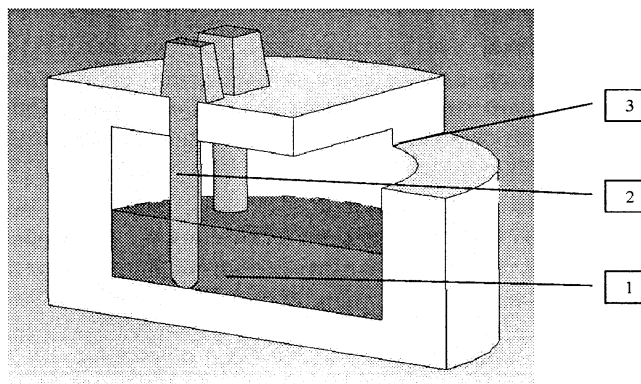


Рис. 3. Печь раздаточная бестигельная с погружными нагревателями: 1 – расплав; 2 – нагреватели; 3 – футеровка

По предварительным расчетам средний расход электроэнергии на хранение расплава в таких печах составляет 30–40 кВт·ч/т.

Значительным ресурсом сокращения расхода энергии на 1 т годного литья можно считать технологию получения отливок. Сокращение массы литниково-питающей системы уменьшает потребность в дополнительном расплаве, что при прочих равных условиях пропорционально сокращает расход энергии на 1 т годного литья.

При производстве отливок методом литья в кокиль существенный эффект возможен при использовании метода самозаполнения [2–4].

Суть метода самозаполнения (рис. 4) заключается в том, что расплав предварительно заливается в чашу, являющуюся частью кокиля (формы), после чего кокиль из горизонтального положения поворачивается в вертикальное положение, как показано стрелкой, и расплав через питатели медленными потоками поступает в верхнюю (прибыльную) часть формы и далее по форме на верхнюю часть формирующейся отливки.

По мере заполнения нижней части кокиля и дальнейшего его поворота начинают заполняться лежащие выше слои отливки. Тем самым обеспечивается направленность питания и кристаллизации отливки. Причем в силу того, что за счет

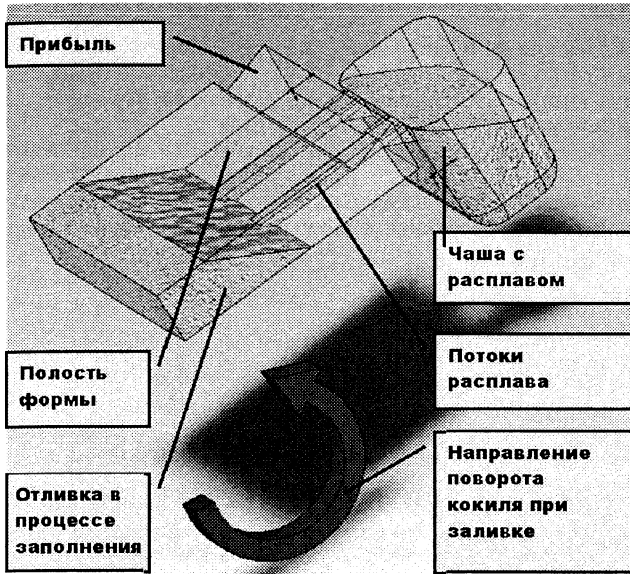


Рис. 4. Схема метода самозаполнения

скорости поворота можно найти оптимальное соотношение между скоростью кристаллизации и скоростью заполнения кокиля, обеспечивается хорошая подпитка кристаллизующейся отливки при заливке и заполнении лежащих выше слоев. По этой причине значительно уменьшается требуемый объем прибылей, которые необходимы теперь только для питания верхних частей отливки.

В связи с этим за счет регулирования скорости поворота кокиля можно обеспечить для каждой зоны отливки заполнение при строго определенном напоре, т.е. создать идеальные условия для заполнения. В отличие от стационарного кокиля, где невозможно управлять напором, а можно лишь тормозить поток расплава различными элементами литниковой системы, при использовании метода самозаполнения протяженность (высота) отливки не имеет принципиального значения, так как высота отливки не определяет величину напора, при котором происходит поступление расплава в форму.

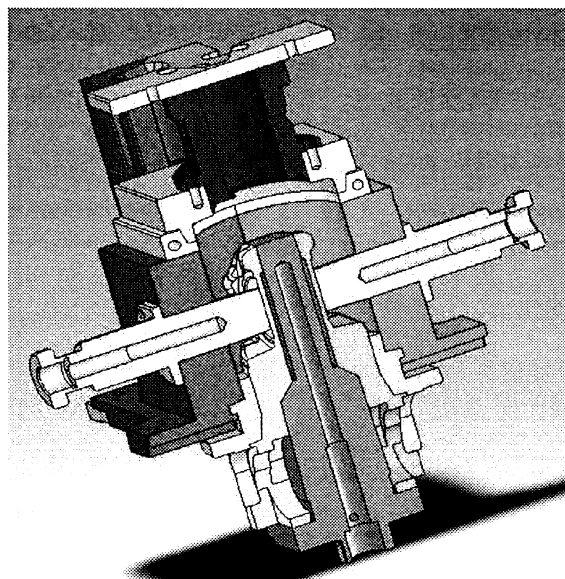
Фактически при литье методом самозаполнения отливку можно представить как последовательный ряд соединенных в единое целое отдельных миниотливок, каждая из которых заполняется при

оптимальном напоре после заполнения предыдущей (лежащей ниже). Главным при литье методом самозаполнения является подбор такого режима поворота кокиля, который позволит добиться полного соединения миниотливок в одну большую отливку.

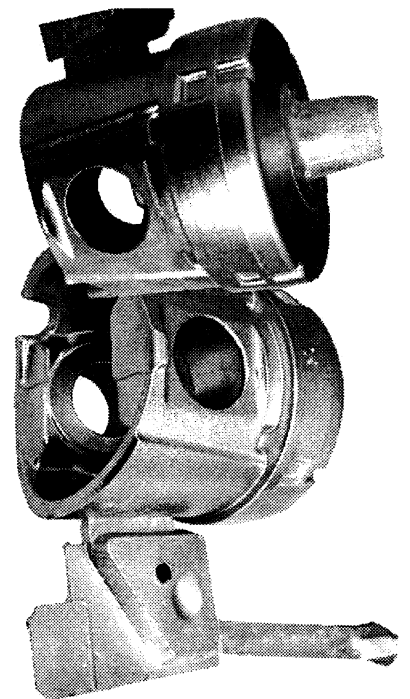
Что касается выхода годного литья, то реализация метода самозаполнения при литье в кокиль имеет одну особенность: чем протяженнее и габаритнее отливка, тем выше будет выход годного за счет направленности кристаллизации и питания нижних слоев отливки за счет верхних. Метод самозаполнения позволяет значительно повысить выход годного литья (до 2–4 раз) при получении протяженных отливок по сравнению с литьем в стационарные кокиля.

Другим способом уменьшения литниково-питающей системы отливки является обеспечение направленно-последовательной кристаллизации отливок за счет применения управляемой системы охлаждения кокиля в процессе заливки и кристаллизации отливки. Примером может служить технология производства отливок поршней. Пять элементов кокиля (рис. 5) являются водоохлаждаемыми, причем охлаждение каждого элемента включается с нужной интенсивностью и в нужный момент и выключается независимо от других элементов.

При такой схеме формирования отливки литниково-питающая система составляет не более 20% от чистой массы отливки. Данный опыт может быть распространен и на другие фасонные отливки.



а



б

Рис. 5. Кокиль (а) для производства отливок поршней (б)

Литература

1. Производство отливок из сплавов цветных металлов / А.В. Курдюмов, М.В. Пикунов, В.М. Чурсин и др. М.: Metallurgia, 1986.
2. Садоха М.А., Бондарик Н.Е. Метод самозаполнения как путь к повышению эффективности производства высококачественного литья из алюминиевых сплавов // Литье и металлургия. 2006. №2. Ч. 1. С. 145–147.
3. Садоха М.А., Мельников А.П., Краев Б.А. и др. Метод самозаполнения при производстве алюминиевых отливок // Литье и металлургия. 2004. №2. С.153–155.
4. Садоха М.А. Ресурсосберегающие технологии при производстве отливок из алюминиевых сплавов // Материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. «Современная практика энерго- и ресурсосбережения в промышленности». 30–31 января 2006 г. г. С-Петербург, 2006. С. 34–36.