



All the limits and items of the process of moulded piece production for appraisal of reserves of economical efficiency securing from the point of view of resource-saving are considered.

М. А. САДОХА, ОАО «БелНИИлит»

УДК 621.74

ОСНОВЫ РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ОТЛИВОК СПЕЦИАЛЬНЫМИ СПОСОБАМИ ЛИТЬЯ

Процесс получения литой детали в общем случае может быть представлен как ряд технологических переделов (металлургический, литейный, финишный), подразделяющихся на отдельные операции (рис. 1).

Выполнение каждой из приведенных операций связано с определенными затратами, прежде всего затратами энергии, материалов, труда. Все переделы могут выполняться независимо друг от друга как по времени, так и по месту проведения. В рамках одного передела операции, как правило, выполняются последовательно без разрыва по времени и в пределах одного производства.

Для оценки резервов обеспечения экономической эффективности процесса получения литой

детали подробнее рассмотрим все переделы и отдельные операции в их рамках с точки зрения ресурсосбережения.

Схематично затраты на получение отливки показаны на рис. 2.

С увеличением массы литниково-питающей системы по отношению к чистой массе отливки происходит увеличение затрат на изготовление отливки. Это обусловлено существенным ростом затрат на формирование литниково-питающей системы и возрастанием затрат на угар металла и финишные операции (обрезка, зачистка отливок и т. п.).

Одной из основных статей затрат на производство отливок является энергопотребление. Например, при изготовлении отливок из алюминиевых

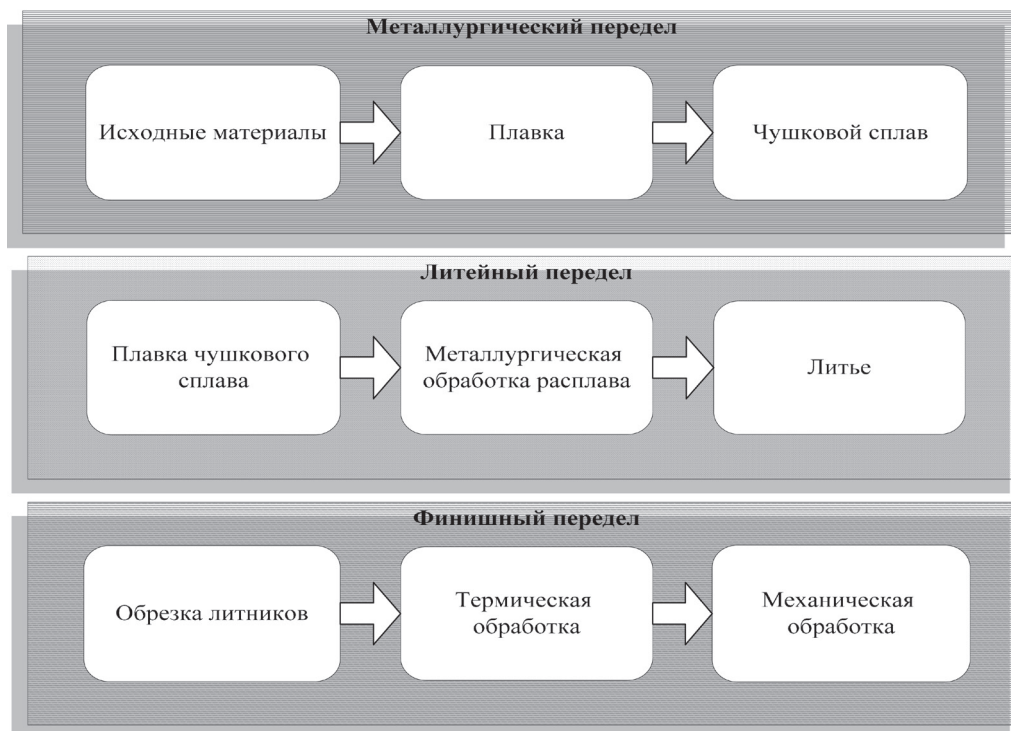


Рис. 1. Схема технологии получения литой детали

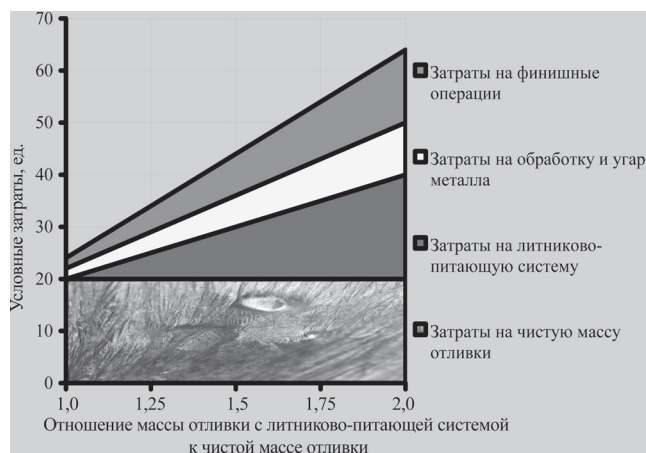


Рис. 2. Условная структура затрат на получение отливки

сплавов в металлургическом переделе на подготовку исходных материалов (шихты) в среднем требуется от 50 до 200 кВт·ч на 1 т шихты в зависимости от ее вида, состояния и требований плавильного агрегата. На плавку алюминия требуется от 750 до 1300 кВт·ч на 1 т сплава в зависимости от вида плавильного агрегата и технологии доведения сплава до заданных требований. Процесс получения чушки не столь энергоемок — на него расходуется до 250 кВт·ч на 1 т сплава.

Литейный передел при производстве отливок из алюминиевых сплавов не менее энергоемкий — на 1 т сплава расходуется при плавке сплава от 750 до 1300 кВт·ч, при металлургической обработке расплава — 100–150, при литье — 200–250 кВт·ч.

Финишный передел в общей сложности требует расхода от 150 до 300 кВт·ч на 1 т алюминиевых отливок.

Важнейшим путем повышения эффективности производства отливок является снижение удельного энергопотребления из расчета на единицу массы годной отливки.

Анализ схемы технологии получения литой детали (рис. 1) и структуры затрат при производстве отливок (рис. 2) позволяет наметить ряд перспективных путей ресурсосбережения при производстве отливок.

1. Использование при осуществлении плавки в ходе выполнения металлургического и литейного переделов современных экономичных плавильных агрегатов и технологии плавки (таким образом, может быть достигнуто снижение затрат на чистую массу отливки и другие статьи).

2. Объединение металлургического и литейного переделов с исключением, тем самым, этапа получения чушкового сплава и последующей его плавки (проводить плавку в один этап). Данное мероприятие прежде всего возможно для сплавов на основе алюминия.

3. Повышение физико-механических свойств сплавов путем выполнения металлургической обработки расплава и обеспечение, таким образом, возможности уменьшения толщины стенок и чистой массы отливок.

4. Применение при литье технологий, позволяющих уменьшить литниково-питающую систему и снизить брак отливок, сместив, тем самым, отношение массы отливки к литниково-питающей системе к чистой массе отливки максимально в сторону меньших значений (рис. 2).

Выполнение первого условия возможно осуществить путем применения в качестве плавильного агрегата среднечастотных индукционных печей взамен печей промышленной частоты. Второй путь, наиболее реальный при производстве отливок из алюминиевых сплавов, позволяет обеспечить экономию до 1300 кВт·ч на 1 т жидкого металла. Он может быть реализован путем организации транспортировки расплава от производителя сплавов к производителю отливок. Использование интенсивных технологических процессов металлургической обработки расплава позволяет обеспечить значительное повышение качества сплавов и рост их физико-механических свойств. В этом случае возможна переработка конструкции отливок в сторону уменьшения толщин стенок, массивных узлов и снижения в целом массы отливок.

Повышение выхода годного при литье и снижение брака отливок является весьма ощутимым фактором экономии. Это особенно существенно при производстве отливок из стали, высокопрочного чугуна и алюминиевых сплавов, когда масса литниково-питающих систем в некоторых случаях равна чистой массе годной отливки.

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.

Среди других специальные методы литья обладают расширенным спектром возможностей обеспечения ресурсосбережения при производстве отливок.

При производстве отливок методом литья в кокиль существенный эффект возможен при использовании метода самозаполнения [1–3]. Суть метода самозаполнения (рис. 3) 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,

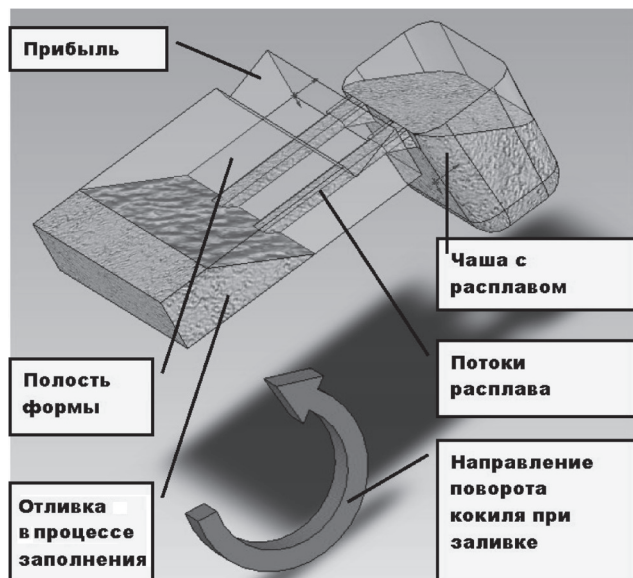


Рис. 3. Схема метода самозаполнения

и расплав через питатели медленными потоками поступает в верхнюю (прибыльную) часть формы и далее по форме на верхнюю часть формирующейся отливки.

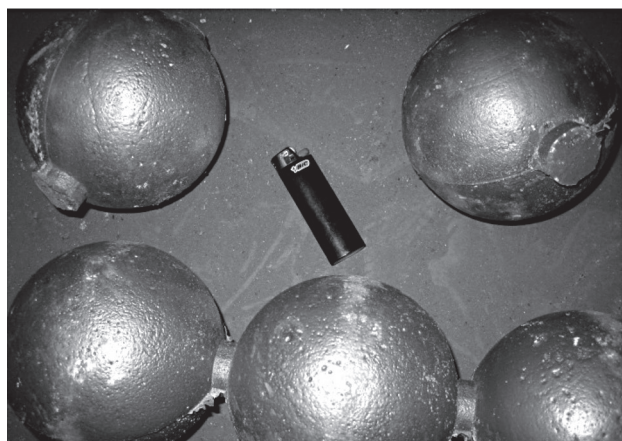
По мере заполнения нижней части кокиля и дальнейшего поворота его начинают заполняться лежащие выше слои отливки. Тем самым, обеспечивается направленность питания и кристаллизации отливки. Причем в силу того, что за счет скорости поворота можно найти оптимальное соотношение между скоростью кристаллизации 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 определен-

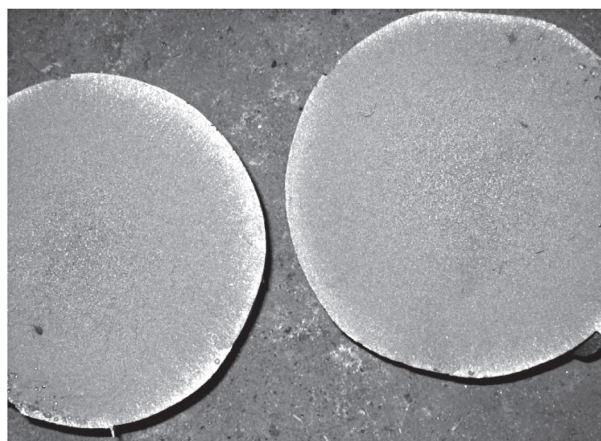
ном напоре, т. е. создать идеальные условия для заполнения. В отличие от стационарного кокиля, где невозможно управлять напором, а можно лишь тормозить поток расплава различного рода элементами литниковой системы, при использовании метода самозаполнения протяженность (высота) отливки не имеет принципиального 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 кокили. Метод самозаполнения показал свою эффективность при производстве отливок как из алюминиевых сплавов, так и чугуна. Причем при производстве отливок мелющих шаров диаметром 120 мм из чугуна был достигнут выход годного до 90% при практически полном отсутствии литниковой системы. При этом были получены шары с плотной структурой без внутренних дефектов (рис. 4).



а



б

Рис. 4. Мелющие шары диаметром 120 мм, полученные методом самозаполнения: а – общий вид; б – макроструктура



a



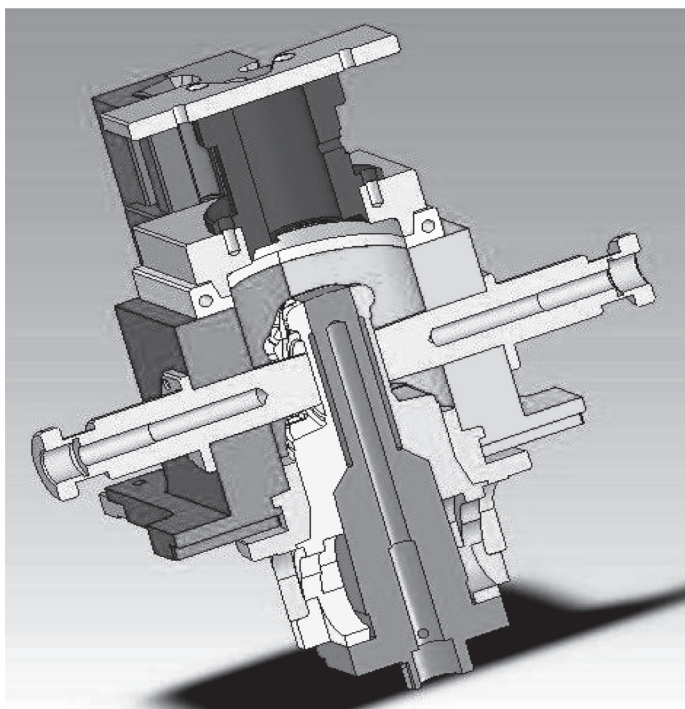
б

Рис. 5. Процесс производства мелющих шаров диаметром 120 мм: *a* – шары, полученные при одной заливке; *б* – процесс выбивки отливок из кокиля

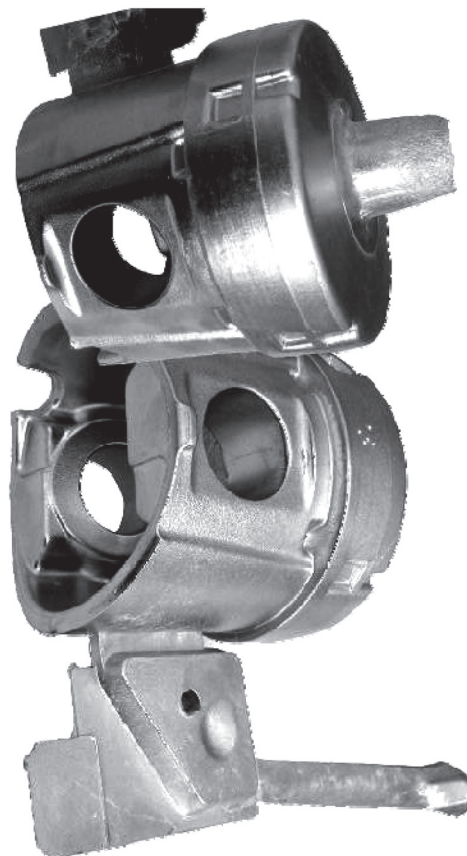
Процесс самозаполнения продемонстрировал высокую производительность – одна кокильная машина обеспечивает производство до 3 т литых шаров в 1 ч (рис. 5).

Другим способом уменьшения литниково-питающей системы при получении отливки является обеспечение направленно-последовательной кристаллизации отливок путем применения управ-

ляемой системы охлаждения кокиля в процессе заливки и кристаллизации. Типичным примером такого процесса может служить технология производства отливок поршней. Пять элементов кокиля (рис. 6) являются водоохлаждаемыми. Причем время и интенсивность охлаждения каждого элемента управляются по времени независимо от других элементов. При такой схеме формирования от-

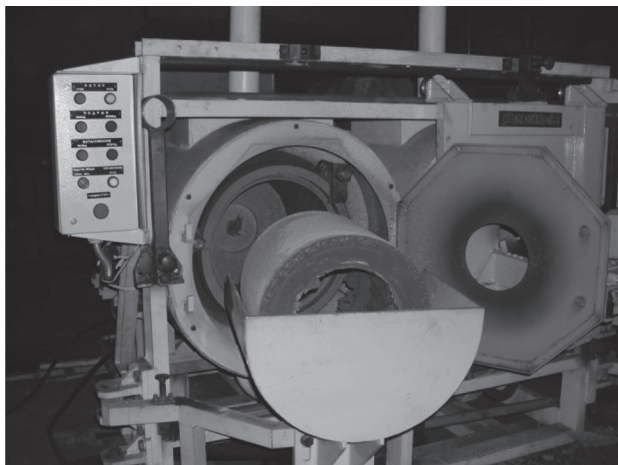


a

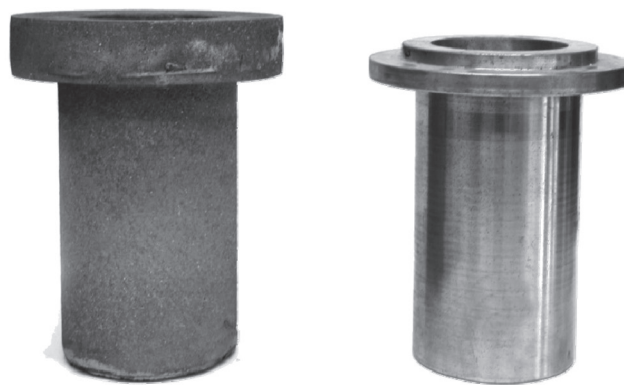


б

Рис. 6. Кокиль (*a*) для производства отливок поршней (*б*)



а



б

Рис. 7. Машина центробежного литья мод. 4986 (а) и пример производимых отливок (б)

ливки литнико-питающая система составляет не более 20% от чистой массы отливки. Данный опыт может быть распространен и на другие фасонные отливки.

При производстве отливок типа тел вращения весьма эффективен с точки зрения ресурсосбережения технологический процесс центробежного литья. Отливки, получаемые таким способом, полностью лишены литниковой системы и обладают повышенными физико-механическими свойствами вследствие создания режима управляемой кри-

сталлизации, а также благодаря возможности свободного удаления из кристаллизующегося металла неметаллических включений и газов. Для получения таких отливок используются специальные машины центробежного литья (рис. 7).

Значительные резервы ресурсосбережения хранят в себя и другие специальные методы литья: процесс производства отливок методом литья под низким давлением, литье в облицованный кокиль, литье фасонных отливок с приложением центробежных сил и т. п.

Литература

1. Садох 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.
2. Садох М. А., Мельников А. П., Краев Б. А. и др. Метод самозаполнения при производстве алюминиевых отливок // Литье и металлургия. 2004. № 2. С. 153–155.
3. Садох 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. С-Петербург, 2006. С. 34–36.