

УДК 669:621.74

## Исследование преимущества использования экзотермических вставок

Баймаканова Жанаргуль Ибрагимовна

*магистрант, Карагандинский государственный технический университет*

**Андатпа.** Қарастырылып отырылған жұмыста «ҚЗӨҰ» ЖШС-нің ҚҚЗ жасалынатын құймаларға әр балқыма түріне сай келетін экзотермиялық қосымшаларды енгізуі ұсынылған, сонымен қатар «ҚЗӨҰ» ЖШС аумағында қолданылатын экзотермиялық қосымшалар қорытпаның пайдалану үшін түрлі технологиялық параметрлері қарастырылған.

**Кілт сөздер:** экзотермиялық қосымшалар, қосымшалар, балқыма, қорытпа, құю өндірісі.

**Аннотация.** В данной работе предлагается разработка и внедрение новых видов экзотермических вставок вместо прибыльной части отливок, также рассмотрены разные варианты технологии применения экзотермических вставок по маркам сплава используемых на территории ТОО «ПОЛЗ».

**Ключевые слова:** экзотермические вставки, прибыль, отливка, сплав, литейное производство.

**Abstract.** In this paper, it is proposed to develop and introduce new types of exothermic inserts in place of the profitable part of the castings. In this project different versions of the technology of application of exothermic inserts for alloy grades used in the territory of LLP "POLZ" are considered.

**Key Words:** exothermic inserts, profit, casting, alloy, foundry.

Прибыль - это специальный технологический прилив к поверхности отливки, устанавливаемый над питаемой части отливки или всей отливкой, затвердевающий последним. Основная цель применения - это получение плотной отливки без усадочных раковин. Место расположения прибыли необходимо выбирать таким образом, чтобы жидкий металл из прибыли мог поступать непрерывно в затвердевающие части отливки и компенсировать уменьшение их объема в результате усадки металла, то есть обеспечивал питание отливки [1]. При этом усадочная раковина должна образоваться в самой прибыли, а не в отливке. Кроме этого прибыль выполняет функцию выпора, через который удаляется газы из полости формы в процессе заполнения ее металлом. В прибыль могут всплывать

шлаковые засоры, случайно попавшие в форму и образовавшиеся в результате разрушения самой формы, а также продукты взаимодействия металла и формы.

Условиями питания затвердевающей отливки обуславливается возможность получения плотных ее стенок и минимальной неоднородности механических свойств в разных частях отливки, наиболее заметно проявляемой при изготовлении крупногабаритных литых деталей. Исследования условий питания отливок и разработка способов применения прибылей, определения их размеров, равно как и методов улучшения действия прибылей, основаны на изучении процессов затвердевания сплавов.

При минимально возможной высоте прибыли можно улучшить условия формирования отливки, если в период затвердевания ее стенок сохранить контакт между жидким металлом, находящимся в прибыли, и атмосферой воздуха. Благодаря этому к гидростатическому напору системы «отливка-прибыль» прибавится еще давление одной атмосферы, равноценное действию столба жидкой стали высотой - 1500 мм. Сохранение контакта между жидким металлом в прибыли и атмосферой воздуха достигается путем засыпки открытой поверхности прибыли теплоизолирующими материалами, последующим разрушением верхней корочки затвердевший сплав и доливкой металла в прибыль. Та же цель преследуется при использовании прибылей, действующих под атмосферным давлением.

В отличие от рассмотренного примера питания отливки типа полого цилиндра на практике повседневно встречаются более сложные случаи, когда, например, не все стенки отливки располагаются в литейной форме в вертикальном положении. Многие отливки имеют настолько сложную геометрическую форму, что при выборе положения их при заливке приходится сопоставлять преимущества и недостатки разных вариантов технологии, чтобы выбрать наилучший. В общем случае отливку можно считать состоящей из нескольких соединенных в одно целое систем, для питания каждой из которых применяются свои прибыли.

Применение обогреваемых прибылей позволяет уменьшить их объем в 1,5 - 2 раза и таким образом существенно сократить расход жидкого металла на отливку. Наиболее прост и удобен обогрев прибылей экзотермическими смесями. Кроме этого, используют электрические источники обогрева (дугу, элемент сопротивления, индуктор) и обогрев пламенем горелки.

Прибыль должна удовлетворять следующим основным требованиям: иметь достаточный объем для компенсации усадки сплава при затвердевании;

затвердевать позже той части отливки, к которой она присоединена; иметь конфигурацию (для экономии металла), которая обеспечит минимальную поверхность охлаждения; зона усадочной раковины не должна выходить за ее пределы и достигать шейки прибыли.

Шейка прибыли, как и прибыль, должна затвердевать позже отливки и быть как можно короче, так как при этом площадь ее поперечного сечения может быть меньше. Рекомендуется использовать прибыли, шейки которых имеют круглое сечение, что невозможно выполнить при боковых прибылях, присоединяемых к плоским стенкам отливок. В этих случаях толщину шейки принимают равной  $0,6 - 0,8$  толщины стенки отливки в месте подвода металла.

При установке прибылей учитывают удобство формовки, а также выполнение следующих условий: прибыли не должны затруднять деформацию отливки при усадке, а их отделение от отливок не должно вызывать серьезных затруднений. На отливках больших габаритов, имеющих постоянное сечение или несколько тепловых узлов, необходимо устанавливать несколько прибылей, так как радиус действия прибылей ограничен. В то же время необходимо стремиться к тому, чтобы из одной прибыли питалось как можно большее число тепловых узлов отливки. Процесс питания отливки должен быть организован таким образом, чтобы в каждом ее узле осуществлялось направленное затвердевание - от тонких элементов отливки к толстым и, наконец, к прибыли.

Для эффективной работы прибылей необходимо принимать меры направленные на уменьшение потерь тепла и тем самым поддерживать металл прибыли в жидкоподвижном состоянии в течение всего периода затвердевания отливки. Правильный уход за прибылями позволяет резко сократить объем металла в них и тем самым повысить выход годного.

При грамотном технологическом уходе за работой прибылей технологический выход годного можно повысить до 70%. Уменьшение расхода жидкого металла и снижение брака по усадочным дефектам может быть достигнуто применением экзотермических вставок для прибылей. Экзотермические вставки для прибылей применяются при производстве отливок из железоуглеродистых сплавов и алюминиевых сплавов. Экзотермическая вставка служит для приема в свою полость жидкого металла и выполнения роли подогреваемой прибыли, таким образом, препятствуя ее преждевременному охлаждению за счет теплоизоляционных свойств и протекания экзотермической реакции.

Экзотермические вставки для прибылей обладают важным преимуществом - длительным временем протекания экзотермической реакции, в ходе которой выделяется энергии около  $8 \text{ МДж/кг}$ . Это обстоятельство позволяет в течение длительного времени сохранять металл жидким, при этом зеркало металла в прибыли в течение питания отливки опускается равномерно по всему сечению прибыли, что приводит к сокращению объема металла за счёт отсутствия вытянутой в вертикальном направлении усадочной раковины.

При падении температуры от  $1600^{\circ}\text{C}$  до  $700^{\circ}\text{C}$  теплоёмкость экзотермического материала меняется от  $1331$  до  $1168 \text{ Дж/гр}^{\circ}\text{K}$ , теплопроводность меняется от  $0.71$  до  $0.24 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{K}$ . Необходимо отметить, что теплоизоляционные свойства изотермического материала оболочек превосходят во всём рабочем диапазоне температур свойства экзотермического материала, однако протекание в течение 2-3 минут экзотермической реакции создает дополнительный разогрев металла, что обеспечивает эффективное направленное затвердевание.

Свойства экзотермических вставок:

- Плотность материала  $0,5 \div 0,7 \text{ г/см}^3$ ;
- Остаточная влажность материала  $0,3 \div 0,4 \%$ ;
- Тепловыделение  $\approx 8 \text{ МДж/кг}$ ;
- Температура воспламенения материала  $\approx 1200^{\circ}\text{C}$ .
- Время протекания экзотермической реакции составляет от  $60$  до  $180$  секунд и зависит от массы материала, поступления кислорода в зону горения, условий теплоотвода в окружающую среду. Время горения материала (при массе оболочки  $300 \text{ гр.}$ )  $\approx 120$  секунд.

Повышение выхода годного и плотности литого металла всегда остается в центре внимания литейщиков. Известно, что для компенсации объемной усадки затвердевающей отливки необходимо не более 3-5% жидкого металла. На практике в литейных цехах на прибыли расходуется 30-50%, а в ряде случаев и 100% от массы заливаемого в форму металла. Естественно, что усилия специалистов литейного производства направлены на то, чтобы полностью вывести усадочную раковину в прибыль и одновременно уменьшить ее объем, а следовательно, и расход жидкого металла без ущерба для качества литой заготовки.

В лабораторных условиях были проведены исследования по изучению влияния различных теплоизоляционных и экзотермических добавок на теплопроводность и теплотворность оболочек для прибылей при изготовлении черного и цветного

лится. В процессе исследований изготавливались контрольные оболочки из известных теплоизоляционных смесей (в частности шамота, ваграночного шлака и др.), а также опытные с различным содержанием вспученных перлита и вермикулита, специально обработанной целлюлозы. Сравнение эффективности работы прибылей проводили на контрольных оболочках закрытого типа. Оболочки заформовывали в формы из песчано-глинистой смеси. В полуформу устанавливались вольфрам-ренийевые термопары ВР 20/5 в центр прибыли, а другие непосредственно в форму на расстоянии 8; 15; 25 мм от рабочей полости оболочки-прибыли. Толщина оболочки составляла 20 мм, ее внутренние размеры 200x100x200 мм. После заливки углеродистой стали на потенциометре записывались кривые изменения температуры в прибыли и в разных слоях формы с течением времени.

Продолжительность затвердевания металла в прибыли определяли методом построения температурных кривых охлаждения. Для каждой термопары получали зависимость температуры в данной точке от времени. Процесс охлаждения регистрировался от момента заливки металла в форму до полного затвердевания отливки. По достижении границы затвердевания, движущейся от внешней поверхности прибыли до элементарного объема, фиксируемого спаем термопары, в нем происходят изменения, отмечаемые на температурной кривой в виде перегиба. Получены данные интенсивности охлаждения отливок (прибылей) в зависимости от условий обогрева или теплоизоляции.

Анализ кинетики изменения температурного поля в оболочках и в формах позволил сделать вывод, что наилучшие результаты получены при использовании смеси, в состав которой входят вспученный перлит, вспученный вермикулит, а также специально обработанная целлюлоза. Последний материал применяется в строительной практике для утепления различных конструкций. Разработанные составы позволяют увеличить продолжительность активной работы прибыли примерно на 20-40% по сравнению с прибылью, оформленной из контрольной смеси, при технологической возможности уменьшения объема прибыли в 1,5-2 раза. Меньшее значение относится к оболочке, выполненной из вспученного перлита, что объясняется его меньшей термостойкостью и повышенной теплопроводностью смеси из-за ее оплавления и спекания. При высоких температурах заливки стали она превращается в пористую структуру, что резко ухудшает поверхность прибыли и затрудняет ее отделение от отливки.

Физико-механические свойства теплоизоляционных смесей, определенные по стандартным методикам, имеют следующие показатели:

Смесь на основе вспученного перлита:  $осж = 0,02$  МПа,  $стр = 1,25$  МПа,  $\Gamma = 85$  усл.ед.

Смесь на основе вспученного вермикулита:  $стсж = 0,047$  МПа,  $ор = 1,85$  МПа,  $\Gamma = 190$  усл.ед.

Смесь с добавкой целлюлозы:  $осж = 0,004$  МПа,  $ор = 0,12$  МПа,  $\Gamma = 80$  усл.ед.

На основании лабораторных исследований были проведены производственные испытания на отливке «муфта» (сталь 40Л ГОСТ 977-88). Оболочки закрытого типа для обогрева прибылей изготавливали в специально сконструированном стержневом ящике. Толщина стенки оболочки 15-20 мм. Для вывода газов, образующихся при заливке формы жидким металлом, в верхней части оболочки выполняли два вентиляционных канала диаметром 5 мм каждый. Оболочки подвергались тепловой сушке в печи при температуре 180-200°C в течение 2-х часов. Были изготовлены формы на партию отливок с исследуемыми оболочками из теплоизоляционной смеси с добавкой целлюлозы. Все полученные отливки признаны ОТК годными, не имели усадочных дефектов. После отрезки прибылей их разрезали для определения глубины и формы усадочной раковины. Форма усадочной раковины показывает, что металл находился в прибыли в жидком состоянии до полной кристаллизации отливки. Уровень металла равномерно снижался, на что указывают тонкие стенки в верхней части прибыли, а оставшийся объем жидкого металла (примерно половина прибыли) показывает на определенный технологический запас. В результате применения таких оболочек для обогрева прибылей масса куста отливки снизилась на 72 кг за счет уменьшения расхода металла на прибыли без ухудшения качества металла отливок.

Промышленные испытания показали, что при применении теплоизоляции прибыльной части отливки усадочная раковина полностью выводится в прибыль при гарантированном запасе металла, необходимого для питания отливки. При получении стальных отливок наиболее эффективно утепление прибыли оболочками с добавкой целлюлозы или вспученного вермикулита. На цветном литье аналогичные результаты получены при использовании теплоизоляционной смеси на основе вспученного перлита. Разработанные и опробованные теплоизоляционные смеси открывают широкие возможности их использования при производстве отливок с легкоотделяемыми прибылями, где более высокий

температурный градиент в системе «прибыль-отливка» является одним из главных факторов получения отливок без усадочных дефектов. Технология получения отливок с теплоизоляционными прибылями показала положительные результаты на отливках из цветных сплавов, углеродистых и легированных марок сталей массой до 350 кг. Разработанная технология позволяет снизить расход металла на прибыль на 30-40%, повысить выход годного на 10-15%, а также плотность и механические свойства осевой части отливок [2].

## Вывод

Вставки обладают высокой технологичностью применения и позволяют достигать, при их применении следующих результатов:

- увеличение выхода годного литья на отливках до 80 %;
- снижение металлоемкости формы на 40 %;
- уменьшение технологических припусков на механическую обработку прибыльных мест отливок с 15 – 20 мм до 4 – 5 мм;
- сокращение расхода металлообрабатывающего инструмента;
- снижение трудоёмкости процесса огневой резки прибылей;
- возможность установки прибыли на любые поверхности без нарушения конфигурации отливки;
- повышение качества литья за счет снижения дефектов усадочного характера (раковины, рыхлоты, трещины), а так же по неметаллическим и газовым включениям.

Предлагаемые экзотермические вставки обладают следующими характеристиками:

- низкой температурой воспламенения;
- стабильным горением смеси с регулируемой скоростью;
- увеличенным, не менее чем вдвое, общим временем затвердевания прибылей по сравнению с обычными;
- хорошей тепловой изоляцией смеси после завершения экзотермического процесса;
- отсутствием химического взаимодействия металла со смесью прибыли;
- отсутствием газовыделения при сгорании смеси;
- отсутствием пироэффекта;

- отсутствием механического пригара;
- отсутствие выделения вредных веществ;
- высокой прочностью на всех стадиях процесса;
- высокая газопроницаемость.

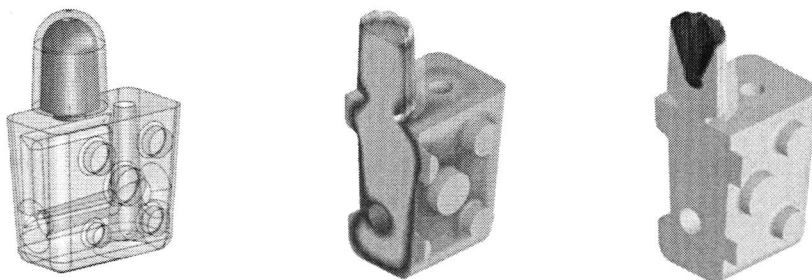


Рисунок 1: Компьютерное моделирование системы питания отливки

По результатам экспериментальных работ был сделан вывод, что предоставленный для испытания материал показал предварительные положительные результаты. Продолжить дальнейшие работы по подбору оптимальных размеров прибыльных частей, с использованием экзотермических вставок, для увеличения выхода годного из литейной формы и уменьшения затрат на производство отливок. Замена обычных прибылей на экзотермические, позволит повысить коэффициент выхода годного при производстве мелющих шаров до 80 %. Из всех представленных на рынке экзотермических вставок большей эффективностью обладают вставки *SQ* поставщик *ООО «Огнеупор-Комплект-НТ»* г. Нижний Тагил, Россия. Вставки *SQ* имеют температуру экзотермической реакции  $670^{\circ}\text{C}$  и поддерживают металл прибыли в жидком состоянии в течение 8 минут. Прибыльные вставки *SQ* уже были опробованы в производстве мелющих шаров и показали себя наилучшим образом.

## Использованная литература

- [1] Василевский П.Ф. Технология стального литья. - М.: Машиностроение, 1974. - 408 с.
- [2] Попов А.Д. Расчет прибылей для отливок. - М.: Машгиз, 1957. - 46 с.