

УДК 621.74.042

Н.Н. Кувшинова

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АЛЮМОТЕРМИИ В ЦЕНТРОБЕЖНОМ ЛИТЬЕ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Приводится описание истории возникновения алюмотермии и применение ее в различных областях промышленности. Рассматривается возможность применения принципа алюмотермии для изготовления отливок посредством центробежного литья.

Ключевые слова: алюмотермия, термитная шихта, железная окалина, центробежное литье, энергосбережение.

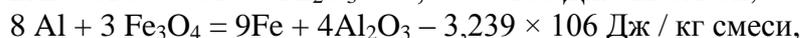
Основу алюминотермии заложил выдающийся русский ученый химик Н. Н. Бекетов в 1865 году, сформулировав принцип получения трудно восстанавливаемых металлов из их оксидов. Он установил, что алюминий при определенных условиях легко восстанавливает из окислов другие металлы, стоящие правее его в таблице напряжений химических элементов.

В качестве оксида металла чаще всего применяют содержащую оксиды железа железную окалину или железную руду.

Окалина включает в себя несколько оксидов железа:

- FeO (закись железа) – с 22,2% кислорода,
- Fe₃O₄(закись-окись железа) – с 27,58% кислорода,
- Fe₂O₃(окись) – с 30,0% кислорода.

Во время восстановления железа из окалины протекают экзотермические реакции, соответствующие уравнениям:



Продуктами реакции являются железо, восстанавливаемое из оксидов (термитная сталь), и оксид алюминия (термитный шлак). Обычно получают 50% железа и 50% шлака.

Алюмотермия в свою очередь дала начало экзотермической сварке и наплавке. В литейной промышленности используют экзотермические вставки для утепления прибылей. В чистом виде металл, выделившийся из железоалюминиевого термита, в литейном производстве используют очень редко. Так, известны единичные случаи фигурного литья: в середине прошлого века из термитной стали был отлит бюст В. И. Ленина [1]. Еще известна технология получения слитков (чушек) термитной стали, служащих основой шихты для стальных и чугуновых отливок [2].

Основными преимуществами технологий, в основе которых лежит алюмотермия, являются энерго- и ресурсосбережение. Экзотермическая реакция после единичного температурного толчка в 1000°C проходит самостоятельно и в течение 20 секунд может выделиться до нескольких тонн металла из шихты. Иными словами, источник энергии для плавления металла не требуется. Ресурсосбережение обусловлено применением в качестве ингредиентов для шихты дешевых порошков вторичного алюминия и отхода металлургического производства – железной окалины.

Существуют и недостатки алюмотермитных процессов. Во-первых, это сложности контролирования горения термитной шихты. Во-вторых, термитная сталь, полученная из чистого железоалюминиевого термита, низкого качества из-за содержания в ней частичек шла-

ка и загрязнений, указывающих на то, что участвовавший в реакции материал был использован не полностью и слабо легирован.

Полученное алюминотермитным способом железо характеризуется малой прочностью ($HB = 300 \text{ Н/мм}^2$) и высокой твердостью ($HB = 1000$) и не годится для сварки или наплавки, поэтому в шихту добавляют различные легирующие добавки.

Технологии экзотермической сварки и наплавки могут быть прототипами для разработки литейных процессов на основе алюмотермии. Например, при наплавке изношенной части рельсов расплавленный термитный металл заливают из тигля на огражденный дефект. При восстановлении зуба экскаватора первоначально готовят форму, повторяющую зуб экскаватора, устанавливают форму на основной металл, засыпают в форму шихту, доводят до реакции – из шихты выделяется присадочный материал и происходит его приварка к основному металлу. Такие технологии сварки (наплавки) получили названия литьем расплавленного металла (тигельный способ) и плавлением.

Применение этих технологий возможно для выплавки отливок простой конфигурации, когда расплав льется из тигля в форму или форму заполняют шихтой, поджигают и расплав формируется непосредственно в форме. Однако при сварке и наплавке металл льется на подогретую поверхность основного металла, а в случае изготовления отливки – в обычную стержневую форму, поэтому высока вероятность образования пор и шлаковых включений.

Для повышения качества отливок можно воздействовать физическими методами во время жидкой фазы и во время кристаллизации металла, но все это значительно повысит затраты, что будет просто не выгодно.

Гораздо больше возможностей открывается при применении алюмотермии в области центробежного литья. Там поры и шлаковые включения могут быть выдавлены под действием центробежной силы.

Существует два основных способа центробежного литья – при вращении формы вокруг горизонтальной оси (рис. 1) и вокруг вертикальной оси (рис. 2) [3].

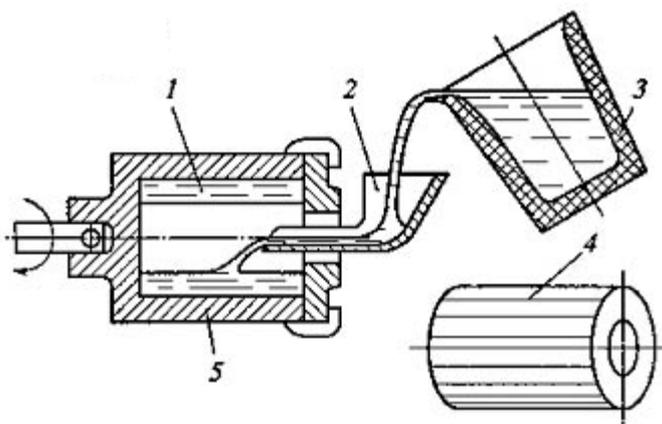


Рис. 1 Схема получения отливки при вращении формы вокруг горизонтальной оси:

1 – расплав; 2 – заливочный желоб; 3 – ковш; 4 – отливка; 5 – форма

В первом варианте получают отливки – тела вращения малой и большой протяженности, во втором – тела вращения малой протяженности и фасонные отливки.

Наиболее распространенным является способ литья пустотелых цилиндрических отливок в металлические формы с горизонтальной осью вращения. По этому способу (рис. 1) отливка 4 формируется в поле центробежных сил со свободной цилиндрической поверхностью, а формообразующей поверхностью служит внутренняя поверхность изложницы. Расплавленный металл 1 из ковша 3 заливают во вращающуюся форму 5 через заливочный желоб 2. Расплавленный металл растекается по внутренней поверхности формы, образуя под действием поля центробежных сил пустотелый цилиндр. После затвердевания металла и остановки формы отливку 4 извлекают.

кают. Данный способ характеризуется наиболее высоким технологическим выходом годного (ТВГ = 100%), так как отсутствует расход металла на литниковую систему.

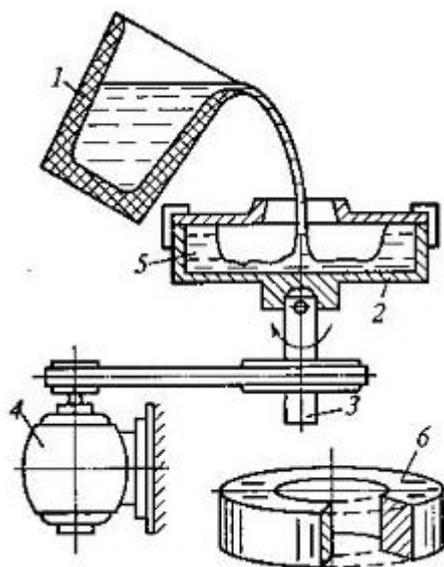


Рис. 2 Схема получения отливок при вращении формы вокруг вертикальной оси:
1 – ковш; 2 – форма; 3 – шпиндель; 4 – электродвигатель; 5 – расплав; 6 – отливка

При получении отливок со свободной параболической поверхностью при вращении формы вокруг вертикальной оси (рис. 2) расплав из ковша 1 заливают в форму 2, закрепленную на шпинделе 3, приводимом во вращение электродвигателем 4. Расплав 5 под действием центробежных и гравитационных сил распределяется по стенкам формы и затвердевает, после чего вращение формы прекращают и извлекают из нее затвердевшую отливку 6.

В обоих случаях расплав заливают в форму и, благодаря вращению формы, формируется отливка.

Существующие схемы получения центробежных отливок допускают возможность залить термитную сталь как из тигля после экзотермической реакции, так и поместить шихту внутрь полости формы еще до ее реакции.

Применение тигельного способа заливки в форму термитной стали усложняется трудностью определения точного времени окончания реакции, так как в целях безопасности работающих реакция должна происходить в закрытом тигле. Поэтому возможно застывание стали прямо в тигле.

При помещении шихты в полость формы возникают сложности с ее зажиганием. Чтобы решить этот вопрос рассмотрим, каким образом решалась проблема зажигания при центробежной наплавке с применением экзотермических смесей.

При наплавке внутрь детали помещают порошкообразную экзотермическую смесь с добавлением легирующих компонентов и запал. Запал состоит из вещества или смеси веществ, воспламеняющихся при трении и спрессованных в брикет. Брикет имеет форму шара, многогранника или шара с шипами. Поджигают смесь после начала вращения детали. После затвердевания наплавленного слоя вращение прекращают [4].

Такую аналогию можно использовать и при изготовлении отливок при центробежном литье. Схематично суть процесса представлена на рис. 3 и поясняется следующим образом.

Внутри формы 1 помещают термитную шихту 2. В шихту могут быть добавлены легирующие элементы, например, в виде порошка. На поверхность шихты 2 помещают запал 3, выполненный из вещества или смеси веществ, воспламеняющейся при трении, в виде брикета в форме шара, многогранника или шара с шипами. Форму 1 приводят во вращение. После начала вращения порошкообразный наплаваемый материал 2 под действием центробежных сил начнет перемещаться относительно обрабатываемой поверхности детали 1, распределя-

ясь по этой поверхности равномерным слоем. Запал 3 также начнет перемещаться относительно обрабатываемой поверхности. Поскольку плотность запала отличается от объемной плотности порошкообразного наплавляемого материала 2, скорости их перемещения будут различными. Следовательно, после начала вращения будет происходить трение запала 3 об форму 1 и об частицы термитной шихты 2. В результате запал 3 воспламенится и нагреет экзотермическую смесь 2 до температуры ее возгорания. Начнется экзотермическая реакция, в результате которой образуется жидкий металл, восстановленный из окисла, в смеси с расплавом легирующих элементов, и шлак - окисел металла восстановителя. Под действием центробежной силы расплавленный металл равномерно распределится по форме 1, а шлак растечется ровным слоем по поверхности жидкого металла. После окончания экзотермической реакции форму 1 продолжают вращать до полного затвердевания наплавленного слоя, после чего вращение прекращают и удаляют шлак, например, путем механической обработки.

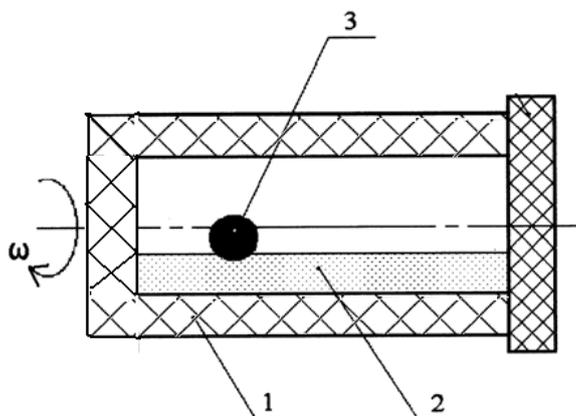


Рис. 3. Схема центробежного литья с использованием экзотермических смесей:
1 – форма; 2 – термитная шихта; 3 – запал

Как пример возьмем технологию центробежного литья подшипника скольжения из Ст. 3 с горизонтальной осью вращения.

Внутрь формы помещают термитную шихту. Состав термитной шихты для рассматриваемого примера может быть следующим, мас. %: Алюминий - 18 – 28; железная окалина - 62 – 70; твердый сплав ПГ-С1 - 1 – 10; карбид титана - 1 – 10. Чтобы эта смесь не расслаивалась под действием центробежных сил на компоненты, имеющие различную плотность, она может быть замешана, например, на жидком стекле, а затем высушена и размолота на гранулы диаметром не более 0,8 мм.

После того как требуемое количество шихты засыпят в полость формы, туда же помещают запал, спрессованный в виде брикета в форме шара, многогранника или шара с шипами. Запал должен состоять из вещества или смеси веществ, легко воспламеняющейся при трении. Примером может служить смесь, состоящая из 25% бертолетовой соли, 50% перекиси марганца, 15% серы и 10% мелкого алюминиевого порошка. После этого форму вращают относительно ее продольной оси со скоростью 1400-1600 оборотов в минуту. Экзотермическая смесь распределяется по обрабатываемой поверхности равномерно под действием центробежной силы. Запал в результате трения о поверхность втулки и о частицы порошка нагревается и воспламеняется. При горении приведенный ранее примерный состав запала может дать температуру 1700... 1800°C. Этого достаточно для начала экзотермической реакции термитной смеси. В результате этой реакции из смеси восстановится чистое железо, которое смешивается с легирующими компонентами, образуя легированную сталь. Алюминий, восстановив железо, окислится и образует шлак Al_2O_3 . Вследствие разницы удельных весов стали и шлака термитная сталь под действием центробежной силы расположится равномерно

ным слоем на поверхности формы. Более легкий шлак расположится на поверхности наплавленного слоя.

После того, как наплавленный металл полностью затвердеет, вращение прекращают. После полной остановки вращения удаляют с внутренней поверхности изделия путем расточки или сверления.

Таким образом, при внедрении алюмотермии в центробежное литье отпадает необходимость в применении источников электроэнергии и в энергозатратах на получение тепла для расплавления металла. Добавление в экзотермическую смесь легирующих компонентов позволяет получать требуемый состав отливки, что обеспечивает его нужные служебные свойства.

Введение внутрь обрабатываемой детали запала, состоящего из вещества или смеси веществ, воспламеняющейся при трении, позволяет отказаться от сложных устройств для поджигания экзотермической смеси, например электронагревателей, которые необходимо вводить внутрь вращающейся детали. Это упрощает процесс литья, обеспечивая возможность его осуществления и повышая его надежность.

Выполнение запала в форме шара или многогранника, или шара с шипами повышает вероятность его воспламенения при трении об обрабатываемую поверхность и частицы порошка наплаваемого материала в различных конкретных условиях наплавки.

Предлагаемый способ центробежного литья с применением экзотермических смесей может быть осуществлен на известном уже оборудовании, применимым для стандартных способов центробежного литья. Кроме того, простота технологии может позволить осуществлять весь процесс, например, на токарном станке или на любом известном вращателе. Для изготовления запала, как это видно из приведенного примера, также могут быть применены известные смеси и известные технологии.

Таким образом, предлагаемый способ центробежного литья с применением алюмотермии обладает промышленной применимостью.

Библиографический список

1. **Малкин, Б. В.** Термитная сварка / Б. В. Малкин, А. А. Воробьев. – М.: Машгиз, 1963.
2. **Кувшинова, Н. Н.** Актуализация внедрения алюмотермии как ресурсо- и энергосберегающей технологии в сталелитейную промышленность / Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Специальный выпуск: «Безопасность. Технологии. Управление», 2007. Т 1. – Самара: издательство Самарского научного центра РАН, 2007. С. 168–175.
3. **Гини, Э.Ч.** Технология литейного производства. Специальные виды литья : учебник / Э.Ч. Гини, А. М. Зарубин, В. А. Рыбкин; под ред. В.А. Рыбкина. – М.: Академия, 2005. – 352 с.
4. Пат. РФ № 2129057. Способ центробежной наплавки / Кувшинова Н. Н., Казаков Ю. В.М. Кл. В22Д19/10, В23К23/00. – 96119909/02; Заявл. 01.10.96; Оpubл. 20.04.99, Бюл. № 11.

*Дата поступления
редакцию 11.12.2014*

N. N. Kuvshinova

THE POSSIBILITY OF ALUMINOTHERMIC PROCESS APPLICATION IN CENTRE DIE CASTING

Nizhny Novgorod state technical university n. a. R. E. Alexeev

The history of aluminothermics and fields of application are described. The possibility of aluminothermy application for cast production by means of centrifugal (centre die) casting process is studied.

Key words: aluminothermy, thermit charge, iron dross, centre die (centrifugal) casting, energy saving.