

2. ГОСТ 25584–90. Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации. М.: Изд-во стандартов, 1990.

3. Фурман Е. Л., Финкельштейн А. Б., Казанцев С. П. Пористый литой алюминий: Опыт разработки технологии // Совершенствование литейных процессов. Екатеринбург, 1997. С. 22–27.

**И. Е. Фурман,
Р. К. Мысик**

ЛИТЬЕ ПРУТКОВ ДЛЯ НАПЛАВКИ ИЗ КОБАЛЬТОВЫХ СПЛАВОВ

Одними из важнейших задач машиностроения являются снижение материалоемкости продукции, повышение срока службы и технического уровня выпускаемых машин, их надежности, удлинение межремонтных периодов. В большинстве случаев выход из строя деталей машин обусловлен локальным изнашиванием рабочих поверхностей в местах интенсивного взаимодействия с рабочей средой или сопряженной деталью. При этом изменение первоначальных размеров деталей в большей степени зависит от поверхностной прочности, которая является не менее важной характеристикой, чем объемная. Высокая поверхностная прочность при эксплуатации деталей часто должна сочетаться с пластичностью сердцевинных областей. Обеспечить такой комплекс свойств, используя для изготовления только один сплав, не всегда удается, а в некоторых случаях это становится экономически не обоснованным. Одним из способов повышения износостойкости деталей является наплавка и напыление специальных сплавов на поверхность детали.

Поверхности деталей машин, работающих при повышенных температурах и в агрессивных средах, наплавляют специальными высоколегированными сплавами, содержащими обычно от 30 до 90% легирующих элементов. Этот способ оправдал себя при изготовлении многих деталей машин, например пил, ножей для резки горячего металла, седел клапанов, клапанов двигателей, подшипников, шарошечных долот. Для упрочнения деталей, работающих в условиях значительного нагружения и высоких температур, используют наплавку высоколегированными кобальтовыми сплавами – стеллитами.

Сплавы этого типа выпускают в виде прутков различных размеров и применяют главным образом для наплавки рабочих поверхностей быстро-

изнашивающихся деталей, штампов и др. Для стеллитов характерна высокая коррозионная стойкость против влияния атмосферы, морской воды, ряда кислот и щелочей. Стеллиты могут работать длительное время при температуре 800 °С и выше и противостоять окислению. В силу этого они, в частности, нашли применение для изготовления арматуры высокого давления.

Срок службы деталей, наплавленных стеллитами, увеличивается в среднем в 2-4 раза, а в отдельных случаях и больше. Стеллиты хорошо поддаются механической обработке шлифовкой, давая при этом ровную, гладкую поверхность. Эти сплавы находят применение для наплавки таких деталей, от которых требуется ровная поверхность, например штампов (вытяжных матриц, гибочных пуансонов, штампов для цоколей и др.).

На сегодняшний день существует несколько способов получения наплавленных материалов из стеллитов. Прутки получают литьем в металлический кристаллизатор, в песчано-глинистые формы, точным литьем, а также литьем в кокиль.

Отливка в песчано-глинистые формы имеет много недостатков: пригар смеси к поверхности отливки, низкий выход годного, необходимость установки массивных прибылей, приготовления формовочной смеси. В настоящее время этот способ не применяется.

Точное литье обладает преимуществами (достаточно высокая чистота поверхности отливки, возможность получения любой конфигурации отливки), но является дорогим и трудоемким способом литья. Он применяется в том случае, если целесообразно получить готовую деталь сложной конфигурации.

Литье в металлический кристаллизатор позволяет получать гладкую поверхность, не требует применения дорогостоящих формовочных материалов и противопригарных красок, имеет достаточно высокую производительность, обеспечивает однородность химического состава, свойств и размера сечения по всей длине отливки. Однако этим способом не удастся получить качественные прутки диаметром менее 4 мм, а также полностью исключается возможность изготовления прутков диаметром менее 2,8 мм. Это связано с высокой теплопроводностью сплава. Его температура во время протяжки держится на уровне температуры ликвидуса, при которой жидкотекучесть сплава очень мала.

Отливка в металлические формы (кокили) обладает теми же недостатками, что и предыдущий способ. Кроме того, производительность и вы-

ход годного при применении этого способа ниже, а основным его недостатком является присутствие облоя по разьему кокиля.

С учетом вышеизложенных недостатков авторами предложена технология получения литых наплавочных прутков из сложнoleгированных сплавов методом вакуумного всасывания расплава в кварцевые трубы различного диаметра. Это позволяет получить прутки диаметром до 1,4 мм, что является очень важным, так как при упрочнении наплавочными прутками поверхностей тонкостенных деталей возникают некоторые особенности. Во время наплавки прутком наплавляемый сплав находится в жидком состоянии на поверхности детали достаточно малое время. Этому времени недостаточно для прохождения диффузионных процессов, за счет которых происходят фазовые превращения. В результате фазы, присутствующие в наплавочных электродах, окажутся и в наплавленном слое детали. Поскольку фазы, входящие в состав сплава, определяют его свойства, фазовый состав наплавочных электродов определяет свойства наплавляемых покрытий деталей. Значит, для получения качественных покрытий необходимо получать электроды с определенным фазовым составом. Этому можно добиться, регулируя условия плавки, заливки, охлаждения и предварительной подготовки форм.

С целью отработки технологии литья стеллитовых прутков вышеуказанным методом было изучено влияние температуры металла, давления и химического состава сплава на жидкотекучесть одного из самых популярных сплавов стеллита ВЗК в кварцевых трубках различного диаметра и толщины стенки.

С помощью использования программных продуктов «Flow 3D» и «LVM Flow» были изучены режимы заполнения кварцевых трубок расплавленным стеллитом. Эксперименты показали, что при значительных перегревах порядка 200–250 °С можно получать прутки при незначительных перепадах давления: прутки диаметром 6 мм – при перепаде давления 0,3–0,4 атм; прутки диаметром 4 мм – 0,5–0,6 атм; прутки диаметром 2 мм – 0,7–0,8 атм.

Однако при высоких температурах заполнения образуется концентрированная усадочная раковина, которая способствует ухудшению наплавляемости. Величина усадочной раковины в основном зависит от температуры заливки. «Здоровая» отливка получается при температуре заливки 1380–1420 °С. Кроме того, несмотря на использование покровного шлака, при высокой температуре возможно насыщение сплава газами, что приводит при наплавке к возникновению газовых раковин и пор в наплавленном слое. Поэтому изготовление прутков лучше всего производить при

температуре 1380–1420 °С. Рекомендуемые перепады давления при заливке электродов диаметром 6 мм составляют 0,7 атм, при заливке электродов диаметром 4 мм – 0,8 атм. Электроды диаметром 2 мм целесообразно отливать при разрежении 0,9 атм. При больших перепадах давления происходит фонтанирование расплава на периметре смачивания, что ведет к значительному захвату газов металлом и возникновению дефекта как в прутках, так и в наплавленном ими слое.

Было изучено влияние толщины стенки кварцевых трубок на жидкотекучесть расплава. Эксперименты показали, что увеличение толщины стенки от 0,5 до 5,0 мм приводит к уменьшению жидкотекучести на 20%. Поэтому с точки зрения жидкотекучести лучше использовать трубки с минимальной толщиной стенки. Однако такие трубки при температурах заливки обладают низкой прочностью и деформируются, так что извлечь из них готовый пруток без разрушения трубки становится невозможным. Наилучшие результаты получены на трубках с толщиной стенки порядка 2 мм для изготовления прутков диаметром от 4 до 8 мм. Для изготовления прутков диаметром от 1,4 до 3 мм оптимальная толщина стенки трубки составляет порядка 1 мм. При этом наблюдается достаточно высокая жидкотекучесть, а высокая прочность позволяет использовать такие трубки при температуре заливки до 1400–1450 °С без заметной деформации.

При вакуумном всасывании над поверхностью металла возникает разрежение, что приводит к выделению газовых пузырьков в металле, однако из-за большой высоты столба металла в прутке и высокой скорости кристаллизации всплытие выделившихся пузырьков становится невозможным. Это приводит к возникновению дефектов в наплавленном слое. Поэтому для изготовления прутков необходимо использовать расплав с низким содержанием газов, в основном кислорода и водорода. Сплав выплавляется под флюсом (бой стекла), однако его применение не гарантирует полной защиты расплава от газовой среды. Кроме того, насыщение металла газами возможно и из футеровки, тем более что выплавка стеллитов продолжается более 1,5 ч из-за медленного растворения вольфрама в сплаве. Поэтому для удаления газа из сплава нами предложено проводить двойной переплав, т. е. сначала получать из чистых материалов сплав, а затем переплавкой более чистый материал для отливки прутков.

Для первичной плавки шихтовые материалы в печь загружаются в следующем порядке: электродный бой, хром, вольфрам, кобальт, ферро-

силиций, алюминий. Первым загружается на дно печи электродный бой, затем хром. Когда расплавятся все легирующие элементы, температура ванны поднимается до 1500 °С, вводятся раскислители ферросилиций и ферромарганец. Затем делается выдержка металла в течение 15 мин. Оптимальная температура после раскисления и перед выпуском сплава составляет 1550–1560 °С.

На основании экспериментов, проведенных на предприятии ООО «Литейное производство Уралбурмаш», создана опытно-промышленная установка для литья наплавочных прутков из стеллитов. Основным недостатком разработанной технологии является невозможность получения равномерной структуры в прутках по всей их длине, а значит, и одинаковой твердости. Действительно, нижняя часть прутка находится в контакте с жидким металлом значительно дольше, чем верхняя, поэтому скорости кристаллизации верхней и нижней частей прутка заметно отличаются. Использование специальных модификаторов позволяет в значительной мере устранить указанный недостаток.

**Г. Н. Плотников,
С. А. Красильников**

ИЗГОТОВЛЕНИЕ КРУПНЫХ ОТЛИВОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АГРЕГАТА ВНЕПЕЧНОГО РАФИНИРОВАНИЯ СТАЛИ

Внепечное рафинирование является одним из эффективных способов повышения качества стали. Металлургическим заводом ООО «Уралмаш – Спецсталь» освоен новый агрегат «печь – ковш» (АПК) внепечной обработки стали. Конструкция агрегата, созданного совместным трудом специалистов фирмы «Фукс системтехник» (Германия) и ООО «Уралмаш – Спецсталь», позволяет проводить процессы доводки и внепечного рафинирования стали с продувкой аргоном в специальных разливочных ковшах емкостью 30 и 100 т с шиберными затворами, управляемыми электрическими приводами.

Технологические возможности АПК позволяют производить десульфурацию стали до получения содержания серы не более 0,003%, точно контролировать и обеспечивать заданный химический состав, быстро нагревать расплавленный металл до необходимой для разливки температуры