

На воздухе чугун марки СЧ сохраняет повышенную стойкость при температурах до 450–500 °С, а в атмосфере печных газов лишь до 350 °С, в атмосфере водяного пара не выше 300 °С. Явление роста в высокопрочном чугуне с шаровидным графитом (ВЧШГ) практически не наблюдается при температурах до 400–500 °С.

При более высоких температурах следует применять специальные легированные чугуны. Наиболее часто для повышения жаростойкости используют легирование Si, Al и Cr.

Влияние Si и Al на окалинстойкость и ростоустойчивость чугуна не однозначно. При небольших добавках этих элементов в обычный чугун с пластинчатым графитом рассматриваемые свойства ухудшаются. Даже незначительное количество Si в белых чугунах резко понижает их жаростойкость. Однако при достаточно высоком содержании Si и Al стойкость чугуна против окисления и роста резка повышается.

Благоприятные результаты действия высоких концентраций Si на окалинстойкость и ростоустойчивость связаны с получением стабильной структуры графит + кремнеферрит. По мере увеличения содержания Si критические точки располагаются при более высокой температуре. Так, при 6 % Si точка D_c располагается около 950 °С, а при 7% Si – около 1000 °С. Кремний, входя в твердый раствор, повышает температуру образования непрочной вюститной фазы (Fe_3O_4), т. е. увеличивает стойкость металлической основы против окисления.

На уменьшение роста и окисления отливок хром влияет уже при небольших количествах (0,5–1,5%). Ввод хрома в таких количествах тормозит графитизацию эвтектоидного цементита, измельчает включения графита и повышает сопротивляемость окислению металлической основы вследствие повышения температуры образования вюститной фазы. Максимального уровня эти свойства достигают при Cr > 15 %. Большинство жаропрочных хромистых чугунов (> 10% Cr) относятся к типу белых чугунов.

Никель повышает жаростойкость даже при относительно небольших добавках (до 1,5–2,0). Однако это влияние ощутимо лишь в области относительно низких температур. Жаростойкость непрерывно повышается с ростом концентрации в них Ni. Жаростойкими при 1220 К являются чугуны, содержащие не менее 25 % Ni. При таких концентрациях никеля чугуны имеют однофазную аустенитную структуру металлической основы.

УДК 621.762; 621.791.92

Сплавы из металлических отходов производства для наплавки токами высокой частоты

Магистрант Приходько Н.А.
Научный руководитель – Щербаков В.Г.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

За 25 лет [1–3] исследовано и изучено получение, и применение диффузионно-легированных (ДЛ) сплавов из металлических отходов производства. ДЛ сплавы используют при восстановлении и упрочнении деталей машин, что особенно актуально для изделий, работающих в условиях интенсивного абразивного изнашивания. Однако, данные сплавы имеют ограниченное использование при формировании износостойких покрытий наплавкой токами высокой частоты (ТВЧ). Это связано с наличием тугоплавкой боридной оболочки на каждой частице сплава. В сплавах на железной основе, оболочка состоит из боридов железа, а в легированных сплавах в оболочке присутствуют более тугоплавкие бориды. Согласно авторам [1–3] необходимо не назначать сплавы из ограниченного, а в ряде случаев устаревшего перечня серийно выпускаемых, а оперативно проектировать и изготавливать партии высокоэффективных сплавов для конкретных производственных ситуаций.

Анализ литературных данных и собственные исследования [1–6], позволили предложить способ структурообразования в ДЛ сплавах, заключающийся в образовании эвтектиче-

ских структур, за счет эффекта контактного эвтектического плавления, при кратковременном электродуговом оплавлении, способствующих повышению наплавляемости сплава при наплавке ТВЧ.

В качестве исходных сплавов для исследований были выбраны отходы чугунной дроби, образующиеся при дробеструйной обработке деталей и при электроэрозионной обработке отливок из высокохромистого чугуна. Для ДЛ использовали карбид бора (B_4C). ДЛ чугунных сплавов проводили на специальной установке [7]. Соотношение количества насыщающей смеси к насыщаемому сплаву при борировании составляло 1:10 масс. Температура ДЛ чугунной дроби изменялась в интервале 900...1000 °С, продолжительность обработки составляла, в среднем, 60 мин. Наплавку ТВЧ ДЛ сплавов проводили на установках ВЧГ2-100/0,066 и ФТИ-40/10-50 [8]. Упрочняемым материалом являлись пластины из углеродистой (Сталь 40) и марганцовистой (Сталь 65Г) сталей. Продолжительность наплавки контролировали визуально по цвету свечения нагретого сплава, моменту образования жидкой ванны расплава и с помощью пирометра «Compact» CТLaser-2МН-СF4. Электродуговое оплавление ДЛ сплавов проводили на установке с двумя графитовыми электродами [9]. Наплавляемость ДЛ сплавов, подвергнутых электродуговому оплавлению, анализировали на металлических пластинах из низкоуглеродистой стали (Ст2).

Анализ микроструктуры и микротвердости ДЛ сплавов после оплавления позволяет прогнозировать количество эвтектических структур в ДЛ сплаве после оплавления и подвергать их дополнительной обработке перед наплавкой ТВЧ. Оценка влияния количества эвтектической составляющей в ДЛ сплаве на наплавляемость, за счет анализа времени образования жидкой ванны при наплавке по стандартным режимам позволила установить, что без предварительного оплавления на поверхности детали формируется несплошное дефектное покрытие с отсутствием участков сплавления с основным металлом. Наплавка ДЛ сплавов после электродугового оплавления по тем же режимам, формирует на поверхности детали сплошные покрытия с минимальной пористостью.

Установлено, что, регулируя силу тока при электродуговом оплавлении ДЛ сплавов из чугунной дроби в каждой отдельной частице можно сформировать эвтектические структуры, обладающие пониженной температурой плавления. Твердость покрытий из ДЛ сплавов на основе чугунной дроби составляет 830 HV и 920 HV, соответственно. Данная твердость обусловлена наличием в наплавленной структуре легированных боридов железа, боридов хрома, бороцементита и легированного хромом и никелем бороцементита. Пористость в слоях незначительная и составляет порядка 2...3 %. У линии сплавления металл имеет четко выраженную дендритную структуру.

Установлено, что электродуговое оплавление ДЛ сплавов повышает наплавляемость при наплавке токами высокой частоты и полученные покрытия обладают минимальной пористостью (2...3 %), твердостью 830...920 HV.

Список использованных источников

1. Пантелеенко, Ф.И. Самофлюсующиеся диффузионно-легированные порошки на железной основе и защитные покрытия на них / Ф.И. Пантелеенко. – Минск: УП Технопринт, 2001. – 300 с.
2. Ворошнин, Л.Г. Теория и практика получения защитных покрытий с помощью ХТО / Л.Г. Ворошнин, Ф.И. Пантелеенко, В.М. Константинов. – Изд. 2-е. – Минск: ФТИ; Новополоцк: ПГУ, 2001. – 148 с.
3. Восстановление деталей машин: Справочник / Ф.И. Пантелеенко [и др.]; под ред. В.П. Иванова. – М.: Машиностроение, 2003. – 672 с.
4. Щербаков, В.Г. Диффузионно-легированные сплавы из металлических отходов производства с пониженной температурой плавления для формирования износостойких покрытий индукционной наплавкой токами высокой частоты / В.Г. Щербаков // Литье и металлургия. – 2016. – № 4. – С. 89–95.

5. Щербаков, В.Г. Оценка влияния режимов оплавления на структурообразование в диффузионно-легированных сплавах для индукционной наплавки / В.Г. Щербаков // *Металлургия: Республиканский межведомственный сборник научных трудов.* – Минск: БНТУ, 2017. – Вып. 38 – С. 178–187.

6. Константинов, В.М. Комплексное обеспечение долговечности корпуса почвообрабатывающего плуга поверхностным и объемным упрочнением быстроизнашиваемых деталей // *Перспективные материалы и технологии / В.М. Константинов, Г.А. Ткаченко, В.Г. Щербаков; НАН Беларуси, УО «ВГТУ»;* под общ. ред. В.В. Клубовича. – Витебск, 2017. – Гл. 17. – С. 324–341.

7. Вращающаяся электрическая печь для химико-термической обработки сыпучего материала: пат. ВУ 15412 / В.М. Константинов, О.П. Штемпель, В.Г. Щербаков. – Оpubл. 28.02.12.

8. Константинов, В.М. Многофункциональная научно-исследовательская установка индукционного нагрева сталей и сплавов / В.М. Константинов и [др.] // *Металлургия: Республиканский межведомственный сборник научных трудов.* – Минск: БНТУ, 2015. – Вып. 36 – С. 255–262.

9. Установка для обработки металлического порошка: пат. ВУ 10051 / В.М. Константинов, В.Г. Дашкевич, В.Г. Щербаков. – Оpubл. 30.04.2014.

УДК 621.785.68

Ресурсосберегающий технологический процесс термической обработки крупногабаритных штампов

Студент гр.10405514 Пацеко Е.К., гр. 10401116 Моисеева А.Ю.

Научный руководитель – Вейник В.А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Для изготовления крупногабаритных штампов применяются заготовки из сталей 5ХНМ, 5ХНВ. Они закаляются на мартенситную структуру при охлаждении в масле и горячих средах. Оптимальный температурный интервал под закалку для этих сталей составляет 850–880 °С. Получаемая твердость после закалки – 61–53 HRC для стали 5ХНВ и 62–63 HRC – для стали 5ХНМ при охлаждении в масле. В случае охлаждения стали 5ХНМ на воздухе твердость достигает 56-58 HRC. Величина зерна аустенита, получаемого в данном интервале температур, составляет 8–12 баллов.

Закончив нагрев, штампы закаляют в масле: погружают в бак, производят их покачивание, а затем оставляют висеть при включенной циркуляции масла.

Охлаждение в масле крупногабаритных штампов массой более 1 т не позволяет получить высокие твердость и прокаливаемость, а также требует большого расхода масла. Водовоздушная смесь позволяет устранить эти недостатки, поскольку возможно изменение охлаждающей способности в зависимости от размеров штампа.

Отпуск штампов производится сразу после закалки (разрыв во времени 0,5–2 ч). Наиболее часто применяют двухкратный отпуск: сначала отпускается штамп целиком для получения закалочной твердости гравюры, а затем в специальной печи происходит отпуск хвостовика.

Данный технологический процесс требует наличия газовой печи для закалки и отпуска, печи-плиты (щелевой печи) для отпуска хвостовика и масляной ванны с системами перемешивания и отвода паров. Время термической обработки одного штампа составляет 63,5–85,0 ч в зависимости от размера закаливаемого штампа.

Проведенные в НИИЛ «Гидропневмосистем и нефтепродуктов» БНТУ в рамках ГНТП «Ресурсосбережение» исследования показали, что водовоздушная смесь в качестве закалоч-