

При проведении микроскопического анализа излома в сечении по оси штока была выявлена карбидная неоднородность стали, которая соответствует 3 баллу, что соответствует необходимым технологическим требованиям. Измерение твердости методом Роквелла различных частей штока выявило следующее:

1. Твердость шлифованной поверхности составляет 51-52 HRC, что соответствует температуре отпуска 500 – 550 °С. Для стали 95X18 данная температура отпуска находится в интервале температур отпускной хрупкости 1-го рода (450 – 600 °С), что значительно увеличивает склонность стали к хрупкому разрушению. Поэтому данной температуры отпуска следует избегать.

2. Твердость нешлифованной поверхности составляет 31-39 HRC. Более низкая твердость этой поверхности по отношению к шлифованной объясняется выгоранием углерода с поверхности детали при ее нагреве под закалку в окислительной (воздушной) атмосфере печи. Этим объясняется повышенная сминаемость резьбы из-за пониженной прочности стали в поверхности по причине пониженного содержания углерода.

Толщина обезуглероженного слоя составляет 0,4 мм и полное обезуглероживание (100 % феррита, рис.2) составляет ~ 0,1 мм. Наличие феррита на поверхности резко уменьшает прочность, что способствует зарождению трещины.



Рисунок 2 – Микроструктура обезуглероженного слоя стали 95X18

Проведенные испытания штока на ударный изгиб позволили установить ударную вязкость материала штока, которая равнялась 15 Дж/см². Эти значения вязкости подтверждают наличие отпускной хрупкости. Сталь закаленная с отпуском 200°С имеет КСУ 26,5 Дж/см², представленный шток 15 Дж/см², что почти в 2 раза меньше.

По результатам проведенной экспертизы можно сделать следующие выводы:

1. Причины хрупкого разрушения штока – неправильный выбор режимов термической обработки стали 95X18, приводящий к низким значениям вязкости.

2. Причиной сминаемости резьбы является нагрев стали под закалку в окислительной среде. Наличие ферритного слоя на поверхности способствует зарождению трещины.

3. Для изготовления представленного на экспертизу штока необходимо подобрать правильные режимы термической обработки, обеспечивающие высокую коррозионную стойкость и оптимальное сочетание прочности и вязкости.

УДК 669.14

Исследование возможности применения хромистых сталей для изготовления питателей установок по выпуску минеральной ваты

Студенты гр.104216 Белько О.С., Валуй А.А.
Научные руководители – Стефанович А.В., Борисов С.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В настоящее время в теплоэнергетике, строительстве и других отраслях промышленности в качестве теплоизолятора широко применяют минеральную вату, полученную из расплава шлаков и горных пород. Для ее изготовления используется базальт, как наиболее легкоплавкое сырье.

Базальты содержат 45-55%SiO₂, 25%Al₂O₃, остальное составляют окислы железа, магния и других сопутствующих элементов.

Базальт расплавляется при помощи газовых горелок в специальных установках, футерованных магнетитом. В нижней части установки расположена металлическая плита – питатель – размерами 400x120x10 мм. Через отверстия диаметром 1,2 мм, равномерно расположенные на расстоянии 4-5 мм, пропускается расплав базальта, достигающий температуры 1300°С, который, застывая, при охлаждении воздухом, образует минеральную вату. Для предотвращения застывания расплава в отверстиях питатель нагревается выше 1100°С пропусканием тока от понижающего трансформатора.

Так как питатели работают в условиях высоких температурах и агрессивной окислительной среды их изготавливают из платины, которая обладает высокой температурой плавления – 1769°C и высокой коррозионной стойкостью. Срок их службы достигает 2-3 месяцев в условиях трехменной работы производства.

Уменьшение времени работы до разрушения происходит из-за нарушения технологических параметров установки. Уровень расплава в установке должен поддерживаться постоянным за счет постоянной подачи измельченного сырья. При уменьшении уровня расплава питатель подвергается перегреву, что приводит к уменьшению его работоспособности.

Истечение срока эксплуатации объясняется эрозией поверхности отверстий при взаимодействии с расплавом базальта и общей деформацией за счет явлений ползучести. Из-за этого явления могут появиться трещины, что приводит к протеканию расплава базальта между футеровкой и питателем, а также через трещины в питателе.

В виду дороговизны платины, были проведены исследования возможности использования сплавов, удовлетворяющих необходимым требованиям: высокая температура солидуса, во избежание диффузионной ползучести, и увеличение высокотемпературной прочности. При применении сплавов также повысится жаропрочность по отношению к чистым металлам из-за повышения температуры рекристаллизации.

Изготовление питателей из тугоплавких металлов (W, Mo, Nb, Ta) и их сплавов невозможно из-за высокой окисляемости.

Срок службы питателей из жаропрочных сталей 08X18H10T(ЭИ 914) и 20X25H19C2 ограничился 2 днями, что объясняется низкой температурой поверхности солидуса (1430°C и 1390°C, соответственно), которая из-за содержания углерода будет еще ниже.

Питатель, изготовленный из нихрома X20H80, также не показал высокой стойкости. Температура солидуса составляет 1400°C, что позволяет увеличить время использования до 3-4 дней.

Низкая стойкость сталей содержащих никель, кроме низкой температуры солидуса, может объясняться взаимодействием основных окислов никеля с кислой окисной средой базальта, что также приводит к усиленной эрозии поверхности отверстий питателя.

Элементы в системе железо-хром образуют неограниченный ряд твердых растворов при содержании хрома свыше 12%. Минимальная температура солидуса для сплава содержащего 22-23% хрома составляет 1510°C. Поэтому питатели, изготовленные из стали 15X25T(ЭИ 439), работают без разрушения 20-30 дней, что экономично более выгодно, нежели применение платиновых питателей.

Однако питатели из стали 15X25T выходят из строя за счет эрозии отверстий для пропускания расплава. Подвергаясь эрозии, отверстия увеличиваются до диаметра 2-х и более миллиметров, что часто ведет к их соединению, и как следствие – брак продукции, так как волокно становится очень грубым. Кроме этого, отверстия теряют правильную форму, происходит рост зерна. Окислы, сосредотачиваясь по границам зерен, приводят к резкому охрупчиванию стали.

Было предложено провести диффузионное хромирование, для повышения срока работы питателей, изготовленных из стали 15X25T, за счет увеличения содержания хрома в поверхностной зоне отверстий.

Для исследования влияния диффузионного хромирования на эрозионную стойкость провели насыщенные образцов смесями различного состава при температуре 1050°C в течение 5 часов.

Составы хромирующих смесей:

1. 100 % (50 % феррохрома марки X75+50%Al₂O₃)+1,5%NH₄Cl;
2. 100 % (30 % Al₂O₃+21%Al+49%Cr₂O₃)+0,5%NH₄Cl – алюмотермическая смесь.

Толщина хромированного слоя, полученного в смеси 2 составляет 120-130 мкм. Структура слоя состоит из α-твердого раствора и небольших включений σ-фазы в поверхностной части слоя.

Смесь 1 оказалась более активной, толщина слоя составляет 140-150 мкм. Структура состоит из основной зоны α-твердого раствора и поверхностной зоны σ-фазы (FeCr), что свидетельствует о содержании в поверхностной зоне около 50% хрома.

Это позволяет свести к минимуму влияние агрессивной окислительной среды, тем самым увеличить эксплуатационные показатели.

УДК 539; 537.8

Экспериментальное изучение наноструктуры алюминиевых литейных сплавов

Студенты гр. 641251 Шеленева О.В., гр. 631251 Ермолаев А.В.

Научный руководитель – Вальтер А.И.
Тульский государственный университет
Россия, Тула

Повышение качества сплавов имеет первостепенное значение для всех отраслей современного машиностроения, так как позволяет увеличить срок службы изделий, снизить их металлоемкость. Решение этой