

полем напряжений, в котором деформационная часть энергии цикла уменьшается в противовес увеличению термического вклада. В ходе пластического деформирования у включений, происходит коалесценция близко расположенных плоскостей при их непосредственном слиянии или в результате распространения трещины между ними. Аномально крупные частицы, имеющие размер более 5 мкм, разрушаются непосредственно скалыванием и, таким образом, инициируют последующее разрушение примыкающих объемов зерен.

С другой стороны показано, что малые твердые включения в диффузионных зонах могут играть и позитивную роль в процессах трещинообразования как на стадии формирования предтрещинных "белых" полос, так и непосредственно на этапах зарождения и распространения трещин. В первой схеме, при условии, что размер нитрида или карбонитрида незначительно отличается от поперечного сечения стержневых предтрещинных полос, возможно искривление траектории распространяющейся микроскопической трещины. Дальнодействие подобных "встречных" концентрационных полей составляет от 1,5 до 2-х средних размеров дисперсных включений. При определенной и высокой плотности частиц возможно протекание процессов ветвления трещин или их торможение в магистральном направлении.

Анализ топографии проявления сдвигового механизма разрушения путем формирования "стержневых" полос с аморфизированной структурой показал, что микротрещины формируются на глубине диффузионных зон 20...50 мкм, на которой наблюдаются наименьшие объемы дисперсных частиц и, наоборот, наиболее протяженные поля α -фазы.

В слабогетерогенных объемах поверхностного нитрированного слоя может образовываться составная магистральная трещина. Трещинные ступеньки объединяются между собой стержневыми трещинами. При соответствующих условиях каскадная микротрещина сможет иметь предпочтительное развитие и трансформироваться в магистральную.

В сильногетерогенных сечениях диффузионных зон, где превалирующим механизмом разрушения является гетерогенное расслоение, возможна картина многоочаговой повреждаемости гетерогенных объемов с последующим формированием одной магистральной трещины. Составными элементами подобного разрушения являются: микротрещины отрыва, зарождающие в концентрационных полях крупных частиц нитридов или карбонитридов, и последующее их слияние.

УДК 531:539.311:621.891

Кристаллизационные особенности наплавочных кремнесодержащих материалов

Студент гр.420691 Фролов А.С.
Научный руководитель – Фомичева Н.Б.
Тульский государственный университет
г.Тула

Целью настоящей работы является изучение структурных особенностей наплавочных железо-хром-никелевых материалов, дополнительно легированных кремнием. Технология проведения процесса плазменной наплавки отличается от традиционного метода получения упрочненных мартенситно-стареющих сталей. Более высокая скорость охлаждения при образовании наплавочных слоев, а также различный теплоотвод при нанесении наплавочных материалов на основу способствуют созданию метастабильного, неравновесного состояния, отличающегося от литых сталей структурой, фазовым составом и свойствами.

После кристаллизации наплавов микроструктура представляет собой первичные дендриты мартенсита и остаточный аустенит, сохранившийся в междендритных прослойках. Наблюдается тенденция к увеличению разветвления первичных дендритов и уменьшению количества остаточного аустенита по мере увеличения содержания кремния. Кремний оказывает определенное и закономерное воздействие на процессы структурообразования при кристаллизации. Увеличение содержания кремния до 8 % устраняет ярко выраженную дендритную ликвацию наплавки. Возможной причиной, обуславливающей устранение дендритной ликвации, может быть процесс образования оксидов кремния. Кремний, обладая большим сродством к кислороду, взаимодействует с ним, образуя включения кремнезема. Металлографические исследования наплавочных материалов позволили обнаружить включения, имеющие продолговатую форму, располагающиеся вдоль границ. Они появляются в структуре наплавки уже при концентрации 4 % кремния, но сплошную сетку по границам зерен образуют при содержании кремния около 8%. Включения имеют неправильную вытянутую форму и голубоватую окраску.

Выделение оксидов кремния препятствует образованию длинномерных осей первого порядка, формирующих оси дендритов. В наплавочных материалах были обнаружены кристаллы кубической формы, золотистого цвета с размерами кристаллов порядка 2 мкм. Согласно металлографическим исследованиям, а также опираясь на результаты проведенного фазового анализа, эти включения были идентифицированы как фаза нитрид титана. Нитрид титана образуется при наплавке, при которой титан энергично связывает растворенный в материале азот. Азот в наплавленном слое находится как в связанном (нитрид титана), так и в газообразном, растворенном в α -фазе состояниях. Формирование избыточных фаз в виде нитрида титана является специфической особенностью процесса плазменной порошковой наплавки. Дисперсионное упрочнение за счет образования силицидов, оксидов кремния и нитрида титана повышает твердость наплавов: добавление 6-8 мас% ведет к повышению твердости в 1,5-1,7 раза. Таким образом, несмотря на образование в наплавочных материалах, содержащих более 4 мас.% кремния, более пластичного феррита твердость повышается за счет образования гетерогенной структуры легированного дисперсионно-упрочненного феррита. В сплавах, с концентрацией кремния до 4 мас.% получена не упрочненная дисперсными частицами структура ($\alpha+\gamma$)-фаз.

Стали пониженной прокаливаемости (стали "ПП") для метода объемно-поверхностной закалки

Студент гр. 104216 Удот А.Ю.

Научный руководитель – Пучков Э. П.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В настоящее время существует проблема снижения себестоимости термообработанных изделий, которая решается заменой на методы позволяющие сократить расходы на энергоносители. Одним из таких методов является применение конструкционных сталей с пониженной прокаливаемостью, которые применяются при использовании метода объемно-поверхностной закалки. Метод объемно-поверхностной закалки стали (метод ОПЗ) разработан и получил промышленное применение в России для упрочнения ответственных, тяжелонагруженных деталей машин. Существует конструкционная сталь пониженной прокаливаемости, содержащая углерод, марганец, кремний, хром, никель, титан и железо, которая дополнительно содержит медь, алюминий и ванадий при следующем соотношении компонентов, мас. %: углерод 0,40-