

2. Программа для ЭВМ № 2008610463 Российская Федерация. Расчет циклической долговечности по сигналам акустической эмиссии [Электронный ресурс] / В.Ю. Блюменштейн, А. А. Кречетов, И. В. Мирошин; заявитель и правообладатель И. В. Мирошин. – № 2007614816; заявл. 30.11.07; рег. 24.01.08.
3. Мирошин, И. В. Технологическое обеспечение наследуемых параметров качества при упрочняющей обработке на основе выбора рациональных режимов методом акустической эмиссии [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.02.08 / И. В. Мирошин – Барнаул, 2008.
4. Кречетов, А. А. Разработка методики проектирования технологических процессов обкатывания на основе раскрытия наследственных закономерностей влияния состояния поверхностного слоя на циклическую долговечность деталей машин [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.02.08 / А. А. Кречетов. – М., 2003.

УДК 621.791: 621.192

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ МАТЕРИАЛА ВОССТАНОВЛЕННОЙ ДЕТАЛИ

В. Э. Завистовский

Полоцкий государственный университет, Новополоцк

Металлические покрытия представляют собой сложные многокомпонентные неравновесные системы, обладающие избыточной свободной энергией, обусловленной наличием в слоях большого количества микро- и макродефектов структуры в частицах присадочного материала. В процессе наплавки, как в наплавленном металле, так и в околошовной зоне могут возникать дефекты, которые снижают эксплуатационную способность наплавленного металла. Покрытие, получаемое напылением – это слоистый материал, состоящий из деформированных напыленных частиц, соединенных между собой по контактными поверхностям сварными участками.

По мере нагревания системы порошковый слой – подложка в ней возникают сложные физико-химические процессы, направленные в соответствии с общими принципами термодинамики в сторону уменьшения избыточной свободной энергии. Интенсивность этих процессов возрастает с повышением температуры и существенно зависит от наследственных свойств наносимого порошка (микро-и макродефектов, химически взаимодействующих реагентов и т.д.). Микродефекты распределены с некоторой плотностью в окрестностях макродефектов и обеспечивают локальное термодинамическое равновесие указанной системы. На рисунке 1 представлена форма и строение частиц порошка различных сплавов.

Структура слоя, сформированного за один проход, неоднородна и определяется различными размерами и энергетическим состоянием – тем-

пературой и скоростью частиц, находящихся в периферийной и центральной зоне двухфазового потока, состоящего из частиц порошка и газа. Образование покрытия последовательной укладкой множества деформирующихся частиц неизбежно приводит к появлению микропустот, в первую очередь, на стыках частиц [1]. Покрытие формируется в атмосфере, поэтому микропустоты заполняются газом, что ухудшает свойства границ. Вследствие большой шероховатости покрытия, быстрого растекания и кристаллизации частиц, в зоне контактов с поверхностью ранее нанесенных частиц остаются дефекты и полости, которые образуются также вследствие выделения газов, растворенных в расплавленных частицах.

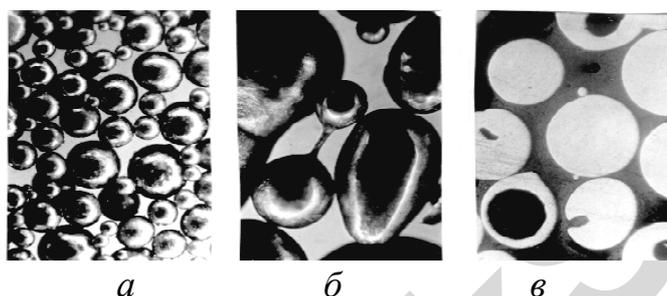


Рис. 1. Форма и строение частиц порошка:

- а*) ПГ-СР4 (фракция менее 200 мкм); *б*) ПГ-СР2 фракция (400 – 500 мкм);
в) внутренние поры в частицах порошка ПГ-СР3 (фракция 200 – 300 мкм)

К числу дефектов напыленных покрытий относятся отслоение или вздутие покрытия из-за его плохой адгезии к основному металлу, трещины, сплошная пористость, низкая твердость, неоднородность структуры и др.

Для газопламенного напыления часто используются порошки системы $Ni-Cr-B-Si$, которые являются самофлюсующимися. Для таких покрытий характерны: пониженная прочность сцепления на границах между частицами и слоями, обусловленная неполным схватыванием, а также повышенным содержанием оксидов, нитридов, пор и различных включений в пограничных областях; пористость, возникающая в результате газовыделения и кристаллизации частиц с высокими скоростями, а также выплеска материала покрытия при ударе частиц о подложку [2]. Покрытия имеют различную твердость и микротвердость по поверхности и глубине, неоднородный химический состав, большое количество составляющих микроструктуры. В отдельных частицах и во всем покрытии формируются значительные внутренние напряжения, приводящие к образованию микротрещин.

Прочность сцепления газотермических покрытий с поверхностью определяется совместным влиянием структурных дефектов границы раздела и остаточными напряжениями в ее плоскости. Структурные дефекты возникают из-за неполного контакта деформированных напыленных частиц с напыляемой поверхностью и неполного развития физико-химических

связей между контактирующими поверхностями. Остаточные напряжения обусловлены в основном различными теплофизическими и физико-механическими свойствами материалов покрытия и основы, а также разной их зависимостью от температуры.

Физическая неоднородность металла покрытия связана с несовершенством его кристаллической решетки. Особенно много дефектов возникает при дендритной кристаллизации, характерной для наплавленного металла. Ветви дендритов имеют различную пространственную ориентацию, а кристаллиты – блочную структуру, усиливаемую из-за скопления между ветвями дендритов примесей и дислокаций. При наплавке кристаллизующийся металл находится под воздействием растягивающих напряжений, возникающих вследствие несвободной усадки наплавленного металла, который в процессе охлаждения подвержен пластической деформации. Если же процесс нарастания напряжения происходит тогда, когда металл уже прошел твердожидкое состояние и приобрел достаточную прочность и пластичность, то возникшие напряжения лишь вызовут пластическую деформацию и образование кристаллизационных трещин не произойдет [3]. Холодные трещины возникают как по границам зерен, так и по телу зерна.

Поры в наплавленном металле представляют собой округлые пустоты, расположенные отдельными группами или цепочками внутри металла и на его поверхности. Поры возникают в процессе первичной кристаллизации. Шлаковые включения образуются вследствие плохой очистки от шлака поверхности предыдущих слоев при многопроходной наплавке; затекания шлака в несплошности металла, возникающие в результате подворотов, наплывов и других дефектов; применения электродов с чрезмерно тугоплавким покрытием; большой скорости наплавки и т.д.

Все дефекты и трещины, подчиняются некоторой закономерности распределения по количеству и размерам. Это распределение в совокупности с локальным напряженным состоянием и средой определяют потенциальные центры возникновения трещины. Чаще всего трещина берет начало от какого-нибудь небольшого поверхностного дефекта детали по истечении инкубационного периода конечной продолжительности. После того как трещина достигла критической глубины, происходит быстрое разрушение.

Наличие дефектов обусловлено как технологией восстановления деталей, так и его эксплуатацией. Отказ материала с покрытием в значительной степени определяется наличием дефектов в металле и материале покрытия, а также их взаимодействие с частицами присадочного материала. Механическая обработка таких деталей приводит к изменениям структуры поверхностного слоя; ранее скрытые дефекты и поры выходят на поверхность, являясь очагами разрушения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Завистовский, В. Э. Параметрическая надежность восстановленных деталей машин / В. Э. Завистовский // Вестник ПГУ. Технические науки. Серия В. – 2009. – №2. – С. 44 – 47.
2. Витязь, П. А. Теория и практика нанесения защитных покрытий / П. А. Витязь, В. С. Ивашко, А. Ф. Ильющенко. – Минск : Беларуская навука, 1998. – 583 с.
3. Завистовский, В. Э. Механика разрушения и прочность материалов с покрытиями / В. Э. Завистовский. – Новополоцк : ПГУ, 1999. – 144 с.

УДК 621.7

АГРЕГАТНО-МОДУЛЬНОЕ ПОСТРОЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ИСТОЧНИКАМИ КОНЦЕНТРИРОВАННОЙ ЭНЕРГИИ

В. А. Данилов, Р. А. Киселёв

Полоцкий государственный университет, Новополоцк

В. С. Крутько

ГНПО «Центр» НАН Беларуси, Минск

Рассмотрены преимущества и особенности построения технологического оборудования агрегатно-модульного типа с применением источников концентрированной энергии, пути обеспечения его универсальности.

Агрегатно-модульное построение технологического оборудования на базе автономных унифицированных компонентов определенного функционального назначения имеет ряд технико-экономических преимуществ:

– гибкость системы проектирования – возможность построения множества компоновок разнообразного технологического оборудования из одних и тех же модулей;

– технологическая приспособляемость оборудования, позволяющая, на базе одного станка создавать, исходя из требований реализуемого технологического процесса, в короткие сроки с применением ограниченного комплекта модулей и других унифицированных элементов оборудование с необходимыми функциональными возможностями;

– допустимость при модернизации расширения технологических возможностей или повышения производительности оборудования за счет введения дополнительных модулей;

– обеспечение в заданном объеме выпуска оборудования при снижении его стоимости благодаря применению централизованно изготавливаемых узлов, агрегатов и различных комплектующих;