

Диффузионное легирование проводили из оловосодержащей среды в температурном диапазоне 600–750 °С в течение 0,5–1,5 часа.

Испытания показали повышение износостойкости диффузионно-легированного поверхностного слоя на 35–40 %, повышение микротвердости на 20–25 %.

Повышение триботехнических свойств поверхностного слоя достигаются за счет образования структуры, схожей со структурой оловянистой бронзы типа БрОФ–10–1.

Структура поверхностного слоя состоит из мягких дендритов α -твердого раствора, богатого медью, и твердых междендритных пространств, с участком эвтектоида. При работе детали вязкая часть структуры изнашивается быстрее, образуя на поверхности мельчайшие каналы, по которым циркулирует смазка, а твердые прослойки интерметаллидов служат опорой. Такая структура соответствует структуре Шарпи 1 типа.

Использование предложенной технологии позволяет повысить износостойкость безоловянистых бронз на 35–40 %.

Литература

1. Минкевич А.Н. Химико-термическая обработка меди и латуни с целью повышения поверхностной твердости и окалиностойкости./ Минкевич А.Н. [и др.] // Металловедение и термическая обработка – М.: Машгиз, 1960. Вып.2, С.116.

2. Авраамов Ю.С. Поверхностное упрочнение медьсодержащих сплавов методом контактного легирования./ Авраамов Ю.С. [и др.] // Науч.–техн. сб. Ракетно-космическая техника, серия VIII, Материаловедение, 1985. Вып.4. С. 208–216.

УДК 621.793.74

СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ ПОКРЫТИЙ В ПРОЦЕССЕ ФОРМОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ НАПЫЛЕНИЕМ

Ю.В. Соколов, д-р техн. наук, проф., И.Г. Позняк
Белорусский национальный технический университет
(г. Минск, Республика Беларусь)

При плазменном формообразовании, в отличие от плазменного нанесения покрытий, требующих высокой прочности сцепления с основой, рабочим является контактный слой, т.е. слой прилегающий к модели – подложки. Однако, эксплуатационные свойства покрытия, сформированного на модели, зависят также от структуры всего покрытия с учетом особенностей его послойного формирования и проявления когезионного взаимодействия контактирующих слоев.

В момент контакта частиц с подложкой одновременно пластически деформируется и слой жидкости, которая растекается на поверхности подложки и твердое ядро частицы, контактирующее с жидкостью (в каждом слое). При контактировании частицы с оплавленной поверхностью вследствие высокоэнергетического импульсного воздействия на границе жидкость – подложка и твердая частица – жидкость возможно возникновение активированного состояния. При большой скорости теплоотвода в прилегающей к поверхности подложки зоне покрытия образуется аморфизированный слой. Активация атомов обеспечивает и генерацию большого количества дефектов кристаллического строения (вакансий, дислокаций, дисклинаций), которые при пластической деформации твердого ядра материала частицы обеспечивают формирование фрагментированной структуры слоя. При недостаточно большой скорости теплоотвода деформированная в приконтактном слое жидкость кристаллизуется с образованием высокодисперсных дендритов, ориентированных вдоль направления теплоотвода. Кристаллизация этого слоя также сопровождается формированием дисклинационной структуры.

Таким образом, субструктура первого, контактирующего с подложкой слоя покрытия представлена тонким слоем аморфизированного материала, полученного при сверхбыстрых скоростях кристаллизации однородной по составу жидкости и деформированного твердого ядра, структура которого зависит от температуры частицы, определяющей степень ее деформации. Пластической деформации частицы способствует также схема всестороннего сжатия, обеспеченная жидкой оболочкой твердого ядра частицы. Картина структурообразования в каждом последующем слое напыляемого материала аналогична формированию структуры первого слоя, но соответствует случаю горячей деформации, так как температура в зоне контакта $\sim \geq 1000$ °С и теплоотвод затруднен. При этом вследствие кратковременного силового и теплового воздействий реализуется только начальная стадия горячей деформации – деформационное упрочнение, вызванное повышением плотности дефектов кристаллического строения. Пластическая деформация осуществляется с реализацией всех мод пластичности – трансляционной, изгибной, поворотной.

Первичная структура контактирующего с подложкой слоя, как и всех последующих трансформируется за счет периодических температурных воздействий. Последнее способствует развитию релаксационных процессов – динамического возврата и полигонизации.

Экспериментальное подтверждение описанной картины структурообразования получены на примере анализа субструктуры покрытий NiCr и NiCrBSi (рисунок 1). Напыление проводилось в дуге аргонно–аммиачной плазмы при мощности дуги 24 кВт и 36 кВт.

При изменении мощности дуги от 24 кВт до 36 кВт формируется полигональная структура с размером субзерен $\sim 0,2-0,4$ мкм и большими углами разориентировки между ними. С увеличением мощности дуги степень совершенства полигональной структуры повышается.

В покрытии NiCr (мощность дуги напыления 24 кВт) отмечается начало формирования полигональных блоков (рисунок 1, а). В отдельных участках наблюдается дислокационные сетки (плотность дислокаций достигает $\sim 3,5 \times 10^9 \text{ см}^{-2}$). Местами преимущественного скопления дислокаций являются свободные поверхности – границы пор. При повышении мощности дуги до 36 кВт полигональная структура покрытия совершенствуется (рисунок 1 б).

Аналогичные этапы формирования субструктуры характерны и для покрытия NiCrBSi (рисунок 1, в, г). Электронные микрофотографии указывают на формирование полигональной структуры с большими углами разориентировки. В некоторых субзернах на границе пора–зерно наблюдается начало фрагментации. О присутствии аморфизированного материала свидетельствует появление на электронограмме фольги не точечных рефлексов, а концентрических колец (рисунок 1г), которые наблюдаются также и в покрытии NiCr (рисунок 1б). Причины аморфизации материалов – высокая скорость кристаллизации и теплоотвода на границе покрытие – подложка.

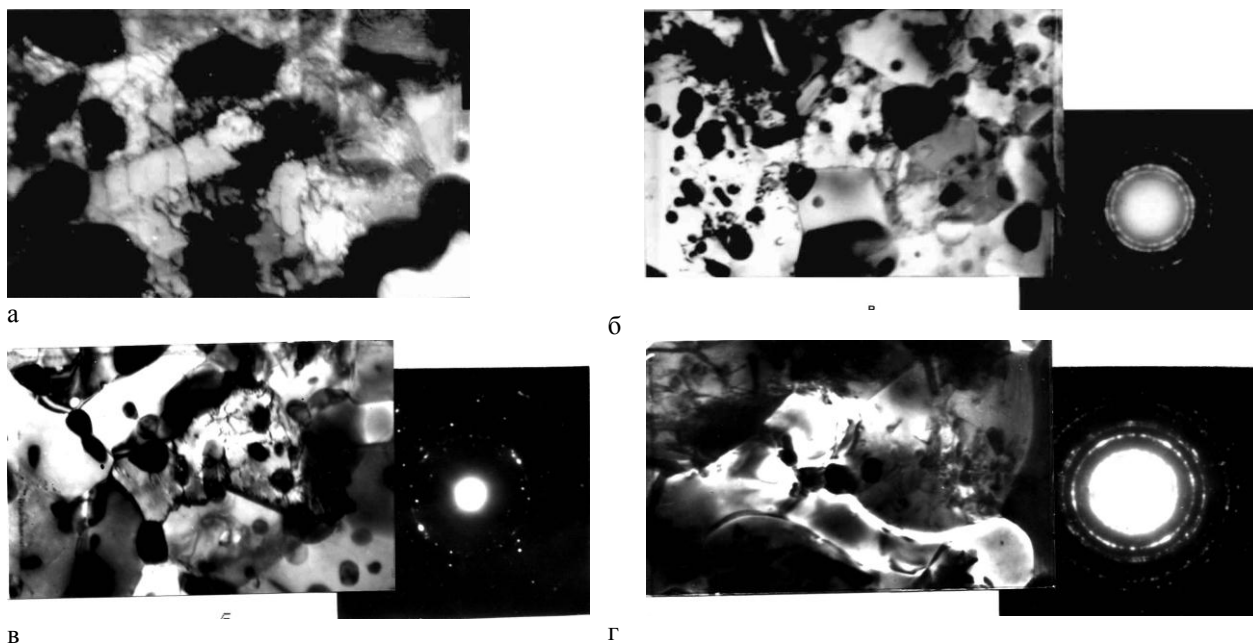


Рисунок 1 – Электронные микрофотографии и картины микродифракции покрытий NiCr (а,б) и NiCrBSi (в,г), $\times 25000$
а, в – мощность дуги 24 кВт; б, г – мощность дуги 26 кВт

Таким образом, покрытия можно рассматривать как слоистую композицию, состоящую из деформированных части, сцепление которых обеспечено аморфизированным слоем (на контактной поверхности) или слоями того же материала сформированными при кристаллизации жидкой фазы.