

Структурно-фазовые особенности формирования боридного термодиффузионного слоя и его концентрационного профиля через полупроницаемые покрытия

Дашкевич В.Г., Судников М.А.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время имеется обширный комплекс научных и практических исследований в области термодиффузионного борирования. Существенная часть этих исследований, последние 10...20 лет, направлена на снижение наиболее проблемного фактора боридных слоев, а именно их повышенную хрупкость. Поскольку это проблема является сдерживающим фактором широкого применения способа для упрочнения конструкционных углеродистых сталей. Необходимо отметить, что в литературе способов снижения хрупкости упоминается достаточно много, как собственно и методов ее оценки. Перечень возможных мер по снижению хрупкости был представлен и систематизирован впервые в работе М.Г. Круковича [1]. Однако, возможности каждого из вариантов, в настоящее время, полноценно не изучены и представляют собой актуальные направления совершенствования процесса борирования. Из перечисленных в вышеуказанной работе вариантов наиболее перспективным, по нашему мнению, является направление, связанное с предварительной обработкой поверхности. Оно дает огромное поле деятельности исследователю, поскольку всевозможных вариантов предварительной обработки большое количество.

В качестве предварительной обработки поверхности существенно изменяющей морфологию получаемых борсодержащих термодиффузионных слоев нами рассматривалось нанесение на поверхность полупроницаемых покрытий (слоев). Полупроницаемые покрытия это слои, частично блокирующие диффузию активных атомов насыщающего элемента при проведении термодиффузионной обработки, в нашем случае бора. Это может выражаться в искусственно созданной предварительной обработкой несплошности покрытия, когда слой нанесен не на всю поверхность, а фрагментами с долей, например, 75...80 % от общей площади. Второй вариант более интересный и перспективный и заключается он в проведении обработки способствующей получению естественной пористости, закрытой или даже открытой, за счет специальных режимов и сред. Исходя из анализа двойных диаграмм состояния, наиболее подходящими элементами, блокирующими диффузию бора, являются никель и медь, однако из-за высокой стоимости никеля целесообразнее использовать покрытия из меди.

При создании полупроницаемых покрытий на основе меди использовалось два метода, а именно, гальваническое осаждение и электроискровое легирование.

Гальванические медные слои характеризуются хорошей адгезией и малой пористостью, однако при необходимости пористость можно увеличить за счёт изменения параметров тока и состава электролита, при этом адгезионные свойства такого покрытия не изменяются. В результате гальванические покрытия формируются толщиной 5-20 мкм и пористостью до 30%. В ранее проведенных работах проанализированы структурные особенности такого слоя [2]. После насыщения бором в структуре видны отделенные друг от друга боридные иглы, но, как правило, такая картина в самой глубине слоя, поскольку из-за химической активности составляющих смеси, которая использовалась при исследовании [3], покрытие меди постепенно «растворилось», и соответственно, это привело к образованию в приповерхностном слое сплошной боридной структуры [2]. Установлено, что для избегания сращивания необходимо ограничить время насыщения в пределах 1-2 часов, либо увеличивать толщину медного слоя, что очевидно приведёт к уменьшению пористости всего покрытия. Также стоит отметить, что вероятен и вариант когда явление «растворения» пористого покрытия будет отсутствовать, например, при использовании насыщающей смеси на основе карбида бора.

При электроискровом легировании (ЭИЛ) образование покрытия основано на явлении электрической эрозии и переноса электродного материала на поверхность обрабатываемой детали при протекании импульсных разрядов в газовой среде [4]. При обработке можно формировать слои с толщиной покрытия от 10 до 200 мкм, а также с необходимыми параметрами шага и особыми конфигурациями рельефа. К преимуществам электроискровых покрытий также можно отнести и то, что задавая их толщину, мы можем полностью нивелировать эффект «растворения» медного слоя. Однако есть и недостаток, при нанесении происходит частичное смешивание основного металла изделия и наносимой меди, а также и её частичное окисление, что при долгом процессе насыщения приводит к частичному разрушению барьерного слоя, с образованием под слоем меди мелких боридных игл. Стоит отметить, что чем больше наносимый слой, тем меньше эффект смешивания, а следовательно и ниже шанс на разрушение барьерного слоя.

Созданные барьерные слои приводят к тому, что изменяется характеристика диффузионных потоков бора. Если при классическом борировании, диффузионные потоки направлены вглубь изделия, то при диффузии через полупроницаемые покрытия, будет наблюдаться изменение направления диффузии, заключающееся в добавлении потоков направленных под медное покрытие, активизирующие рост боридных игл в ширину. Также в процессе насыщения из-за градиента концентрации, между растущей боридной иглой и защищённым медью основным металлом, иглы будут расти не только вглубь изделия, но и в ширину. Всё выше описанное приведёт к изменению соотношения между боридными фазами FeB и Fe₂B, и значительно изменит концентрационный профиль бора по всей толщине слоя. Типовой концентрационный профиль бора по толщине на различных участках представлен на рисунке 1.

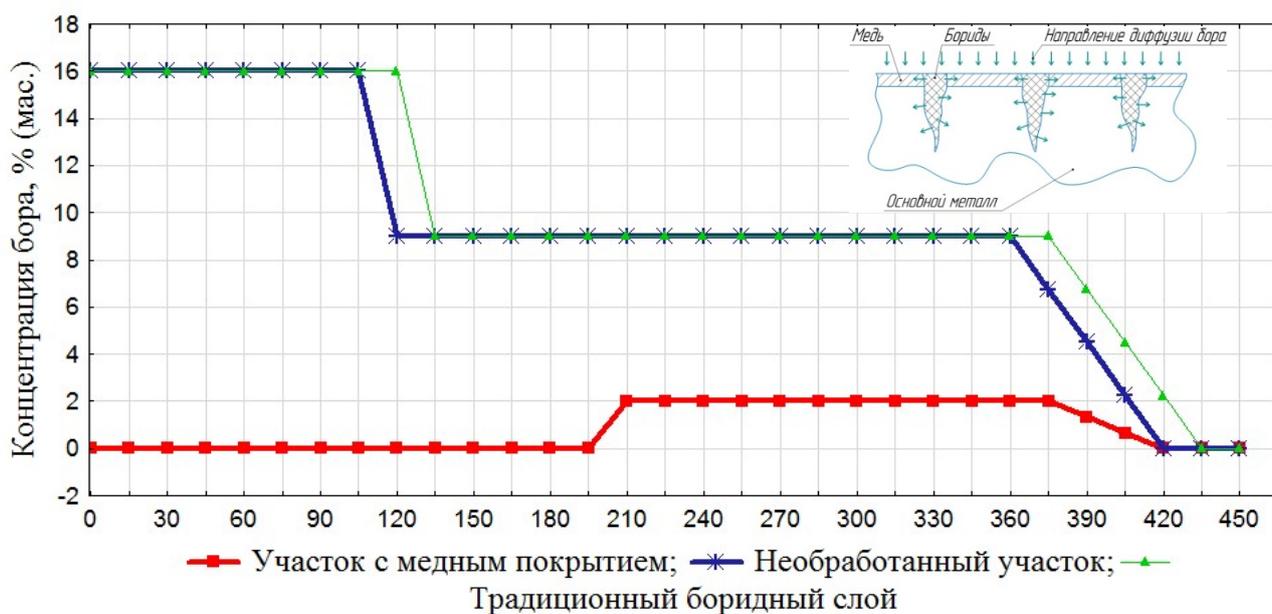


Рисунок 1 – Концентрационные профили бора по толщине слоя

Выводы. Приведен анализ двух подходов нанесения меди в качестве предварительного слоя перед термодиффузионным борированием, описаны структурно-фазовые особенности формирующегося слоя и влияние толщины на степень его фрагментации. Проанализирован типовой концентрационный профиль бора по толщине слоя полученного при предварительной меднении для различных участков покрытия, выявлены характерные изменения концентрационного профиля, заключающиеся в изменении соотношения высокобористой и низкобористых фаз.

Литература

1. Крукович, М. Г. Пластичность борированных слоев / М. Г. Крукович, Б. А. Прусаков, И. Г. Сизов. – М.: Физматлит, 2010. – 381 с.
2. Судников, М.А. Исследование структурных особенностей борсодержащих диффузионных слоев сформированных после предварительной обработки стальной поверхности : дис. ... маг. техн. наук : 36.80.04 / М.А. Судников. – Минск., 2019, 69 с.
3. Константинов, В.М. Изменение морфологии термодиффузионного боридного слоя на стали при предварительном меднении основы. В.М. Константинов, В.Г. Дашкевич, М.А. Судников. // Инженерия поверхности и реновация изделий : материалы 17-й междунар. Науч.-техн. Конф., Одесса, 29 мая–2 июня 2017 г. – Киев: АТМ Украины, 2017. – С. 65–68.
4. Электроискровое легирование металлических поверхностей / А.Е. Гитлевич [и др.]. – Кишинев: Изд-во «Штиинца», 2086. – 196 с.