

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕРМОДИФФУЗИОННЫХ БОРИДНЫХ СЛОЕВ В УСЛОВИЯХ ТВЧ НАГРЕВА

Ситкевич М.В., Дашкевич В.Г.

БНТУ, г. Минск, Беларусь, E-mail: Vladimir_dvl@tut.by

Введение

Технология борирования применима во многих отраслях промышленности, прежде всего, для изделий, работающих в условиях абразивного изнашивания (сельское хозяйство, производство строительных материалов, машиностроение и др.). Процесс борирования осуществляется из порошковых сред, расплавов, обмазок, газовых сред, плазмы тлеющего разряда и других, в результате насыщения свойства диффузионных слоев могут изменяться в широком диапазоне [1–3]. В последние годы активно исследуется направление высокочастотного нагрева для технологии борирования из обмазок, которое позволяет значительно интенсифицировать процесс, сократить продолжительность насыщения от нескольких часов до нескольких минут. В работе исследовали влияние режимов индукционного нагрева на структуру борированных слоев полученных из обмазок на основе карбида бора.

Материалы и методика исследований

Борирование проводили из обмазки толщиной 2–3 мм, которая предварительно наносилась на поверхность плоских образцов из стали 65Г и стали 45. Обработка велась по двум режимам. В первом случае проводили борирование однократным нагревом (рис.1,а) до температуры 1100 °С, во втором случае осуществлялось термоциклирование в интервале температур 1150...600 °С, общее количество циклов – 5 (рис.1,б). Обмазка представляла собой порошок карбида бора B_4C , активатор и огнеупорный наполнитель, включающий специальный пластификатор в присутствии которого связующим является вода. Индукционный нагрев образцов осуществляли в плоском индукторе, на установке ЭЛСИТ – 40/20-70, температуру поверхности образцов определяли с помощью пирометра.

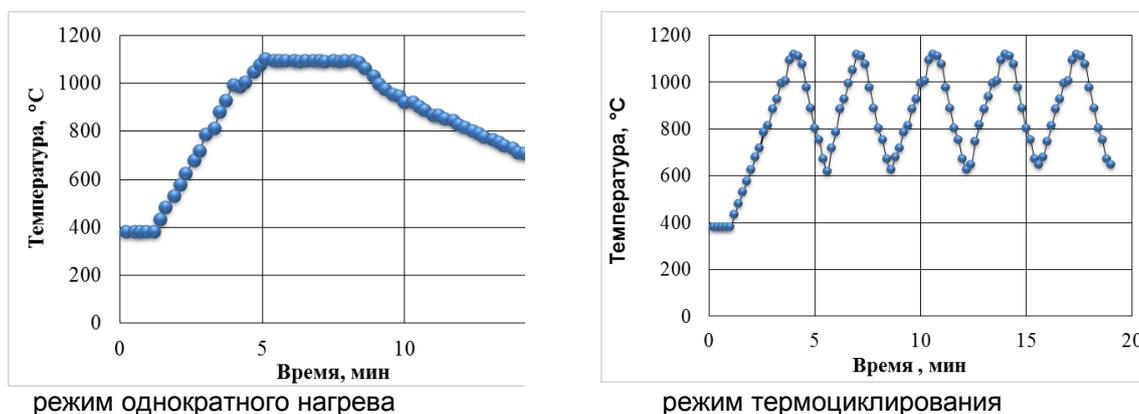


Рисунок 1 – Режимы борирования

Результаты исследований

Известно, что бор имеет низкую растворимость в железе, поэтому выделяется по границам зерен в качестве карборидных фаз или образует эвтектику. При высокой концентрации он образует бориды типа $(Fe, Me)B$ и $(Fe, Me)_2B$, но чаще всего при концентрации менее 0,4% масс. замещает часть атомов углерода в карбидах, образуя фазы типа $Me_3(C,B)$, $Me_7(C,B)_3$ и $Me_{23}(C,B)_6$.

Как установлено ранее проведенными исследованиями [4–7], решающим фактором, влияющим на структуру и свойства борированного слоя при ТВЧ-нагреве является температура. При проведении борирования начиная с температуры 1100...1150 °С традиционная иглоподобная структура слоя не образуется, а образуется эвтектика [6–8]. В нашем случае за 5 минут выдержки при температуре 1100 °С при однократном нагреве образовался слой порядка 120 мкм, в среднем со

скоростью 25 мкм/мин, а при термоциклировании 60 мкм. Отмечено, что в результате однократного нагрева образуется доэвтектическая структура с участками перлита (рис.2,а). При однократном нагреве количество эвтектической составляющей напрямую зависит от длительности обработки, при кратковременных режимах сохранение перлитной составляющей наиболее вероятно. Известно, что при содержании бора 3,8 % мас., в системе Fe-B ожидаемо образование полностью эвтектической структуры [1,3]. Однако для рассматриваемого процесса характерным является и достаточно высокая скорость нагрева и охлаждения, такие условия способствуют образованию квазиэвтектики, поэтому содержание бора будет несколько отличаться от равновесной концентрации.

Согласно диаграмме состояния образование тройной эвтектики Fe-Fe₃C-Fe₂B происходит при 1000 °С для следующих концентраций: 1,5 % мас. С, 2,9 % мас. В. Следовательно для протекания эвтектической реакции необходимо значительное количество углерода, диффузия которого требует времени. По структурообразованию, в нашем случае, наиболее вероятным является следующий механизм: образование эвтектики $\gamma\text{-Fe}+\text{Fe}_2\text{B}$ и первичная кристаллизация, затем вторичная кристаллизация и образование эвтектики состава $\alpha\text{-Fe}+\text{Fe}_3\text{C}+\text{Fe}_2\text{B}$.

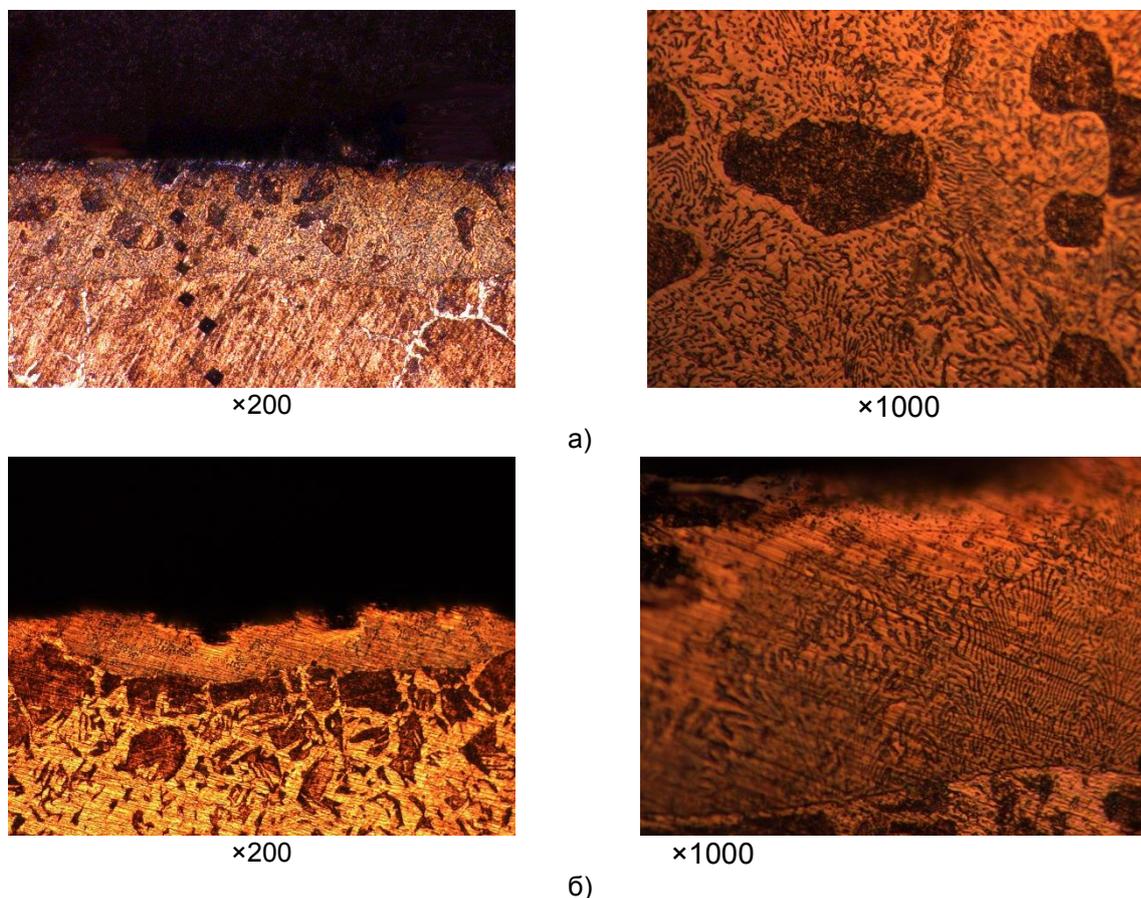


Рисунок 2 – Микроструктуры боридных слоев на углеродистой стали:
а) борирование однократным нагревом; б) борирование при термоциклировании

Интегральная микротвердость эвтектической составляющей составляет $H_{50}=7800\pm 1500$ МПа, перлитной – $H_{50}=2920\pm 450$ МПа. Размеры дендритов перлита зависят от режима обработки и прежде всего от скорости охлаждения и составляют в среднем от 10 до 30 мкм. Отметим, что после распада аустенита и выделения феррито-цементитной смеси, в нем растворяется около 0,15 % бора, поэтому речь можно вести о бористом перлите.

При проведении термоциклирования образуется полностью эвтектическая композиция (рис.2,б) с ярко выраженной границей раздела. Отмечено резкое

изменение структуры основного металла, перегрев и соответственно образование структуры видманшетта.

Исследовались технологические свойства наносимых обмазок, прежде всего способность удерживаться на вертикальных поверхностях. Выбранное связующее, в нашем случае вода, при наличии в смеси специального пластификатора, обеспечило высокие технологические свойства, обмазка не отслаивалась от поверхности при нагреве, отсутствовало трещинообразование.

Заключение

Эффективность борирования при ТВЧ-нагреве определяется режимом обработки и составом обмазки. Кратковременная выдержка в течении 5 минут при температуре 1100 °С приводит к образованию на углеродистой стали слоя порядка 120 мкм, что соответствует о скорости роста порядка 25 мкм/мин, структура образуется доэвтектическая с участками перлита. При использовании термоциклирования в рассматриваемом температурном интервале образуется полностью эвтектическая структура, но скорость образования слоя заметно падает, практически в два раза. При получении обмазки возможно применение такого связующего как вода с огнеупорным наполнителем, включающим пластификатор, кроме отсутствия резких запахов, такая обмазка, как показали эксперименты, может хорошо удерживаться на вертикальных поверхностях, не трескаться и не отслаиваться.

Список литературы:

1. Минкевич, А.Н. Химико-термическая обработка металлов и сплавов / А.Н. Минкевич. – М.: Машиностроение, 1965. – 491 с.
2. Химико-термическая обработка металлов и сплавов: справочник: [Текст] / под ред. Л.С. Ляховича. -М.: Металлургия, 1981.
3. Ворошнин Л.Г. Борирование стали: [Текст] / Л.Г. Ворошнин, Л.С. Ляхович. — М.: Металлургия, 1978. – 240 с.
4. Гурьев А.М., Козлов Э.В., Игнатенко Л.Н., Попова Н.А. Физические основы термоциклического борирования.- Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2000. – 216 с.
5. Гурьев А.М., Козлов Э.В., Жданов А.Н., Игнатенко Л.Н., Попова Н.А. Изменение фазового состава и механизм формирования структуры переходной зоны при термоциклическом борировании ферритоперлитной стали.- Изв. Вузов. Физика.- 2001 № 2.- С. 58 - 63.
6. Получение износостойких композиционных боридных покрытий на стали 65Г при ТВЧ-нагреве / В. Ф. Аулов [и др.] // Технология машиностроения. – 2015. – № 2. – С. 30 – 34.
7. Алиев, А.А. Борирование из паст. Монография / А.А. Алиев, Л.Г. Ворошнин // Астрахан. гос. техн. ун-т – Астрахань, Изд-во АГТУ, 2006. – 288 с.
8. Ишков А.В. Физико-химические и инженерные основы создания функциональных боридных покрытий на сталях при ТВЧ-нагреве: [Текст] / А.В. Ишков, Н.М.Мишустин, В.В.Иванайский //Научно-технический вестник Поволжья.-2010.-№ 2. – С.92 – 97.