

**К вопросу о температурном режиме борирования при
микродуговом нагреве**

Л.В.Давидян, Л.А. Захарова, К.Ю. Шакитько
**Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-
Дону, Россия**

Экспериментальное исследование выбора температурного режима борирования при микродуговом нагреве показало, что при температуре близкой к линии солидус (1050 °С) в стали 20 формируется упрочненный композиционный слой боридной эвтектики микротвердостью 15 ГПа и эвтектоида микротвердостью 4,5 ГПа, отличающийся меньшей хрупкостью слоя. Под композиционным слоем располагается переходная науглероженная эвтектоидная зона, которая обеспечивает твердую подложку для боридного слоя и плавное изменение твердости от слоя к сердцевине. Борирование при более высокой температуре (1250 °С) приводит к оплавлению и стеканию боридного покрытия.

Ключевые слова: микродуговая химико-термическая обработка, микродуговое борирование, боридные покрытия.

Процессы упрочнения деталей машин и элементов конструкций ответственного назначения предполагают не только их объемное, но также и поверхностное упрочнение. Борирование – способ химико-термической обработки при применении, которого достигается высокая твердость поверхности [1]. Однако, высокая твердость боридных слоев сопровождается повышенной хрупкостью. Снижением хрупкости боридных слоев можно повысить эксплуатационные свойства изделий.

Одним из эффективных методов, обеспечивающих поверхностное упрочнение, является применение микродуговой химико-термической обработки (МДХТО). При МДХТО на поверхности металла происходят сложные физико-химические процессы, обусловленные одновременным воздействием на нее температуры и легирующих элементов [2]. Физической основой данного способа является электронагрев стального изделия, погруженного в контейнер с порошком каменного угля. В процессе прохождения через угольный порошок электрического тока в местах контакта частиц между собой и с поверхностью обрабатываемой стали возникают электрические микроаряды (микродуги), нагревающие весь объем порошка и обрабатываемую деталь [3].

МДХТО проводится в условиях скоростного нагрева, что имеет большое значение с точки зрения формирования свойств поверхности. Применение микродугового нагрева вместо традиционного печного, при проведении процесса борирования, обеспечивает формирование качественных композиционных боридных покрытий [4], которые отличаются

меньшей хрупкостью и в то же время высокой твердостью. Подобный эффект достигается за счет диффузии, которая протекает в первую очередь по границам зерен, поэтому сердцевина зерен сохраняет свою структуру и остается неохваченной диффузионным потоком бора [5].

В настоящей работе обобщено экспериментальное исследование влияния температуры процесса борирования в микродуговом режиме на формирование композиционного упрочняющего боридного покрытия. В течение 3 минут образцы из стали 20 диаметром 12 мм и длиной 35 мм с нанесенным на поверхность диффузантом выдерживали при разных температурах: один при $T=1050-1100$ °С; второй при $1250-1270$ °С. Процесс проводили при питающем напряжении 260 В и плотности электрического тока $0,53$ А/см². В качестве диффузанта применялась борная кислота H_3BO_3 , которая наносилась на поверхность стальных образцов в виде гелеобразной электропроводной обмазки. Глубина погружения образцов в угольный порошок, выполняющий функцию электропроводной среды, составляла 15 мм.

В первом случае нагрев стали осуществляли до температуры вблизи линии солидуса ($1050-1100$ °С), во избежание оплавления поверхности обрабатываемого изделия. Борированный слой, полученный в данном режиме (рис. 1,а) представляет собой композицию боридной эвтектики микротвердостью 15 ГПа на обрабатываемой поверхности и эвтектоида микротвердостью 4,5 ГПа.

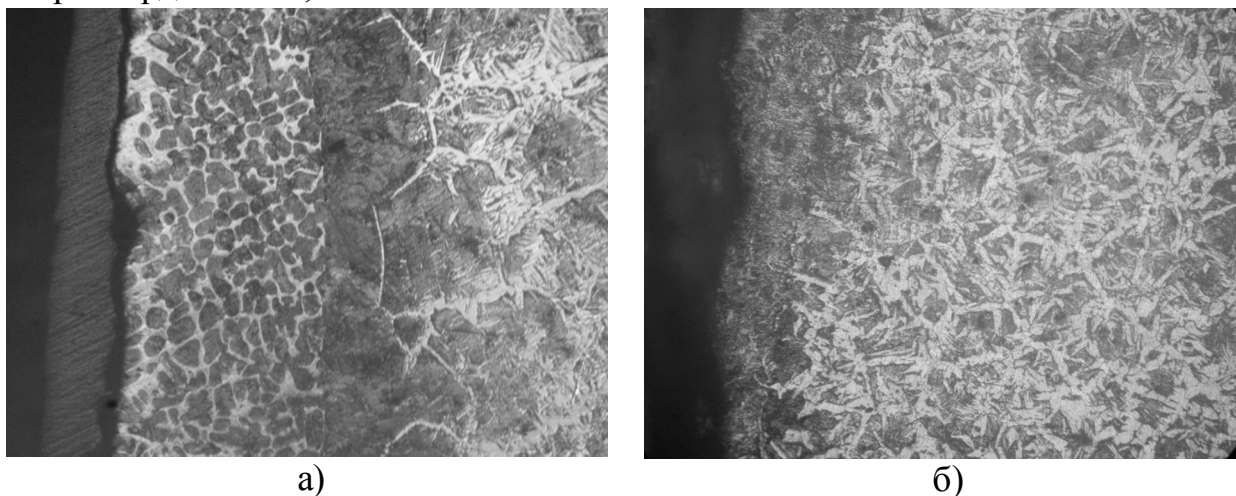


Рисунок 1 - Микроструктура поверхностного слоя стали 20 после микродугового борирования: а) при $T=1050$ °С, б) при $T=1250$ °С, $\times 100$.

Переходная зона формируется в процессе насыщения стали углеродом. Образование подслоя с повышенным содержанием углерода считается благоприятным, так как это обеспечивает твердую подложку для боридного слоя, и создает увеличенную упрочненную зону, которая дает плавное изменение твердости от слоя к сердцевине и высокие механические свойства борированных деталей.

Во втором случае обрабатываемый образец нагревался до температуры 1250 °С, что привело к образованию боридной эвтектики во всем объеме слоя, оплавлению и стеканию борированного покрытия. На рисунке 1,б приведена микроструктура стали 20 после микродугового борирования в течение 3 минут при температуре 1250 °С, на которой заметны места оплавления поверхностного борированного слоя, за которым следует переходной слой высокодисперсной эвтектоидной смеси с микротвердостью порядка 3 ГПа.

Таким образом проведенное исследование показывает, что для получения композиционного боридного покрытия на поверхности обрабатываемого стального изделия нагрев следует производить не выше 1100 °С. Это позволит избежать оплавления насыщаемой поверхности, и сохранить упрочненную боридами зону, отличающуюся высокой микротвердостью и меньшей хрупкостью слоя.

Библиографический список

1. Крукович М.Г. Пластичность борированных слоев./ М.Г. Крукович, Б.А. Прусаков, И.Г. Сизов - М.; Физматлит, 2010. - 384 с.
2. Домбровский, Ю. М. Микродуговая химико-термическая обработка в порошковых средах / Ю. М. Домбровский, М. С. Степанов // Инновационные технологии в машиностроении и металлургии: междунар. науч.-практ. конф. в рамках VII Промышленного конгр. Юга России, 7—9 сентября 2011 г., г. Ростов-на-Дону: сб. тр.: науч. изд. — Ростов-на-Дону: Изд. центр ДГТУ, 2011. - 531 с. - С. 52-55.
3. Домбровский Ю.М. Новая технология поверхностного упрочнения стальных изделий / Ю. М. Домбровский, М. С. Степанов, Л.В. Давидян // Состояние и перспективы развития сельскохо-зяйственного машиностроения: сб.ст. 8 Международной науч.-практ. конф., 3-6 марта, Ростов-на-Дону, 2015.
4. Домбровский, Ю. М. Формирование композитного боридного покрытия на стали при микродуговой химико-термической обработке / Ю. М. Домбровский, М. С. Степанов // Известия высших учебных заведений – Черная металлургия. 2015. 58. №3. С.214-215
5. Кидин И.Н. Электрохимико-термическая обработка металлов и сплавов /И.Н. Кидин, В.И. Андрюшечкин, В.А. Волков, А.С. Холин. – Москва: Металлургия, 1978. – 320с.