

**ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ИЗДЕЛИЙ
МЕТОДОМ БОРИРОВАНИЯ В ПАСТАХ ИЗ
НАНОДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ**

Дьяченко С.С. , д.т.н., проф., Литус Е.А. , аспирант
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Костик В.О. , к.т.н., доц.
Национальный технический университет «ХПИ»

Разработана простая для применения и энергетически выгодная технология борирования углеродистых и легированных сталей в пастах, состоящих из нанодисперсных веществ. Проанализировано влияние времени на формирование поверхностного диффузионного слоя. Показано влияние легирующих элементов на толщину борированного слоя.

Введение

Одним из наиболее эффективных и широко применяемых методов повышения долговечности изделий и стойкости инструмента является химико-термическая обработка (ХТО), при которой осуществляется упрочнение поверхности, испытывающей высокие напряжения от внешних сил и ответственной за зарождение, а также за интенсивность развития усталостных трещин. Распространённые методы ХТО (цементация, цианирование, азотирование), повышающие усталостную прочность и износостойкость стали, в ряде случаев не обеспечивают необходимую сопротивляемость износу в абразивной среде. В связи с этим последние годы характеризуются развитием новых методов поверхностного насыщения одним или несколькими элементами, которые позволяют обеспечить работоспособность деталей в сложных условиях эксплуатации.

Среди новых процессов диффузионного насыщения всё большее внимание привлекает борирование, обеспечивающее получение высокой твердости, износостойкости, теплоустойчивости и коррозионной стойкости поверхностного слоя.

Анализ публикаций

Процессы получения боридных покрытий являются перспективными, поскольку требуют использования менее сложного оборудования и

повышают износостойкость в условиях длительной эксплуатации упрочнённых изделий. Особенностью борированного слоя является большая твердость, сохраняющаяся при высоких температурах, что значительно повышает долговечность деталей, работающих в условиях термомеханических воздействий и абразивного износа [1].

Процесс борирования осуществляется в порошках, расплавах солей и газовой среде в зависимости от формы, размеров и количества деталей, подвергающихся ХТО, а также от наличия необходимого оборудования.

Выбор метода борирования диктуется не столько стоимостью процесса, сколько его технологичностью, условиями производства, конфигурацией и размерами деталей, условиями работы и достигаемой степенью повышения стойкости упрочняемых изделий. В условиях массового производства при обработке сравнительно несложных, средних по размерам изделий предпочтительнее электролизное и газовое борирование. При обработке мелких сложных по конфигурации изделий целесообразнее жидкий или порошковый метод борирования. Порошковый метод более приемлем, если упрочняемые изделия не требуют последующей термообработки. Крупногабаритные изделия, особенно при необходимости их местного борирования или совмещения борирования с термической обработкой, целесообразно насыщать в обмазках (в пастах). Однако применяемые методы борирования для получения необходимой толщины диффузионных слоев требуют длительного времени (4–8 ч).

Цель и постановка задачи

В данной работе предложена простая для применения и энергетически выгодная технология борирования изделий из углеродистых и легированных сталей, которая направлена на сокращение времени ХТО при получении высококачественных боридных слоев, обеспечивающих необходимые эксплуатационные свойства деталей машин и инструментов и повышение их долговечности и стойкости.

Исследование влияния борирования в пастах из нанодисперсных порошков на повышение твердости поверхности изделий

Материалом исследования были конструкционная сталь 45 и инструментальные стали У12, 4Х5МФС, Р18 и Р6М5. Для борирования сталей применялась паста на основе аморфного бора с добавлением активаторов [2]. На поверхность образцов наносился слой пасты несколько раз с последующим просушиванием до полного её высыхания. Затем образцы помещались в камерную печь на время от 5 мин до 2 ч при температуре

850 °С с последующей термической обработкой – закалкой и низким отпуском [3].

Одним из необходимых условий протекания процесса диффузионного насыщения является растворимость насыщающего элемента в насыщаемой основе. Растворимость бора в железе с повышением температуры от 650 до 910 °С незначительно возрастает, с повышением температуры выше 910 °С растворимость бора резко возрастает, что приводит к более интенсивному процессу диффузии бора в сталь. Возникновение фазового превращения под действием изменения температуры и концентрации бора в стали объясняет иглообразный рост боридных диффузионных слоев на поверхности стали.

После борирования по предложенной технологии образуются диффузионные слои, включающие боридную и переходную зоны. Боридная зона состоит из боридов FeB и Fe₂B.

Служебные свойства борированных изделий зависят как от толщины, структуры и свойств боридной зоны, так и от переходной зоны, оказывающей существенное влияние на работоспособность борированных деталей. В частности ее толщина, химический состав и структура определяют характер распределения остаточных напряжений, прочность связи боридного слоя с основным металлом, склонность его к скалыванию, условия образования и развития усталостных трещин, возможность продавливания слоя.

Высокая поверхностная твердость – важное свойство борированной стали. Природа высокой твердости боридных фаз связана с их электронным строением, а именно, высокая прочность боридов объясняется сложным типом связи в этих соединениях. Наличие единственного 2р-электрона на внешней орбите атома бора не только увеличивает прочность связи между атомами бора и металла, но и обуславливает наличие ковалентной связи между атомами бора. Атомы бора связаны между собой в цепочки FeB.

На исследуемых сталях при борировании в течение 5 мин от поверхности в глубь металла прорастают отдельные иглообразные кристаллы борида Fe₂B. Постепенно эти кристаллы сливаются в сплошной слой. Твердость этого борида составляет 18–20 ГПа. По мере дальнейшего насыщения бором более 5 мин на поверхности образуется ещё один слой из боридов FeB (рис. 1). Твердость его достигает 21–22 ГПа. Изменение микротвердости наблюдается не только в зоне борирования, но и в переходной зоне в зависимости от содержания углерода и легирующих элементов. С увеличением времени боридный слой растёт.

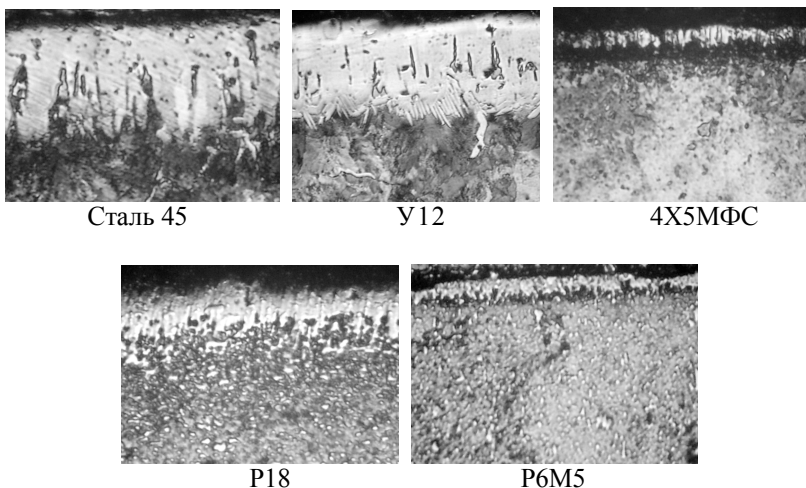


Рис. 1. Микроструктуры поверхностных слоев сталей после борирования в пастах в течение 1 ч, х200

Формирование боридов в виде клиньев с затупленными концами у вершин ярко видны на сталях 45 и У12. В инструментальной стали У12 к иглам боридов примыкают перистые выделения борокарбидной фазы из-за диффузии бора по границам зёрен [4].

Под боридной зоной далее располагается переходная зона с повышенным содержанием углерода и легирующих элементов. Толщина переходной зоны значительно превосходит толщину боридного слоя.

В инструментальных сталях слой боридов значительно меньше за счет торможения диффузии бора легирующими элементами. Качественный фазовый анализ показал наличие в поверхностном слое боридов FeB и Fe_2B , а в переходной зоне бориды легирующих элементов Cr_2B , CrB , Cr_3B_4 , Mo_2B , Mo_2B_5 , MoB_2 , W_2B , W_2B_5 , карбиды Cr_7C_3 , B_4C , Fe_3C , VC , WC и твердый раствор бора в α -железе.

Комплексное влияние легирующих элементов и углерода на толщину борированного слоя в зависимости от времени показано на рис. 2. В стали Р6М5 борированный слой меньше за счет сильного торможения диффузионных процессов при совместном легировании карбидообразующими элементами такими, как вольфрам, ванадий и молибден.

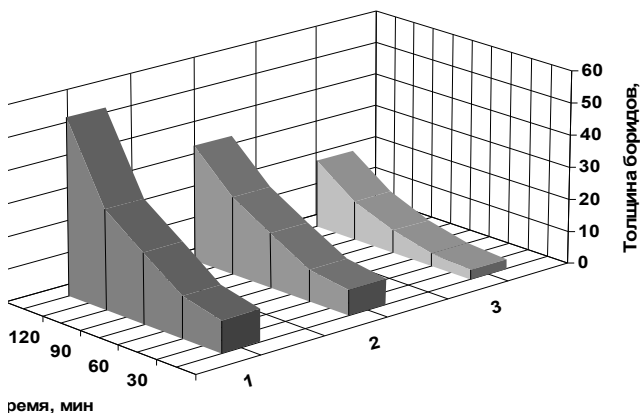


Рис.2 – Комплексное влияние легирующих элементов и углерода на глубину борированного слоя в зависимости от времени ХТО инструментальных сталей (1–4X5MФC, 2–P18, 3–P6M5)

Выводы

Разработана простая для применения и энергетически выгодная технология борирования углеродистых и легированных сталей в пастах, состоящих из нанодисперсных порошков, ускоряющая процесс борирования в 2–4 раза. Предложенная технология дает возможность получить высококачественные боридные слои толщиной до 150–200 мкм с твердостью 20–22 ГПа, что позволяет увеличить срок службы деталей машин и инструментов в 3–5 раз.

Список использованных источников

1. Лабунец В.Ф., Ворошнин Л.Г., Киндрачук М.В. Износостойкие боридные покрытия. – Киев: Техника, 1989.

2. Патент України на корисну модель № 33654, МПК C23C 8/00 UA. Павлюченко О.О., Костик В.О., Костик К.О. Склад для борування сталевих виробів. – u 2008 00226. – Заявл.04.01.2008. – Опубл. 10.07.2008. – Бюл. №13.

3. Костик В.О., Костик Е.А. Исследование микроструктуры и свойств поверхностного слоя углеродистых сталей после борирования из обмазок при печном нагреве// Розвиток наукових досліджень 2005.– Полтава: ІнтерГрафіка, 2005. – Т. 8. – С.42–43.

4. Костик В.О., Сапуцкая О.В., Костик Е.А. Формирование микроструктуры борированного слоя на поверхности углеродистой конструк-

ционной и инструментальной сталях из обмазок при печном нагреве//Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - Харьков. -№ 5/1 (17), 2005.-С. 63 – 68.

Анотація

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ВИРОБІВ МЕТОДОМ БОРУВАННЯ НАНОДИСПЕРСНИМИ ПАСТАМИ

Дяченко С.С. , Костик В.О. , Літис К.О.

Розроблена проста для застосування й енергетично вигідна технологія борування з нанодисперсних паст вуглецевих і легованих сталей. Проаналізований вплив часу на формування поверхневого дифузійного шару. Показаний вплив легуючих елементів на товщину борованого шару.

Abstract

INCREASE OF MACHINES PARTS SERVICE LIFE BY BORIDING METHOD FROM NANODISPERSED PASTES

S. Dyachenko V. Kostik, E. Litys

Simple for application and energetically favorable technology of boriding from nanodispersed pastes of the carbon and alloyed steels is developed. Influence of time on the surface diffusional layer formation has been analyzed. Influence of alloying elements on a thickness of boriding layer is shown.