

обрабатываемой поверхности, ускоренный подвод диффундирующего элемента, быстрый нагрев садки, отсутствие перепадов температур в рабочем пространстве, равномерный нагрев обрабатываемых изделий независимо от их размеров и формы, возможность проведения ХТО в негерметизированной камере, легкая адаптация устройства при изменении вида обработки (ТО ↔ ХТО), широкий диапазон рабочих температур.

Для проведения термодиффузионных процессов - цементации, нитроцементации и борирования были опробованы следующие схемы псевдооживления: аэродинамическое псевдооживление с использованием инертного или химически активного газа, псевдооживление механической вибрацией, а также совмещение этих схем. На основании изучения технологических характеристик используемых порошковых сред и проведенных экспериментов для осуществления процесса борирования был выбран аэродинамический способ псевдооживления с использованием азота в качестве флюидизирующего газа, а для цементации и нитроцементации - псевдооживление механической вибрацией.

С использованием метода конечных элементов было рассчитано и экспериментально подтверждено время достижения на обрабатываемых в порошковых средах изделиях рабочей температуры печи при печном нагреве и при использовании псевдооживления. В первом случае время достижения рабочей температуры на изделиях составляет от 1 до 1,5 часа в зависимости от вида насыщающей смеси. Во втором - от 1,5 до 2 минут.

Микротвердость и твердость стали 20 после проведения цементации и нитроцементации в псевдооживленном слое с использованием вибрации и при традиционном печном нагреве идентичны. Проведение борирования сталей 20, 4Х5МФС, Х12МФ аэродинамическим псевдооживлением с использованием азота не позволило достичь результатов по твердости и толщине слоя, получаемых при традиционном печном нагреве.

УДК 621.785.5

### **Структура и химический состав диффузионных слоев на основе бора, получаемых из синтезированных порошковых сред**

Кухарева Н.Г., Галынская Н.А., Петрович С.Н.

Белорусский национальный технический университет

Насыщающие борлирующие среды на основе боридов железа и тугоплавких металлов были получены в процессе внепечной алюмотермии по принципу СВС – процесса. Установлено, что на углеродистых и легированных сталях при обработке из синтезированных сред в зависимости от их состава формируются как однофазные ( $Fe_2B$ ), так и двухфазные ( $FeB + Fe_2B$ ) слои. Сравнительный анализ термодинамических расчетов и резуль-

татов экспериментальных данных подтвердил результаты, полученные ранее: фазовый состав боридного слоя определяется интенсивной, а не экстенсивной концентрацией бора, которая характеризует мощность диффузионного источника, то есть фазовый состав боридного слоя определяется, главным образом, видом борсодержащего вещества в насыщающей среде, а не долей бора в ней.

Термодинамическое моделирование синтеза порошковых сред позволило установить вещества и их сочетания, которые при последующем проведении химико-термической обработки могут являться источниками атомов бора. Установлено, что такими соединениями в исследованных порошковых средах могут быть  $AlB_{12}$ ,  $AlB_2$ ,  $CrB_2$ ,  $CrB$ ,  $ZrB_2$ ,  $Ni_4B_3$ ,  $FeB$ .

Структуры диффузионных слоев, полученных из синтезированных сред на основе бора имеют характерное игольчатое строение, на легированных сталях ( $4X5M\Phi C$ ,  $X12M\Phi$  и др.) игольчатое строение значительно менее выражено. Толщина диффузионных слоев на углеродистых и легированных сталях в 1,2 - 1,8 раза превосходит толщину слоев, полученную на этих сталях из традиционных алюмотермических сред. При этом толщина диффузионных слоев на углеродистых сталях на порядок выше, чем на инструментальных.

Микротвердость полученных диффузионных слоев значительно выше и ее значения внутри каждой из фаз не постоянны, а меняются от минимальных до максимальных значений.

По результатам микрорентгеноспектрального анализа исследуемых диффузионных слоев на основе бора количество бора в ней изменяется в пределах от 8 до 35 %, что позволило высказать предположение о возможности образования в этих слоях высокобористых твердых растворов на основе решетки  $\beta$ -ромбического бора, либо соединения  $FeB_2$ , имеющего гексагональную структуру типа  $B_{27}$ .

УДК 621.785.5

### **Карбонитрация в кипящем слое**

Кухарева Н.Г., Петрович С.Н., Стасевич Г.В.

Белорусский национальный технический университет

Процесс термодиффузионной карбонитрации из порошковых сред достаточно широко применяется в промышленном производстве для повышения эксплуатационной стойкости металлорежущего инструмента и прессоштамповой оснастки. Снижение материалоемкости данного процесса упрочнения изделий может быть достигнуто использованием термодиффузионной обработки в кипящем слое.