

КИНЕТИКА НАСЫЩЕНИЯ АЗОТОМ И УГЛЕРОДОМ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ГОРЯЧЕЙ ШТАМПОВКОЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ

Проус Н.Г., Егоров М.С., Сухомлинова В.В.

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская федерация

Аннотация. В работе рассмотрены вопросы, посвященные кинетике насыщения высокоплотных порошковых материалов, полученных горячей штамповкой (ГШ). Исследовано влияние поверхностной обработки, температуры и времени насыщения азотом и углеродом поверхности высокоплотных порошковых материалов. Приведены графики влияния этих факторов. Описаны структуры диффузионного слоя и влияние особенностей поверхностного строения высокоплотных порошковых материалов на насыщение азотом и углеродом. Проведены сравнительные исследования по насыщению поверхностного слоя при НЦ высокоплотных порошковых материалов и катаных сталей. Установлено, что толщина диффузионного слоя на порошковом железе больше, чем на низкоуглеродистой электротехнической стали и величина различия незначительно уменьшается с увеличением температуры.

Ключевые слова: Поверхностное насыщение, материал порошковый, структура, глубина диффузионного слоя, кинетика.

NITROGEN AND CARBON SATURATION KINETICS OF POWDERED MATERIALS OBTAINED BY HOT STAMPING IN THE PRODUCTION OF COMPLEX FORM PARTS

Prous N.G., Egorov M.S., Sukhomlinova V.V.

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract. The processes occurring at saturation of the surface with various elements. The paper deals with issues related to the kinetics of saturation of high-density powder materials obtained by hot stamping (GS). The effect of surface treatment, temperature and time of saturation of the surface of high-density powder materials with nitrogen and carbon is investigated. The graphs of the influence of these factors are given. The structures of the diffusion layer and the effect of the surface features of high-density powder materials on saturation with nitrogen and carbon are described. Comparative studies on the saturation of the surface layer at the SC of high-density powder materials and rolled steels have been carried out. It is established that the thickness of the diffusion layer on the iron powder is greater than that on low-carbon electrical steel and the magnitude of the difference slightly decreases with increasing temperature.

Keywords: surface saturation, powder material, structure, diffusion layer depth, kinetics

Одним из путей упрочнения деталей машин является химико-термическая обработка (ХТО) элементами внедрения. Создание диффузионного слоя при нитроцементации (НЦ) на поверхности изделий увеличивает надежность и долговечность последних. Особенности строения порошковых материалов определяют кинетику насыщения при нитроцементации.

Материалы, полученные горячей штамповкой (ГШ), отличаются от стандартных катаных сталей, и это оказывает влияние на особенности кинетики их насыщения при нитроцементации.

Исследовалось влияние исходного состояния поверхности высокоплотных порошковых материалов, температуры процесса и его продолжительности на толщину диффузионного слоя. Использовались образцы из порошкового железа после ГШ, ГШ и шлифования на глубину 1,0мм, а также ГШ и травление в ортофосфорной кислоте. НЦ проводили при 1133К в течение 4 часов.

Полученные результаты, показали, что толщина слоя, полученного на образцах после ГШ, превышала на 18% толщину слоя, формируемого на шлифованной поверхности, и была на 8% меньше, чем на образцах, подвергнутых травлению. Объясняется это тем, что порошковые материалы, полученные ГШ, при остаточной пористости 1-3% имеют на поверхности открытые тупиковые поры.

В ряде публикаций [1, 2] было отмечено неравномерное распределение пористости по объему, изделий, полученных ГШ. При общей пористости 1-3% в центре образца она составляла более 5% в области, прилегающей к поверхностному слою. Ускоренное охлаждение поверхностного слоя при контакте со стенками относительно холодной матрицы является одной из основных причин увеличения

количества пор в поверхностном слое материалов, полученных ГШ, по сравнению со средним их количеством. Это приводит к возрастанию сопротивления материала деформированию и недоуплотнению этой зоны. Поры на поверхности изделия повышают шероховатость, а с ее увеличением растет адсорбция диффундирующих элементов на поверхности и скорость их диффузии. Дефектный слой на поверхности, удаленный при шлифовании, уменьшает скорость формирования диффузионного слоя. При травлении поверхности изделий она очищается от смазки и оксидов, что ведет к увеличению активной поверхности и толщины диффузионного слоя.

Значительное влияние на формирование структуры материала поверхностного слоя в процессе НЦ оказывает температура [2, 3].

Проведенные исследования показали, что повышение температуры НЦ ведет к увеличению общей толщины диффузионного слоя (рис. 1) а

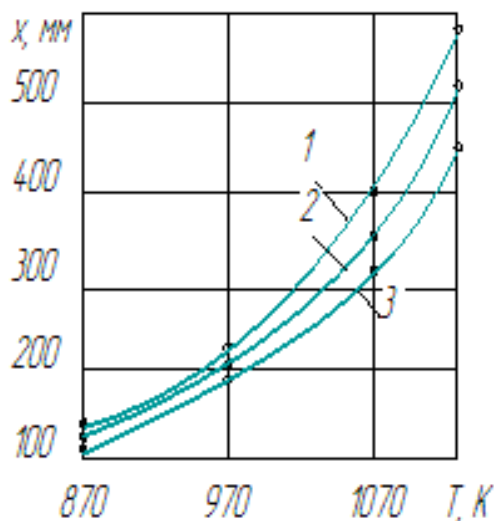


Рисунок 1 – Общая толщина диффузионного слоя на порошковом железе и на сталях в зависимости от температуры НЦ: 1-порошковое железо; 2-сталь 20п; 3-сталь 40п

Изменение общей толщины диффузионного слоя, как на порошковом железе, так и на сталях близок к экспоненциальной зависимости. Толщина нитроцементованного слоя уменьшается, с повышением содержания углерода в исходном составе стали. Это объясняется тем, что у сталей с большим содержанием углерода перепад концентрации его на поверхности и сердцевине уменьшается, что ведет к замедлению процесса диффузии. С увеличением температуры процесса превалирующее влияние оказывает диффузия углерода.

Структура диффузионного слоя, формируемого в процессе НЦ на порошковом железе, не отличается от структуры, получаемого на сталях. Но с ростом содержания углерода в сердцевине наблюдается снижение градиента углерода в диффузионном слое и его эффективной глубины.

На изменение структуры нитроцементованного слоя, в большей степени, оказывает температура процесса. При повышении температуры НЦ уменьшается скорость диффузии азота и повышается – углерода. Это обуславливает образование при пониженных температурах карбонитридных зон на базе нитридов, а при повышенных – на основе решетки цементита (рис. 2).

Отмечено, что в течение первых 2 - 6 часов наблюдается интенсивный рост слоя, а затем скорость его образования уменьшается. Это связано с уменьшением перепада концентрации углерода и азота на поверхности образца и в насыщающей атмосфере. Образование карбонитридной зоны на поверхности при низких температурах является дополнительной причиной замедления диффузии [3,4].

Для сравнения результатов НЦ порошковых материалов, полученных ГШ с минимальной остаточной пористостью и стандартных катаных сталей, была проведена НЦ в течение 4 часов.

В результате проведенных исследований установлено, что толщина диффузионного слоя на порошковом железе больше, чем на электротехнической стали, с низким содержанием углерода, и величина относительного различия уменьшается с увеличением температуры незначительно [5].

Порошковые материалы, полученные ГШ, отличаются от катаных сталей особенностями их строения: мелкозернистой структурой; повышенной дефектностью структуры; наличием остаточной пористости; наличием тупиковых пор и микронеровностей на поверхности; Этим объясняется, увеличение толщины диффузионного слоя на образцах из порошковых материалов, полученных ГШ, в сравнении с катаными сталями.

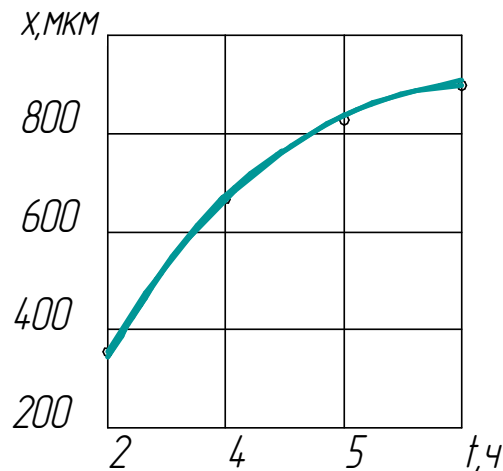


Рисунок 2 – Зависимость толщины диффузионного слоя от продолжительности насыщения

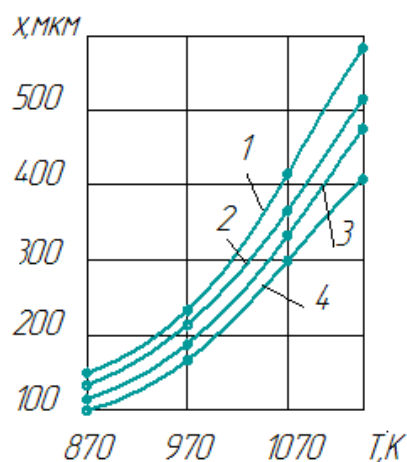


Рисунок 3 – Влияние температуры насыщения на толщину диффузионного слоя:

1 – порошковое железо; 2 – сталь 20п; 3 – низкоуглеродистая электротехническая сталь; 4 – сталь 20

Распределения азота и углерода в диффузионном слое на порошковом железе и стали отличается. При одинаковых условиях насыщения на поверхности порошковых материалов происходит образование тонкой карбонитридной зоны, не наблюдаемой на низкоуглеродистой электротехнической стали. Это увеличивает поверхностную твердость.

Переходная зона на высокоплотных порошковых материалах отличается от зоны получаемой на стандартных сталях. Она имеет плавный характер с преимущественной диффузией по границам зерен.

Проведенные исследования позволили выбрать и рекомендовать оптимальные параметры нитроцементации для высокоплотных порошковых материалов. Порошковые материалы получили широкое распространение при изготовлении таких деталей, как втулки, фланцы, зубчатые колеса. Они могут использоваться также в изделиях сельхозмашиностроения.

Список использованных источников

1. Порошковая металлургия. Спеченные и композиционные материалы: Пер. с нем. / Под ред. Шатта В. – М.: Металлургия, 1983. – 520 с.
2. Дорофеев Ю.Г., Мирошников В.И., Проус Н.Г. Нитроцементация порошковых материалов, полученных методом ДГП. Сб. науч. Тр. IV Всесоюз науч. тех. Конф. «Химико-термическая обработка металлов и сплавов». Минск, 1984, 78-90 с.
3. Сычев А.Г., Проус Н.Г. Формирование диффузионных слоев при химико-термической обработке высокоплотных порошковых материалов /Изв. Сев.- Кавк. научн. центра высш. шк., – Техн. Науки –1986. - №3. 37– 41 с.
4. Дорофеев Ю.Г., Проус Н.Г., Мирошников В.И. Нитроцементация пористых п / м заготовок. Советская порошковая металлургия и металлокерамика. 1985. Т24, №1 32-35 с.

5. Проус Н.Г., Корчагина М.В. , Сухомлинова В.В., Олейников И.В. Нитроцементация порошковых материалов: Сб. науч. трудов VI Международной науч.-практ. Конф. "Инновационные технологии в науке и образовании -2018" -20018. 442-444с.

Работа выполнена в рамках инициативной НИР.