

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА СТАЛЕЙ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ВАЛКОВ ДЛЯ ПРОФИЛИРОВАННОЙ НАКАТКИ СТАЛЬНОГО ЛИСТА

М. В. СИТКЕВИЧ, д-р техн. наук
Белорусский национальный технический университет

В статье рассматривается технология диффузионного упрочнения без использования специального оборудования. Технология основана на применении новых видов диффузионноактивных смесей для карбоазотирования, которыми засыпаются готовые, изготовленные в окончательный размер, изделия. Процесс проводится в обычных печах с воздушной атмосферой. Обеспечивается увеличение долговечности изделий за счет повышения твердости, износостойкости поверхностных слоев. Технология предназначена для упрочнения быстроизнашивающихся деталей деформирующей оснастки, инструмента, оборудования.

Ключевые слова: технология диффузионного упрочнения, смеси, карбоазотирование, повышенная твердость поверхностных слоев, быстроизнашивающиеся детали оснастки.

STRUCTURE AND PROPERTIES OF STEELS FOR THE MANUFACTURE OF LARGE-SIZED ROLLS FOR PROFILED ROLLING OF STEEL SHEET

M. V. SITKEVICH, Dr. of Engineering Sciences
Belarusian National Technical University

The article discusses the technology of diffusion hardening without the use of special equipment. The technology is based on the use of new types of diffusion-active mixtures for carbonitriding, which are covered with finished products made in the final size. The process is carried out in conventional furnaces with an air atmosphere. An increase in the durability of products is provided by increasing the hardness, wear resistance of the surface layers. The technology is designed for hardening of wear-resistant parts of die tooling, tools, equipment.

Keywords: diffusion hardening technology, mixtures, carbonitriding, increased hardness of surface layers, wear-resistant parts of dies tooling.

В работе представлены результаты исследований образцов сталей Х6ВФ, 6Х6ВЗСМФ, 6Х4М2ФС, 6ХЗВЗМФС, Х12М. Указанные стали используются для изготовления крупногабаритных, в том числе многотонных и особо дорогостоящих валков при профилированной накатке стального листа. Инструментальная оснастка необходима для производства широко используемой в строительстве металлочерепицы, металлопрофиля и других видов сложно контурных листовых изделий. Работает она в наиболее жестких условиях изнашивания рабочих поверхностей, зачастую сопровождающегося динамическими воздействиями.

Термическая обработка крупногабаритных валков из указанных сталей включает закалку с температур нагрева 1000–1150 °С, отпуск при температурах 520–560 °С. Твердость после термообработки составляет не менее 52–56 HRC. После термической обработки проводится окончательная механическая обработка для устранения неизбежных последствий термообработки – деформации, коробления, окисления и обезуглероживания поверхностного слоя.

Для повышения стойкости такой оснастки целесообразно создавать на их рабочих поверхностях высокотвердые фазы, обеспечивающие повышенную износостойкость в сочетании с приемлемым сопротивлением хрупкому растрескиванию в процессе накатки. С этой точки зрения в первую очередь заслуживают внимания процессы упрочнения, которые проводятся при температурах, сопоставимых с температурами нагрева под отпуск инструмента и технологической оснастки (500–550 °С). При таких температурах поверхностного диффузионного упрочнения, не разупрочняя сердцевину, можно получить существенный прирост износостойкости поверхностного слоя без изменения размеров и состояния поверхности. При этом диффузионное химико-термическое упрочнение целесообразно проводить при температурах на 10–20 °С ниже, чем температура отпуска стальных деталей в обычных камерных печах с воздушной атмосферой.

В настоящей работе химико-термическую обработку (ХТО) проводили при температуре 520 °С в течение 2–6 ч в специально разработанных порошковых смесях для низкотемпературного карбоазотирования, в которых поставщиками диффундирующих атомов являются активированные соединения азота и углерода со стабилизирующими добавками, позволяющими эффективно осуществлять

процессы диффузионного в обычных отпускных камерных электрических печах с воздушной атмосферой без использования специального оборудования.

Как показал микроскопический анализ, в структуре карбозитированных образцов вблизи поверхности исследуемых сталей находится светлая полоска ϵ -фазы. Она представляет собой фазу состава $Fe_{23}(N,C)$ с гексагональной решеткой. Под ней располагается темнотравящаяся зона гетерогенного строения (рисунок 1). В темнотравящейся зоне наряду со структурными составляющими основного материала наблюдаются включения карбонитридов ряда химических элементов, присутствующих в исследуемых сталях.

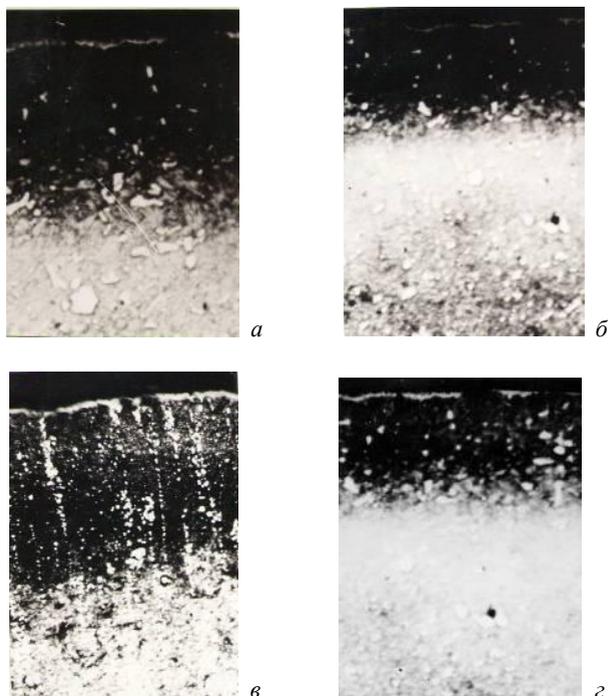


Рисунок 1 – Микроструктуры поверхностных слоев сталей X12M (а, б) и 6Х6ВЗМФС (в, г) после карбозитирования при температуре 520 °С в течение 6 ч (а, в) и 2 ч (б, г)

Установлено, что в случае присутствия в составе сталей таких легирующих элементов как хром, вольфрам, ванадий, молибден и др. наряду с карбонитридами железа в структуре диффузионного слоя появляются и карбонитриды указанных элементов. Концентрация карбонитридных фаз плавно уменьшается по мере удаления от поверхности к сердцевине, что вызывает уменьшение микротвердости. При этом микротвердость карбонитридов легирующих элементов существенно превышает твердость карбонитридов железа, что приводит к повышению микротвердости всего диффузионного слоя. Причем, чем больше легирующих элементов в стали, тем выше твердость.

Результаты исследований микротвердости карбоазотированных образцов сталей Х6ВФ, 6Х6В3СМФ, 6Х4М2ФС, 6Х3В3МФС, Х12М представлены на рисунках 2, 3. Микротвердость измерялась на изготовленных микрошлифах с помощью прибора ПМТ-3 путем вдавливания в исследуемую поверхность алмазной пирамиды при нагрузке 0,49 Н.

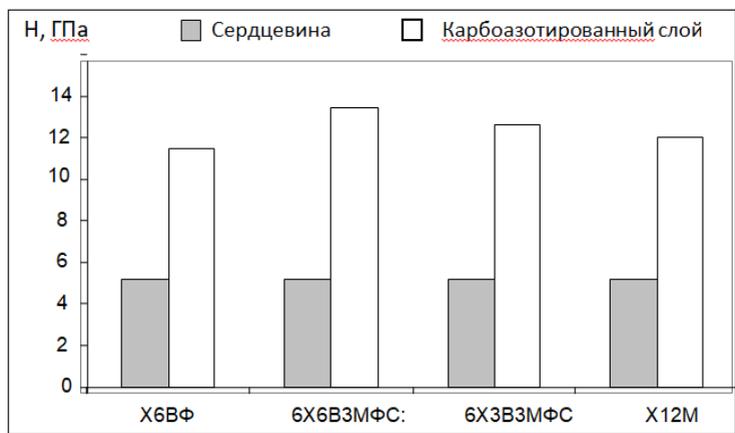


Рисунок 2 – Микротвердость карбоазотированных сталей, полученных при температуре ХТО 520 °С за 2 ч

Как видно из представленных на рисунках 2, 3 результатов диаметрических измерений, микротвердость исследованной поверхности практически не изменяется при увеличении длительности

карбозотирования. Однако увеличение времени ХТО с 2 до 6 ч приводит к существенному росту толщины диффузионного слоя (рисунок 1).

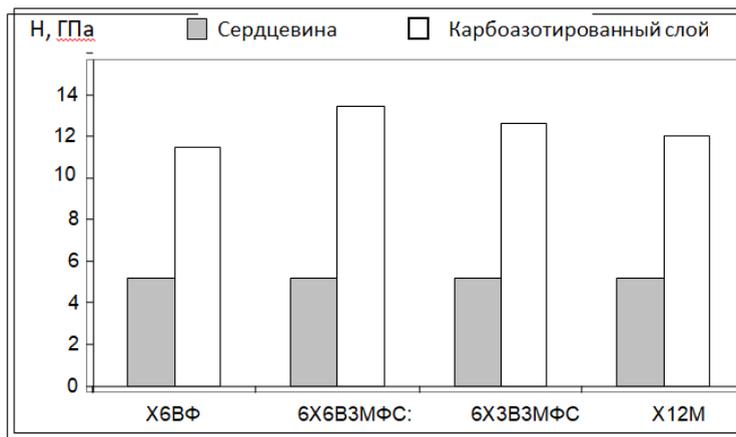


Рисунок 3 – Микротвердость карбозотированных сталей, полученных при температуре ХТО 520 °С за 6 ч

Из рисунков 2, 3 видно, что наиболее высокая твердость наблюдается вблизи поверхности после карбозотирования для самой высоколегированной стали 6X6B3MFC (6 % хрома и 3 % вольфрама) и составляет 13,5 ГПа. Для стали X6BF (6 % хрома и без вольфрама, молибдена и кремния) микротвердость ниже и находится на уровне 11,5 ГПа, для сталей 6X3B3MFC и X12M микротвердость составляет 12–13 ГПа.

В условиях реального производства при упрочнении крупногабаритных цилиндрических стальных деталей их помещают в металлический контейнер, засыпают диффузионноактивной смесью и выдерживают в камерных печах при температурах нагрева под отпуск несколько часов в печах с воздушной атмосферой. Контейнер можно изготовить из стальной трубы, внутренний диаметр которой на 20 мм больше, чем наружный диаметр накатного валка. При отсутствии трубы нужного диаметра можно изготовить сварной контейнер коробчатого типа из листовой стали. Так как расчетная масса накатного валка при диаметре 360 мм и длине 2600 мм составля-

ет примерно 1,5 т, необходимо особое внимание обратить на прочность приваренного дна и сварного шва в контейнере. Время диффузионного упрочнения при температурах 520–530 °С составляет 6–8 ч после полного прогрева контейнера.

Таким образом, приведенная технология позволяет обеспечить повышение долговечности изделий без использования специального оборудования и может быть использована для упрочнения быстро изнашивающихся деталей деформирующей оснастки, инструмента, оборудования.

Поступила 20.10.2023

Received 20.10.2023