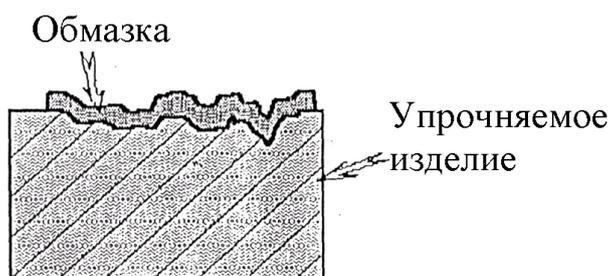


## ПРОЦЕССЫ ДИФФУЗИОННОГО УПРОЧНЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ СТАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПЕЦОБОРУДОВАНИЯ

М.В. Ситкевич, д-р техн. наук проф.  
Белорусский национальный технический университет  
(г. Минск, Республика Беларусь)

Для повышения свойств поверхностных слоев стальных деталей могут быть выполнены различные методы диффузионного упрочнения. В производственных условиях многих предприятий предпочтение отдают процессам упрочнения и восстановления, протекающим в условиях нагрева в обычных камерных печах с окислительной атмосферой без использования специального оборудования и устройств.

Применительно к крупногабаритным изделиям (кузнечные штампы, штампы холодного деформирования металлов, металлоформы литья и прессования материалов, быстроизнашивающиеся детали машин и оборудования) технология основана на применении новых видов диффузионноактивных обмазок (имеются патенты на изобретения). Обмазка наносится на рабочие части готовых, изготовленных в окончательный размер изделий (рис 1). Процессы проводятся в обычных камерных печах с воздушной атмосферой при температурах от 500 до 1000 °С в зависимости от вида диффузионного упрочнения с привязкой к конкретным типам изделий. Возможно совмещение с традиционными процессами закалки или отпуска стальных деталей.



**Рисунок 1 – Схема нанесения обмазки на поверхность изделия**

Применительно к мелко- и среднегабаритным изделиям (метчики, долбяки, свёрла, развертки, зенкеры, фрезы, резцы, пресс-формы для литья и прессования материалов, матрицы и пуансоны штамповой оснастки, быстроизнашивающиеся детали машин и оборудования и др.) технология основана на применении новых видов диффузионноактивных смесей (имеются патенты на изобретения), которыми засыпаются готовые, изготовленные в окончательный размер изделия. Процессы проводятся в металлических контейнерах, которые загружаются в обычные камерные печи с воздушной атмосферой. Температуры процессов от 500 до 1000 °С в зависимости от вида упрочнения с привязкой к

конкретным типам изделий. Возможно совмещение диффузионного насыщения с традиционными процессами отпуска (450–600 °С) стальных деталей.

В работе показана возможность использования двух направлений процессов диффузионного упрочнения – высокотемпературного и низкотемпературного. Например: процесс боросилицирования проводится при температурах 850–1000 °С и на углеродистых и низколегированных сталях формируются диффузионные слои с повышенной твердостью (свыше 13 ГПа) вследствие чего износостойкость при определенных параметрах испытаний возрастает более чем в 6 раз. Процесс борокарбонитрирования проводится при температурах 450–600 °С. При этом на инструментальных сталях типа Х, 9ХС, ХВГ формируются диффузионные слои с микротвердостью до 8–8,5 ГПа, а на сталях типа Р6М5, Х12М, 3Х3МЗФ, 4Х5МФС – более 12 ГПа.

**Положительные результаты:** за счет диффузионного насыщения металлической поверхности различными химическими элементами обеспечивается увеличение твердости, износостойкости, теплостойкости, разгаростойкости, коррозионной стойкости поверхностных слоев деталей и как результат повышение их долговечности. При определенных параметрах возможно восстановление изношенных поверхностей за счет их диффузионного наращивания, а также диффузионное «залечивание» мелких трещин, толщиной до 10 мкм.

**Принципиальные преимущества:** повышение стойкости в 2–10 раз в зависимости от вида изделий, совмещение с традиционными процессами закалки или отпуска, сохранение неизменной шероховатости поверхности. Возможна замена дорогостоящих легированных сталей на углеродистые, прошедшие химико–термическую обработку.

УДК 669.018:621.793

## **ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ В ПРОЦЕССЕ ИОННОГО ОСАЖДЕНИЯ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ**

А.С. Калиниченко, д-р техн. наук,  
В.А. Калиниченко, канд. техн. наук, Д.В. Воробьев  
Белорусский национальный технический университет  
(г. Минск, Республика Беларусь)

**Введение.** Создание рабочих слоев различной толщины и структуры является важной задачей повышения надежности и ресурса работы машин и деталей, поскольку именно износ поверхности лимитирует как передаваемые нагрузки, так и срок службы узлов. Существует много методов восстановления изношенных поверхностей или придания им особых свойств. Одним из таких методов является управляемое ионное осаждение из водных растворов, характеризующееся невысокой энергоемкостью и отсутствием в электролите сильных кислот. Применяя методы ионного осаждения из водных растворов, можно