

тающих в условиях коррозии и износа. Чугунные форсунки для распыления малярных составов, направляющие для навивки проволоки, детали нефтедобывающих насосов, на которые были нанесены различные диффузионные карбидные покрытия, прошли промышленные испытания; в результате износостойкость чугунных изделий возросла в 1,5-5 раз, по сравнению с неупрочненными.

Следует отметить, что замена чистых металлов на оксиды карбидообразующих металлов, необходимых для приготовления порошковых насыщающих смесей, позволила существенно (2-10 раз) снизить стоимость этих смесей, увеличив экономичность и применяемость предлагаемого процесса высокотемпературной химико-термической обработки.

ВЫВОДЫ

Предложен простой и эффективный метод получения износостойких многокомпонентных карбидных покрытий на чугунных изделиях путем их химико-термической обработки, который расширит применение чугунов в различных областях промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б.Г. Лившиц, В.С. Крапошин, Я.Л. Линецкий Физические свойства металлов и сплавов, М. Металлургия, 1980. - 320 с. 2. Самсонов Г.В., Винницкий И.М. Тугоплавкие соединения. -М.: Металлургия, 1976. - 560 с. 3. M.G. Hocking, V.Vasantasree, P.S.Sidky Metallic and Ceramic Coatings. Production, Properties and Applications – London, New York, 2000 - 518 p. 4. Ф.С.Новик Математические методы планирования экспериментов в металловедении, ч. IV, М., МИСиС, 1971.- 148 с.

УДК 621.793, 621.787

Шматов А. А., Девойно О.Г.

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЕ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЕ УПРОЧНЕНИЕ ИНСТРУМЕНТА

*Белорусский национальный технический Университет
Минск, Беларусь*

Для повышения износостойкости и долговечности инструмента и деталей машин на практике широко применяют различные технологии получения износостойких и коррозионно-стойких покрытий. К лучшим низкотемпературным способам поверхностного упрочнения относится процесс CVD (химического осаждения из паровой фазы), активируемый плазмой для осаждения на поверхность изделий таких тонких пленок из тугоплавких соединений, при которых не меняются размеры изделий [1]. Но этот способ крайне трудоемок, мало производителен и энергоемок, требует применения дорогостоящего вакуумного оборудования и большого расхода дефицитных компонентов. Тонкие пленки можно нанести только на видимые поверхности изделий и невозможно осадить на внутренние их полости. Кроме того, минимальная температура процесса 300-350°C, поэтому способ не может быть применим для деталей машин и инструментов, изготовленных из не теплостойких конструкционных и инструментальных сталей по причине их разупрочнения.

В последние годы большое внимание уделяется развитию нанотехнологий, наноматериалов и применению их в технике. В частности, в машиностроении довольно успешно используют такие синтетические добавки, как фуллерены (наноалмазы), вводимые вместе со смазочными материалами в зону трения деталей машин, поскольку они существенно снижают силы трения и в результате повышают долговечность машин. Последнее объясняется тем, что синтетические молекулы - фуллерены C₆₀ состо-

из 60 атомов углерода, которые выстраиваются в виде правильных пяти- и шестиугольников и вместе составляют шар. В свою очередь, эти вращающиеся шарики, располагаясь между двумя трущимися поверхностями, выполняют функцию «безыносного» подшипника [2,3]. Однако, вопросы, связанные с нанесением на поверхность деталей машин и инструмента наноразмерных тугоплавких соединений, в т.ч. и фуллеренов, различными низкотемпературными способами, т.е. при температуре нанесения ниже 300-350°C, практически не изучены. С другой стороны, все известные низкотемпературные (при температуре процесса ниже 100°C) химические покрытия, получают в водных химических растворах или суспензиях, не содержащих и не образующих наноразмерные тугоплавкие соединения [4,5].

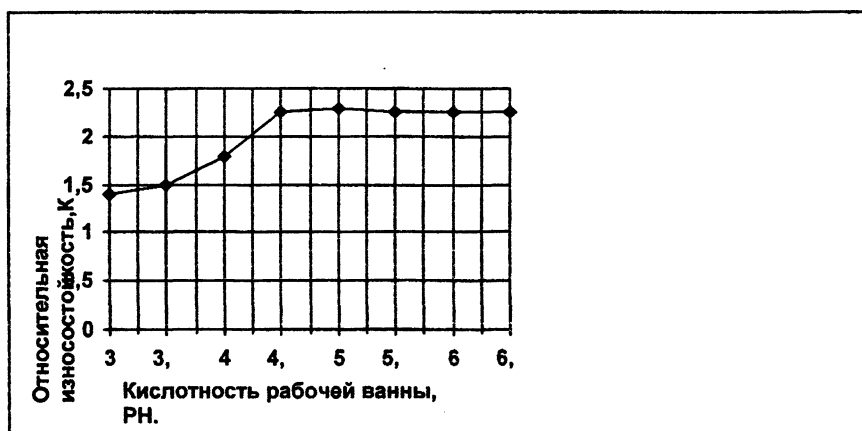
В связи с вышесказанным целью настоящей работы явилось разработка и изучение простого низкотемпературного процесса нанотермохимической обработки готово-



а)



б)



в)

Рисунок 1 - Влияние параметров процесса химической обработки при НТХО на износостойкость фрез, изготовленных из P18

го стального инструмента для получения тонких пленок на базе карбида (или нитрида титана) с высокими эксплуатационными свойствами.

МЕТОДИКА

В работе разработан и изучен низкотемпературный процесс нанотермохимической обработки (НТХО), который обеспечивает упрочнение стального инструмента путем проведения двух операций: (а) химической обработки поверхности сталей при температуре 40-90°C в течение 30-60 минут в специальной водной суспензии на базе ультра-, нанокарбида (или нитрида) титана и карбидо-(нитридо)образующих компонентов и (б) последующей термической выдержке при температуре 130-200°C в течение 60-120 минут в окислительной среде. Специальную водную суспензию готовили путем последовательного введения и механического смешения водорастворимых соединений титана, карбидо-(нитридо)содержащих соединений в различных сочетаниях вместе с нерастворимыми ультрадисперсными, наноразмерными порошками карбида (или нитрида) титана и наноалмаза при температурах ниже температуры проведения процесса. Перед употреблением рабочего раствора дополнительно вводили активаторы процесса: водорастворимые органические поверхностно-активные вещества и неорганические вещества с сильными восстановительными свойствами. Стальные образцы помещали и выдерживали в ванне со специально приготовленной водной суспензией, нагретой до температур проведения процесса. Для подготовки поверхности стальные образцы предварительно обезжировали и выдерживали в кислоте соляной кислоты в течение 2-5 минут, а после каждой операции подготовки и химической обработки поверхности образцы промывали в воде. В Работе процессы НТХО изучали на быстрорежущей стали P18 (18% W).

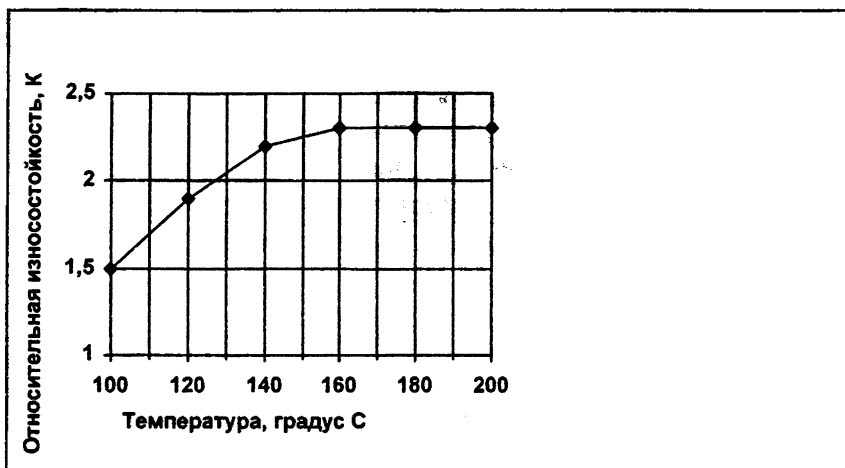
Структуру и фазовый состав покрытий изучали методами микроструктурного, дюрOMETрического, рентгеноструктурного и микрорентгеноспектрального анализов. Сравнительные испытания на износ проводили путем фрезерования нержавеющей стали 40X13 (HВ 320) концевыми фрезами из стали P18 (диаметром 8 мм), подвергнутых НТХО и без упрочнения. Режимы резания упрочненных фрез были следующие: скорость фрезерования $V_c = 5$ м/мин, подача $f_z = 0,01$ мм, глубина фрезерования $a_p = 2$ мм, ширина фрезерования $a_f = 8$ мм. Показатель относительной износостойкости инструмента определяли по формуле $K_w = t_2/t_1$, где t_1 - время работы (или длина пробега) концевой фрезы без упрочнения, t_2 - время работы концевой фрезы, обработанной НТХО до образования критериального значения лунки износа $V_{B_{max}}$, равного 0,25 мм.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

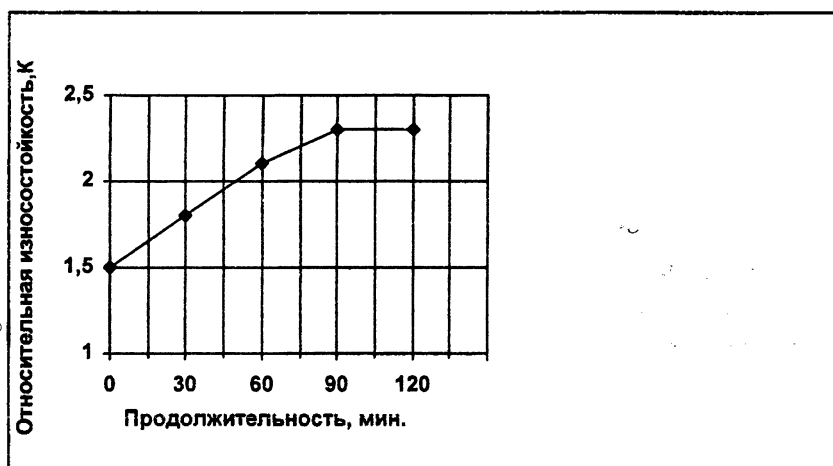
По-видимому, процесс низкотемпературной термохимической обработки (НТХО) имеет двойственный характер упрочнения: во-1-х, на поверхности формируются несплошные покрытия толщиной 0.5-4 мкм, содержащие включения нанокарбидов или нанонитридов титана или их смеси. Данные карбиды (нитриды) образуются и растут на поверхности сталей на базе ультрадисперсных и наноразмерных зародышей карбидов – составляющих водных суспензий в результате химического взаимодействия ионов титана с углеродом (азотом) 2-х, на глубине 1-2 мм в твердых сплавах формируется зона повышенных напряжений сжатия и изменяется химический состав подложки в результате ее пропитки наноразмерными карбидами (или нитридами). Объяснить такие внутренние изменения можно эффектом Ребиндера. Данный эффект носит адгезионный характер взаимодействия поверхности любого твердого тела с жидкой окружающей средой и достигается при взаимодействии твердых тел с поверхностно-активными веществами. В результате такого физико-химического влияния окружающей среды чаще всего наблюдается снижение прочности и пластичности твердых тел за счет уменьшения поверхностной энергии тела. Та кое влияние носит обратимый характер, т.е. после удаления с поверхности твердого тела поверхностно-активных веществ механические свойства тел обычно полностью восстанавливаются. Однако име-

ется несколько примеров, когда в результате прекращения воздействия среды механические свойства не только восстанавливаются, но и возрастают [3,6].

В результате сравнительных испытаний фрез, упрочненных методом НТХО установлено, что их износостойкость зависит от химического состава и кислотности водной суспензии, температуры и времени проведения процесса химической обработки. Наиболее приемлемыми параметрами процесса химической обработки при НТХО сталей являются: температура 80-90°C (Рис.1.а), время 40-60 мин. (Рис.1.б), кислотность рабочей ванны РН 4,5-6,5 (Рис.1.в), что позволяет достичь максимальной износостойкости фрез. Проведение последующей термической выдержки при НТХО повышает износостойкость стального инструмента. Оптимальными параметрами термообработки сталей в окислительной среде являются: температура 150-200°C (Рис. 2.а), время 1-1,5 часа (Рис. 2.б).



а)



б)

Рисунок 2 - Влияние параметров термообработки при НТХО после химической обработки на износостойкость фрез, изготовленных из Р18.

Предполагаемая картина образования термохимических покрытий, по-видимому, следующая: (а) при химической обработке на поверхности сталей осаждаются дисперсные включения наноалмаза, нанокарбида или нитрида титана и металлоорганические комплексы на их основе; микротвердость химических покрытий не превышает 7000 МПа. (б) последующая изотермическая выдержка разлагает эти комплексы и приводит к образованию на базе зародышей наночастиц карбидов (или нитридов) и их коагуляции; микротвердость полученных термохимических покрытий достигает 20000-30000 МПа.

Предполагаемая картина образования термохимических покрытий, по-видимому, следующая: (а) при химической обработке на поверхности сталей осаждаются дисперсные включения наноалмаза, нанокарбида или нанонитрида титана и металлоорганические комплексы на их основе; микротвердость химических покрытий не превышает 7000 МПа. (б) последующая изотермическая выдержка разлагает эти комплексы и приводит к образованию на базе зародышей наночастиц карбидов (или нитридов) и их коагуляции; микротвердость полученных термохимических покрытий достигает 20000-30000 МПа.

ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты лабораторных и производственных испытаний свидетельствуют о том, что НТХО с использованием оптимальных составов водных суспензий на базе нанокарбидов (нанонитридов) титана позволяет существенно увеличить износостойкость стального инструмента, изготовленного из различных инструментальных сталей. Наибольшие показатели износостойкости достигаются при обработке труднообрабатываемых нержавеющей и цветных сплавов. Промышленные испытания термохимически упрочненного инструмента, проведенные за пределами Беларуси, показали увеличение стойкости как режущего, так и штампового инструмента в 1,8-3 раза выше, по сравнению с необработанным (табл.1).

Таблица 1 - Результаты промышленных испытаний за рубежом, готового режущего инструмента, упрочненного НТХО

Вид инструмента	Место проведения испытаний инструмента	Повышение износостойкости инструмента, раз
метчики	“VUHZ” (Czechia), “Daewoo” (Korea)	2 – 3
ленточные пилы	“VUHZ” (Czechia)	2,5 – 3
сверла	“Stock” (Germany), “PS” (Slovakia)	1,8 – 2,9
ножи	“Skloplast” (Slovakia)	1,9 – 2,2
штампы	“ZVL-LSA” (Slovakia)	1,8 – 2

Процесс использован на нескольких предприятиях Беларуси и России. Применяя «низкотемпературную термохимическую обработку» некоторые белорусские предприятия в настоящее время изготавливают для нужд аэрокосмических и энергетических компаний России различных режущий и штамповый инструмент, предназначенный для механической обработки нержавеющей, жаропрочных, титановых и других труднообрабатываемых сплавов.

ВЫВОДЫ

Предложен простой, высокопроизводительный и эффективный метод получения износостойких покрытий на готовом стальном инструменте путем его термохимической обработки, который расширит возможности современных способов поверхностного упрочнения инструмента.

ЛИТЕРАТУРА

1. M.G. Hocking, V.Vasantasree, P.S.Sidky Metallic and Ceramic Coatings. Production, Properties and Applications – London, New York, 2000, 518 p. 2. Балабанов В.И., Ищенко С.А., Беклемышев В.И. Триботехнологии в техническом сервисе машин. - М.: Изумруд, 2005.- 192 с. 3. Гаркунов Д.Н., Корник П.И. Виды трения и износа. Эксплуатационные повреждения деталей машин. - М.: Изд-во МСХА, 2003. –.344 с . 4. П.С. Мельников Справочник по гальванопокрытиям в машиностроении.—2-е изд.-М.: Машиностроение, 1991.- 384 с. 5. Вансовская К.М. Металлические покрытия, нанесенные химическим способом.- Л.: машиностроение, Ленингр. Отделение, 1985.- 103 с. 6. Фридман Я.Б. Механические свойства металлов. Т.2. - М.: Машиностроение, 1974.