

цевиной сохраняют игольчатое, так как в этой части продолжается рост слоя и диссипации текстуры не происходит.

Борохромированные покрытия успешно прошли производственные испытания на львовском ПО "Кинескоп", Минском заводе стройматериалов, ЭКБ "Мясомолмаш". Применение процесса борохромирования позволило повысить эксплуатационную стойкость деталей от 2 до 8 раз. При внедрении разработанной технологии борохромирования на минском ЭКБ "Мясомолмаш" получен экономический эффект 67 тыс. руб. в год.

ЛИТЕРАТУРА

1. Структура и свойства двухкомпонентных покрытий на никелевых сплавах / Г.В.Земсков, Р.Л.Коган, Е.В.Косс и др. Защит. покрытия на металлах. — Киев, 1967. — С.102—106. 2. К о с с Е.В. Исследование процесса образования и свойств многокомпонентных диффузионных слоев, содержащих бор, хром, титан и алюминий: Автореф. дис ... канд. техн. наук. — М., 1977. — 16 с. 3. К у з ь м а Ю.Б. Кристаллохимия боридов. — Львов, 1983. — 160 с. 4. П а н и ч Г.Г. Исследование периодов кристаллических решеток соединений в диффузионных слоях // Металлургия. — Мн., 1979. — Вып. 13. — С. 151—153. 5. С а м с о н о в Г.В., В и н и ц к и й И.М. Тугоплавкие соединения. — 2-е изд. — М., 1976. — 560 с.

УДК 613.298:672/673:620.193

С.А.ТАМЕЛО, Ю.С.ШОЛПАН

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Применение металлических материалов при контакте с пищевыми продуктами регламентируется санитарными службами. Однако разрешение на использование в машиностроении для пищевой промышленности стали или сплава той или иной марки сопровождается лишь самыми общими указаниями на область применения без учета условий эксплуатации деталей [1]. Так, шнеки для транспортировки пищевых масс, ножи для измельчения овощей и фруктов, изготовленные из углеродистых сталей, подвержены интенсивной коррозии и изнашиванию. Это приводит к быстрому выходу из строя деталей и узлов оборудования, загрязнению пищевых продуктов. Примеси металлов вызывают порчу фруктовых и овощных консервов, ухудшают вкусовые качества пищи [2].

В связи с высокой способностью к схватыванию и низкой стойкостью к коррозионно-механическому изнашиванию аустенитных нержавеющей сталей типа 18-8 в работе [3] не рекомендуется изготавливать из них детали машин.

Перспективным методом защиты деталей и узлов машин от коррозионно-механического изнашивания является нанесение на них покрытий. При всем многообразии металлических, полимерных и других покрытий, используемых для упрочнения деталей машин, нет ни одного разрешенного к применению в случае контакта с фруктами, овощами, соками и т.п.

По данным работы [4], высокую санитарно-гигиеническую надежность имеют решетки волчков для измельчения мяса, подвергнутые диффузионно-

му хромированию. Минздрав СССР разрешил использовать этот процесс для покрытия деталей, находящихся в контакте с пищевыми продуктами мясомолочного и сахарного производства.

Санитарно-химические испытания диффузионных покрытий в модельных средах консервных производств проводились в лаборатории токсикологии Минской СЭС по методике, утвержденной Главным санитарно-эпидемиологическим управлением Минздрава СССР [5]. Модельными средами, имитирующими овощные консервы, маринады, рассолы, служили дистиллированная вода и 2 %-й раствор уксусной кислоты, содержащий 2 % поваренной соли, а имитирующими фрукты, ягоды, соки и консервы из них, — дистиллированная вода и 2 %-й раствор лимонной кислоты.

Объем модельной среды устанавливался из расчета 1 см^3 на 2 см^2 площади поверхности испытываемых образцов. Количество образцов с одним видом покрытий зависело от объема модельной среды, необходимой для исследования миграции химических веществ. Продолжительность выдержки образцов в модельных средах устанавливалась в зависимости от среднего времени взаимодействия изделия с продуктом до загрязнения пищи. Так, для ножей, измельчающих фрукты, деталей запорной арматуры и насосов для перекачки соков, имеющих кратковременный контакт с перерабатываемым продуктом, время экспозиции составляло 3 суток. Если контакт с порцией продукта превышает 2 суток, продолжительность испытаний достигала 10 суток.

О пригодности покрытий к эксплуатации судили на основании следующих требований: 1) поверхность образцов должна быть гладкой, чистой, без пятен наплывов, иметь светлый тон; 2) внешний вид образцов не должен изменяться при воздействии модельных растворов и пищевых продуктов; 3) исследуемые образцы не должны изменять органолептических свойств модельных растворов. При наличии запаха, постороннего вкуса, изменении прозрачности и цвета растворов образец признается непригодным к эксплуатации.

Лишь при выполнении перечисленных требований проводится исследование миграции химических веществ в модельные среды. Наличие в растворе ионов хрома (Cr^{6+}) и ванадия (V^{5+}) определяли фотокалориметрическим методом. Первые — по образованию растворимого соединения красно-фиолетового цвета при взаимодействии ионов хрома с дифенилкарбазидом [5], вторые — по образованию окрашенного соединения пентавалентного ванадия с крезолфталеинкомплексом [6]. Чувствительность метода при определении ионов хрома составляет $0,00015 \text{ мг/л}$, а ионов ванадия — $0,01 \text{ мг/л}$. Наличие никеля (Ni^{2+}) определяли полярографическим методом на приборе ППТ-1. К 250 мл исследуемой модельной среды добавляли 250 мл 1 %-й соляной кислоты и выпаривали раствор на водяной бане досуха. Осадок прокаливали при $500 \text{ }^\circ\text{C}$ и исследовали. Предельно допустимая концентрация ионов никеля в растворе составляет 1 мг/л , а ионы хрома и ванадия не должны обнаруживаться.

На первом этапе исследовали диффузионные карбидные покрытия на образцах из чугуна СЧ 20 и стали 45 после их хромирования, ванадирования, хромосилицирования, хромомолибденирования, хромотитанирования, титанокобальтирования и титанованадирования в 2 %-м растворе лимонной кислоты в течение 10 суток.

Большинство чугунных образцов имели точечные поражения поверхност-

ного слоя, и дальнейшим исследованиям их не подвергали. Модельные среды после выдержки в них стальных образцов с карбидными покрытиями подвергали исследованию на наличие элементов, составляющих покрытие и сердцевину образца. Во всех случаях в модельных средах были обнаружены лишь ионы железа сверх предельно допустимой концентрации. Объяснением может служить то, что электродный потенциал карбидного слоя значительно благороднее потенциала сердцевины. Поэтому проникновение модельной среды по микротрещинам и другим дефектам карбидного слоя к стальной основе вызывает ускоренное растворение последней.

Как отмечалось ранее [7], высокой коррозионной стойкостью отличаются комбинированные гальванодиффузионные покрытия. Дальнейшим исследованиям подвергались покрытия, полученные химико-термической обработкой никелевого гальванического слоя: хромосилицированные и хромованадированные покрытия на образцах из стали 45 и хромотитанованадированные на образцах из чугуна СЧ 20, имеющие максимальную коррозионную стойкость в рассоле, хромотитанованадированное покрытие на образцах из стали 45 — в яблочном соке.

После десятисуточной выдержки образцов в дистиллированной воде исследовалась миграция ионов металлов. Во всех случаях были обнаружены лишь ионы никеля. Для хромотитанованадированного покрытия на чугуне их содержание превышало предельно допустимое. Из исследуемых покрытий на стали лучшие результаты показали хромосилицированные слои. Содержание ионов никеля в модельной среде после экспозиции образцов не превышало 0,01 мг/л. После выдержки хромованадированных и хромотитанованадированных образцов содержание ионов никеля в дистиллированной воде составляло соответственно 0,056 и 0,026 мг/л.

Положительные результаты санитарно-химических испытаний стальных образцов с гальванодиффузионными покрытиями позволили рекомендовать их к применению для защиты ножей для резки яблок, деталей запорной арматуры и насосов для консервных заводов.

Для получения разрешения на применение исследуемые покрытия испытывались в течение 3 суток в модельных средах рассолов и соков. Гальванодиффузионные покрытия удовлетворяли всем предъявляемым требованиям. Обнаруженная миграция в модельные растворы ионов никеля не превышала 20—35 % максимально допустимого уровня.

На основании данных санитарно-химических испытаний Минздрав БССР разрешил применение хромосилицированных и хромованадированных покрытий на никелевой подложке для деталей, контактирующих с рассолами, а хромотитанованадированных — с соками.

Опытная эксплуатация ножей на линии производства яблочного сока Унгенского консервного завода подтвердила высокие защитные свойства хромотитанованадированного покрытия. Ножи с таким покрытием проработали без замены весь сезон переработки яблок. Лабораторные исследования и дегустация выработанного сока показали высокое его качество.

ЛИТЕРАТУРА

1. Супрунчук В.К., Островский Э.В. Конструкционные материалы и покрытия в продовольственном машиностроении. — М., 1984. — 328 с. 2. Рейли К.

Металлические загрязнения пищевых продуктов. — М., 1985. — 184 с. 3. Прейс Г.А., Сологуб Н.А., Некоз А.И. Повышение износостойкости оборудования пищевой промышленности. — М., 1979. — 208 с. 4. Колесниченко Л.Ф., Деркач В.Д., Сухоставец С.В. Защитные покрытия на деталях оборудования продовольственного назначения // Порошковая металлургия. — 1985. — № 6. — С. 39—41. 5. Инструкция по санитарно-химическому исследованию изделий, изготовленных из полимерных и других синтетических материалов, предназначенных для контакта с пищевыми продуктами: № 880—71 // Минздрав СССР. — М., 1972. — 155 с. 6. Сухарева Л.В. Фотометрический метод определения ванадия в жидких средах, имитирующих пищевые продукты // Методы определения химич. веществ, выделяемых из полимер. материалов, применяемых в пищевой пром-сти. — Киев, 1981. — С. 33—36. 7. Исследование структуры и свойств комбинированных гальванодиффузионных защитных покрытий / Л.Г.Ворошнин, Г.Г.Панич, Ю.С.Шолпан, С.А.Тамело // Металлургия. — Мн., 1987. — Вып. 21. — С. 97—99.

УДК 621.785.5

Б.З.ПОЛЯКОВ, Э.П.ПУЧКОВ

ОСТАТОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ В ОДНОФАЗНЫХ БОРИДНЫХ СЛОЯХ НА ОБРАЗЦАХ ИЗ СТАЛЕЙ У8 и 5ХНМ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ ГАЛЬВАНИЧЕСКИМ ЖЕЛЕЗНЕНИЕМ

Гальваническое железнение с последующим борированием относится к способам реставрации изношенного штампового инструмента. Методом расчленения твердого тела [1] исследовали формирование временных и остаточных напряжений в борированных после гальванического железнения образцах из сталей У8 и 5ХНМ. Исходные данные для расчета были заимствованы из [2—4]. Структура борированных образцов и расчетные эпюры остаточных напряжений представлены на рис. 1, а—в, расчет напряжений — в табл. 1.

В однофазном боридном слое с железной подложкой на образце из стали У8 имеет место плавное уменьшение сжимающих остаточных напряжений от поверхности к сердцевине изделия. В процессе эксплуатации изделия сжимающие остаточные напряжения в боридном слое суммируются с растягивающими напряжениями от рабочей нагрузки, что приводит к уменьшению результирующих действующих напряжений. Так как на поверхности детали имеют место максимальные действующие напряжения, то наличие здесь максимальных сжимающих остаточных напряжений, безусловно, благоприятно. На эпюре остаточных напряжений наблюдается плавный переход сжимающих остаточных напряжений в растягивающие благодаря наличию железной прослойки, играющей роль буфера между боридным слоем и сердцевинной изделия. Недостатком такого распределения напряжений является излишне высокий уровень сжимающих остаточных напряжений в боридном слое, так как суммирование сжимающих рабочих контактных напряжений с остаточными может привести к местным сколам боридного слоя. Остаточные напряжения на поверхности аналогичной борированной пластинки из стали У8, но без железнения составляют $-9 \cdot 10^2$ МПа. Желательно при борировании обеспечить получение такого диффузионного слоя, в котором уровень сжимающих остаточных напряжений был бы ниже представленного на рис. 1, б, при сохранении харак-