

выполненный по полумостовой схеме на мощных IGBT транзисторах. С выхода трансформатора преобразователя А3, обеспечивающего гальваническую развязку от промышленной сети, переменное импульсное напряжение 500 В с частотой 25 кГц через токовый датчик А4 подается на подложку камеры плазменного азотирования А5. Величина тока азотирования задается методом регулирования длительности заполнения питающего импульса при неизменной частоте импульсов (ШИМ-метод) блоком управления процессом А6, на входы которого подаются сигналы о величине тока с датчика А4, температуре подложки с датчика А7 и заданные величины параметров с устройства ввода параметров процесса А9.

Блок управления обеспечивает также работу системы напуска технологических газов А8 в соответствии с циклограммой процесса азотирования.

Литература

1. Лахтин Ю.М., Коган Я.Д., Шпис Г., Бемер З. Теория и технология азотирования. – М.: “Металлургия”, 1991. 320 с.
2. Edenhofer V. Physikalische und metallkundliche Vorgänge beim Nitriren in Plasma einer Glimmentladung // Harterei-Technische Mitteilungen. 1974. Vol. Bd. 29, № 2. P. 105-112.
3. Арзамасов Б.Н., Братухин А.Г., Елисеев Ю.С., Панайоти Т.А. Ионная химико-термическая обработка сплавов. М.: Изд. МГТУ им Баумана, 1999. 400 с.
4. Крейндель Ю.Е., Пономарёва Л.П., Пономарёв В.П., Слосман А.И. Об азотировании анода в тлеющем разряде // Электронная обработка материалов. 1983. № 4 (118). С. 32-34.
5. Tibbets G.G. Role of nitrogen atoms in “ion-nitriding”//Journal of Applied Physics. 1974. V. 45, No. 11. P. 5072-5073.
6. Андреев А.А., Кунченко В.В., Саблев Л.П., Ступак Р.И., Шулаев В.М. Азотирование стали в плазме модифицированного вакуумно-дугового разряда // Технология машиностроения. 2002. № 5. С. 27-30.

УДК 621.7

Структурное состояние сталей 38Х2МЮА и 38ХС после ионно-плазменного азотирования

Аспирант – Назарова О.И.

Научный руководитель – Гордиенко А.И.

Аспирант – Ахмед М.Ш.

Научный руководитель – Поболь И.Л.

Физико-технический институт НАН Беларуси
г. Минск

Целью работы является получения комплекса данных о состоянии упрочненного слоя сталей 38Х2МЮА и 38ХС после ионно-плазменного азотирования (ИПА).

ИПА находит все большее распространение в промышленности среди различных методов поверхностного упрочнения. Процесс используется для повышения надежности разнообразных деталей и инструмента. Расширение использования ИПА для поверхностного упрочнения деталей машин обусловлено достоинствами метода, обеспечивающего повышение износостойкости, усталостной выносливости, теплостойкости и коррозионной стойкости.

По сравнению с традиционными способами упрочняющей химико-термической обработки (цементация, газовое азотирование в печах и др.) метод ИПА имеет множество преимуществ, например, получение более высокой твердости поверхности, возможность обработки глухих и сквозных отверстий и др.

По сравнению с газовым азотированием в печи ИПА обеспечивает:

- сокращение продолжительности обработки в 2-5 раз, как за счёт снижения времени нагрева и охлаждения садки, так и за счёт уменьшения времени изотермической выдержки;
- снижение или полное исключение хрупкости упрочнённого слоя;
- сокращение расхода рабочих газов в 20-100 раз;
- сокращение расхода электроэнергии в 1,5-3 раза;
- снижение деформации с исключением финишной обработки (в т.ч. шлифовки);
- простоту и надёжность экранной защиты от азотирования не требующих упрочнения поверхностей;
- улучшение санитарно-гигиенических условий производства;
- полное соответствие технологии всем современным требованиям по охране окружающей среды.

ИПА обеспечивает диффузионное насыщение поверхностного слоя стали азотом в азотосодержащей плазме при температуре 350-600°C и давлении 150-1000 Па в зависимости от марки стали. В разряженной азотосодержащей газовой среде между катодом (деталью) и анодом (стенками вакуумной камеры) возбуждается аномальный тлеющий разряд, образующий активную среду, обеспечивающую формирование азотированного слоя.

В результате ИПА на поверхности сталей формируется азотированный слой, состоящий из поверхностной зоны нитридов и диффузионного подслоя. При азотировании легирующие элементы стали изменяют растворимость азота в α -фазе, растворяются в ϵ - и γ' -фазе. Растворимость азота в феррите легированных конструкционных сталей (в том числе и исследуемых) составляет 0,2-0,5 %. Легирование атомами металлов IV-VI групп при небольших концентрациях указанных элементов приводит к насыщению ими нитридов железа и сопровождается существенным увеличением твердости упрочненного слоя. В сплавах с малым содержанием легирующих элементов их нитриды не обнаруживаются. В γ' - и ϵ -фазах часть атомов железа замещается легирующими элементами. В γ' -фазе в больших количествах растворяется алюминий и кремний. Легирование ϵ -фазы повышает ее твердость и сопротивление износу. Такие легирующие элементы как Cr, Mo и Mn, растворяясь в ϵ -фазе уменьшают в ней содержание азота и ее толщину.

ИПА подвергались конструкционные легированные стали марок 38X2MЮА и 38ХС. Микроструктуру, фазовый состав и качественный состав элементов стали изучали посредством металлографического, рентгеноструктурного, микрорентгеноспектрального и энергодисперсионного анализов. На рисунке 1 показана микроструктура стали 38X2MЮА.



Рисунок 1 – Микроструктура стали 38X2MЮА, подвергнутой ИПА, $\times 100$

Глубина азотированного слоя для сталей 38Х2МЮА и 38ХС для различных режимов обработки составляла 0,2-0,5 мм. ИПА значительно повышает твердость поверхности обрабатываемых материалов. Для сталей 38Х2МЮА и 38ХС твердость повысилась с 69 до 89 HRN и с 70 до 81 HR15N соответственно.

Результаты МРСА (рисунок 2) показали неоднородное распределение химических элементов по глубине азотированного слоя. По мере удаления от поверхности образца содержание азота и алюминия (для стали 38Х2МЮА) уменьшается. Данные результаты подтверждаются энергодисперсионным анализом, при котором наблюдаются различия в химическом составе у поверхности стали в азотированном слое и в неупрочненной зоне.

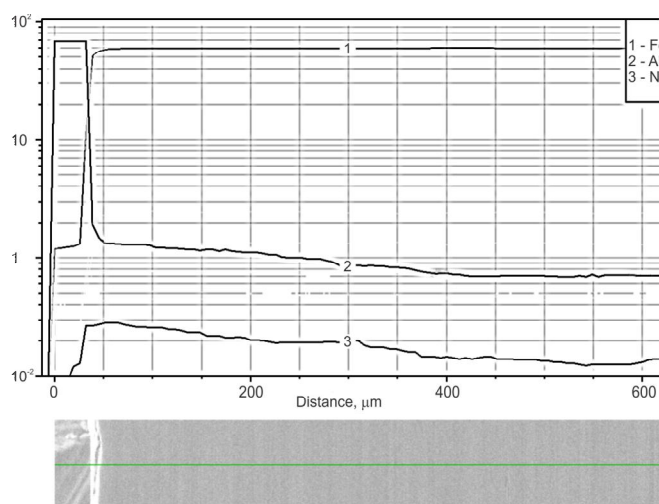


Рисунок 2 – Распределение Fe, Al и N в стали 38Х2МЮА, подвергнутой ИПА, на различном расстоянии от поверхности

УДК 621.317.846

Получение оксидных пленок алюминия методом высоковольтного электрохимического оксидирования

Магистрант – Паршутто А.А.
Научный руководитель – Соколов Ю.В.
Белорусский национальный технический университет
Багаев С.И., *Паршутто А.Э., Сергеенко С.Е.
НИЦ «Плазмотег» ФТИ НАН Беларуси
*РИУП «НТП БНТУ «Политехник»
г. Минск

Анодирование алюминия и его сплавов представляет собой хорошо освоенный процесс, который широко применяется в различных отраслях машиностроения, микроэлектронике, строительстве и т. д. Несмотря на то, что исследования процесса получения оксидных пленок алюминия проводятся более 50 лет, не угасает интерес к изучению вопросов, связанных с особенностями роста и химического состава оксида алюминия и строения пор. Это связано с тем, что свойства формируемого оксида алюминия зависят от многих параметров, таких как марка сплава алюминия, состав электролита и технологические режимы: температура, рабочая плотность тока, интенсивность перемешивания, способ предварительной подготовки образцов.

В работе использовались плоские прямоугольные пластины из алюминиевого сплава 5052 общей площадью 1 дм². Для проведения высоковольтного