

А. В. Малевич, Л. Л. Сотник, И. А. Богданович
 Учреждение образования «Барановичский государственный университет»,
 Барановичи, Республика Беларусь

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ВЫДЕРЖКИ В ТЛЕЮЩЕМ РАЗРЯДЕ ПРИ ОБРАБОТКЕ СТАЛИ 38Х2МЮА ИОНО-ПЛАЗМЕННЫМ И МАГНИТО-ИМПУЛЬСНЫМ МЕТОДАМИ НА СВОЙСТВА МАТЕРИАЛА

Введение. Комбинированная обработка поверхности стальных деталей служит для повышения их износостойкости и долговечности.

Магнитно-импульсная обработка (МИО) основана на перераспределении энергии конденсаторной батареи в короткие импульсы магнитного поля, оказывающие воздействие на заготовку. В результате в теле заготовки индуцируются вихревые токи, создающие удаленное уплотнение материала. Процесс МИО создает распределенные сжимающие остаточные напряжения на поверхности заготовки.

Ионно-плазменное азотирование (ИПА) одним из методов химико-термической обработки: в вакуумной камере деталь подвергается бомбардировке ионами азота, что приводит к образованию на поверхности упрочненного слоя. Основными технологическими параметрами ИПА, влияющими на качество азотированного слоя (глубина и твердость), являются: температура, длительность выдержки, давление и состав рабочей газовой смеси [1—3].

Сталь 38Х2МЮА — легированная хромоалюминиевая марка (~С 0,35–0,42%, Cr 1,35–1,65%, Al 0,7–1,1%, Mo 0,15–0,25%), предназначенная для деталей, испытывающих повышенный износ.

Ожидается, что комбинация ИПА и МИО обеспечит синергетический эффект: ИПА сформирует твердый азотированный слой, а последующая МИО уплотнит его, распределяя напряжения по остальному объёму слоя и устранив микротрещины.

Целью настоящей работы является определение оптимальной длительности выдержки в процессе ИПА для стали 38Х2МЮА при последующем магнитно-импульсном воздействии.

Основная часть. Для изучения влияния времени выдержки при комбинированной обработке проводился следующий эксперимент: образцы из стали 38Х2МЮА подвергались ионно-плазменному азотированию при температуре ~520 °С в вакууме в атмосфере аргона, азота, водорода. Продолжительность выдержки составляла 4, 8, 16 и 30 ч. После каждого режима образцы охлаждались, а затем обрабатывались магнитно-импульсным методом при фиксированной энергии импульсов. После проведения ИПА и МИО выполнялись измерения основных характеристик обработанного материала: поверхностной твердости (методом Виккерса при нагрузке 0,1 кгс, HV0,1), глубины азотированного слоя на микрошлифе, а исследование микроструктуры слоя металлографическим микроскопом. Это позволит установить зависимость твердости и толщины слоя от времени выдержки, а также проанализировать особенности структуры обработанного материала в зависимости от длительности выдержки.

Результаты и обсуждение. Установлено, что параллельно с увеличением глубины обработки слой получает более высокие прочностные характеристики: твердость поверхности возрастает примерно от 850 HV (~HRC 65) при 4 ч до 1000 HV (~HRC 80–85) при 30 ч. При этом отмечено замедление роста твердости при больших длительностях: например, с 16 до 30 ч увеличение твердости незначительно (с 980 до 1000 HV).

Воздействие магнитно-импульсной обработки после ИПА дополнительно повышает твердость поверхностного слоя на несколько процентов (таблица 1). Вероятно, МИО вызывает дополнительное уплотнение структуры и устраняет микротрещины, ведь при традиционном азотировании 38Х2МЮА могут образовываться микротрещины в слое.

На основе анализа данных можно отметить, что увеличение времени азотирования более 16 часов даёт лишь незначительный рост твердости и глубины, тогда как энергетические траты на процесс растут. Исходя из этого приведенных данных, считаем оптимальной выдержкой время, равное 16 часам. Этот режим обеспечивает практически максимальную поверхностную твердость (~1050 HV) и достаточную глубину слоя (~0,4 мм) (рисунок 1).

Т а б л и ц а 1 — Зависимость твердости и глубины азотированного слоя от времени выдержки (после ИПА и МИО)

Выдержка, ч	Твердость HV (ИПА / ИПА+МИО)	Глубина слоя, мкм
4	850 / 900	70
8	950 / 1000	150
16	980 / 1020	387
30	1000 / 1050	402

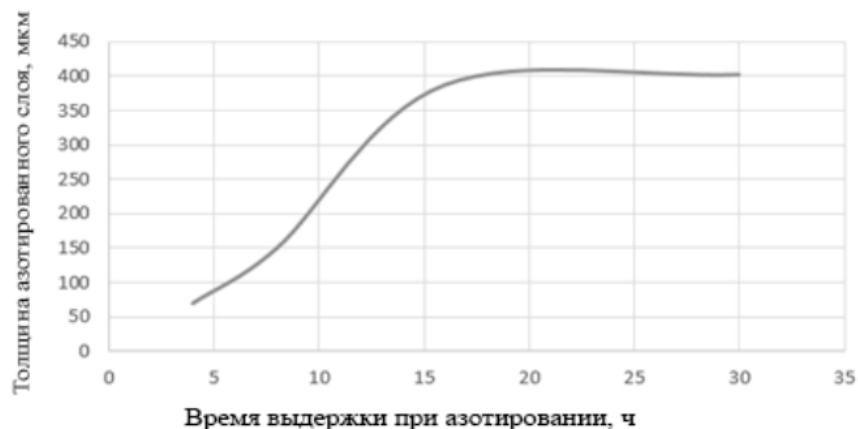


Рисунок 1 — Зависимость глубины упрочненного слоя от времени выдержки

Микроструктурный анализ образцов показал, что упрочненный слой состоит в основном из ϵ -нитридов железа и смеси нитридов легирующих элементов, остальное составляет раствор азота в железе. При коротких выдержках азотированный слой тонкий и имеющий неоднородную структуру, а при увеличении времени — слой становится утолщенным и более однородным. Как упоминалось выше, без предварительной механической обработки в слое могут легко возникать микротрещины, тогда как МИО после ИПА предотвращает скалывание слоя, создавая компрессионные напряжения у поверхности и тем самым повышая долговечность слоя.

Заключение. Проведённые исследования позволили сделать вывод, что для комбинированной обработки стали 38Х2МЮА оптимальной является выдержка порядка 16 часов при температуре азотирования 520 °С. При этом достигаются практически максимальные показатели поверхностной твёрдости (~1050–1100 НВ) и толщины нитридного слоя (~0,4–0,41 мм), а МИО дополнительно уплотняет поверхность и снижает остаточные напряжения. Увеличение времени более 16 ч приводит к незначительному увеличению глубины слоя, что не оправдывает дополнительных энергетических затрат.

Список цитируемых источников

1. *Босяков, М. Н.* Энергетические и газодинамические характеристики установок ионного азотирования промышленного типа / М. Н. Босяков, А. А. Козлов // *Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя фізіка-тэхнічных навук.* – 2018. – Т. 63, № 3. – С. 342–350.
2. *Босяков, М. Н.* Выбор режима упрочняющей обработки на установках ионного азотирования промышленного типа / М. Н. Босяков, А. Н. Моисеенко // *Современные методы и технологии создания и обработки материалов: материалы VIII МНТК.* – Минск: ФТИ НАН Беларуси, 2016. – С. 50–58.
3. *Будилов, В. В.* Технология ионного азотирования в тлеющем разряде с полым катодом / В. В. Будилов, Р. Д. Агзамов, К. Н. Рамазанов // *МиТОМ.* – 2007. – № 7. – С. 25–29.

УДК 621.983.044

С. В. Матыборский, Т. Я. Богданова, Е. В. Рогозина

*Учреждение образования «Барановичский государственный университет»,
Барановичи, Республика Беларусь*

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЯ «КРЫШКА» ДЛЯ ПРИБОРНОЙ ПАНЕЛИ С ПРИМЕНЕНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Введение. Деталь «Крышка», входящая в конструкцию приборной панели компонента военной авиации, требует усовершенствования для повышения ремонтпригодности из-за существующих проблем. Кроме того, ставилась цель уменьшения время ее изготовления.

Для этого нами будет рассмотрена возможность применения аддитивных технологий для производства данного изделия для дополнительного снижения стоимости и времени изготовления.

Основная часть. На рисунке 1 представлена трёхмерная модель исходной детали «Крышка».

Данная деталь имеет специальную ячейку для установки и защиты USB-разъема. Также присутствуют отверстия, которые служат для винтового соединения с корпусом и с электроникой. Все отверстия крышки являются простыми, без резьбы. Это связано с тем, что в эти отверстия приклеивают металлические втулки с резьбой специальным термостойким клеем ВК-9 ГОСТ 92-0948-74. Поэтому в отверстиях не требуется высокой точности обработки. Поэтому необходимо получить шероховатое отверстие (рисунок 2).