

Технология упрочнения поверхности путем создания неоднородной структуры при азотировании в тлеющем разряде

к.т.н. Рамазанов К. Н., к.т.н. доц. Агзамов Р.Д.
Уфимский государственный авиационный технический университет
+73472730763

Аннотация. Рассматривается способ упрочнения поверхности путем создания регулярной неоднородной структуры при азотировании в тлеющем разряде. Представлены экспериментальные результаты влияния эффекта полого катода на структуру и микротвердость в различных зонах обрабатываемой поверхности при импульсном режиме обработки.

Ключевые слова: упрочнение поверхности, ионно-плазменное азотирование, полый электрод

Актуальность работы

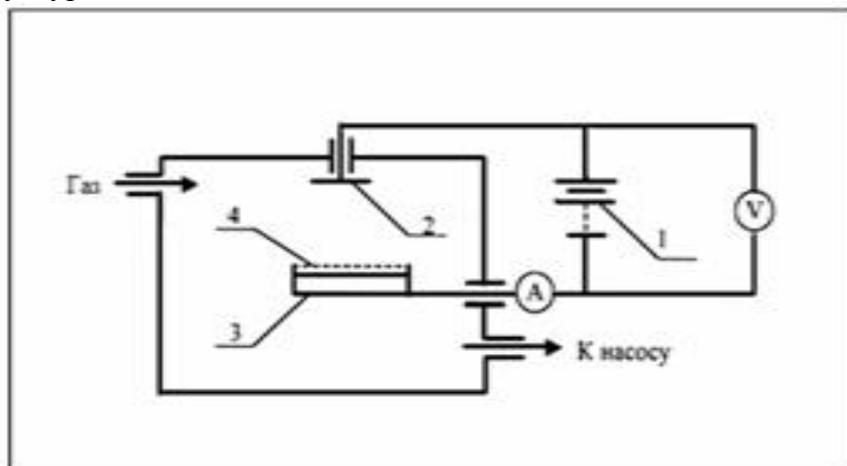
На современном этапе развития машиностроения актуальным является разработка наукоемких и ресурсосберегающих технологий, позволяющих в одном материале сочетать различные физические свойства (высокая прочность, высокая коррозионная и износостойкость, высокие антифрикционные свойства и др.).

Перспективным направлением является создание регулярных макроскопических градиентов структурно - фазового состояния в результате применения дифференцированных обработок, позволяющих получать чередование в заданной последовательности прочных и пластичных объемов металла. Это достигается воздействием механических, тепловых, энергетических и других полей, локализуемых в отдельных участках или слоях по объему металла [1-5].

Целью данной работы является упрочнение поверхности различных сталей и сплавов, путем создания регулярной неоднородной структуры при азотировании в тлеющем разряде.

Методика проведения исследований

Эксперименты проводились на модернизированной установке ЭЛУ-5 (рисунок 1), которая была переоборудована в установку для проведения процессов создания регулярной неоднородной структуры.



**Рисунок 1 – Устройство для реализации способа получения неоднородной структуры:
1 – источник питания; 2 – анод; 3 – катод (деталь); 4 – экран**

Для создания регулярной неоднородной структуры в тлеющем разряде используют эффект полого катода (ЭПК). На расстоянии 3 - 5 мм от обрабатываемой поверхности устанавливается специальный экран. Обрабатываемая деталь и экран находятся под отрицательным потенциалом и образуют полость, между ними формируется неоднородная плазма с повышенной концентрацией заряженных частиц (рисунок 2) [6].

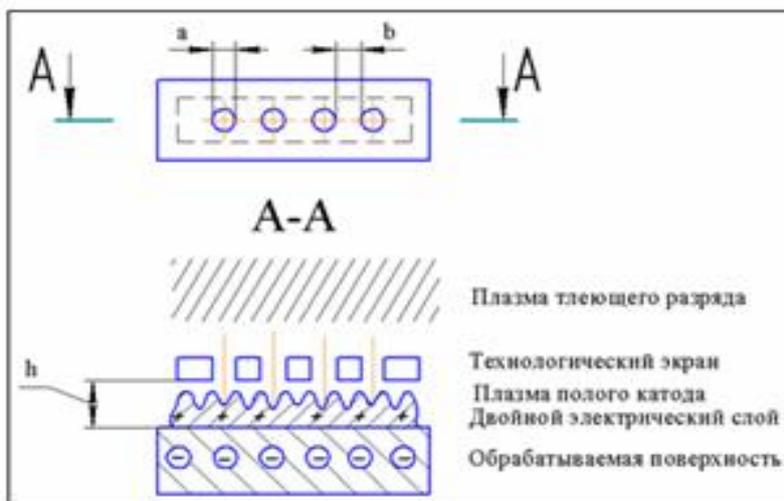


Рисунок 2 – Схема образования разряда

Результаты исследований

Для создания регулярной неоднородной структуры на поверхности различных сталей и сплавов перспективным является применение ЭПК, что позволяет проводить локальную обработку, обеспечивающую чередование прочных и пластичных участков, и получение естественно-армированных материалов (рисунки 3, 4).

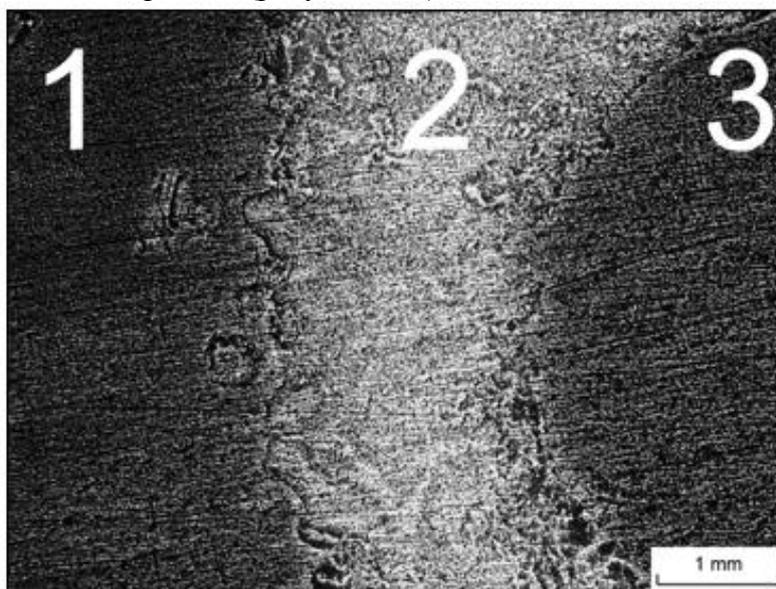


Рисунок 3 – Регулярная неоднородная структура на поверхности образца из стали 13X11H2B2MФ-Ш после упрочнения в тлеющем разряде с ЭПК (1,2,3 – зоны упрочнения)

Эксперименты проводились в импульсном режиме на образцах из материалов 13X11H2B2MФ-Ш, ВТ6 в качестве рабочего газа для стали использовалась смесь азота, аргона и ацетилена (N₂ 50%, Ar 25%, C₂H₂ 25%), для титана использовалась смесь азота, аргона (N₂ 15%, Ar 85%), рабочее давление $p = 300$ Па.

Результаты замеров микротвердости поверхности образцов 13X11H2B2MФ-Ш и ВТ6

приведены в таблице 1.

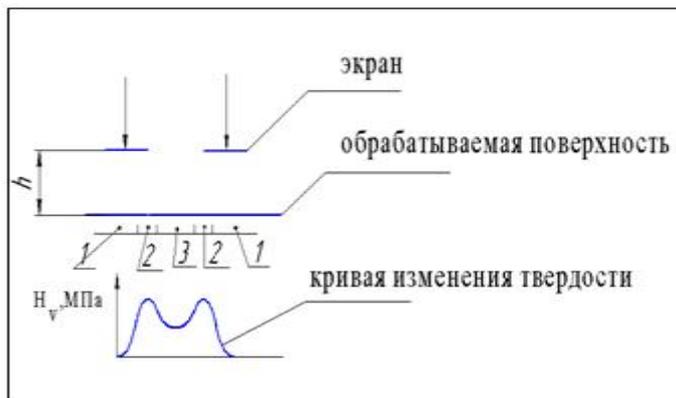


Рисунок 4 – Распределение микротвердости в зонах после азотирования с ЭПК с помощью специального экрана

Таблица 1

Микротвердость поверхности азотированных образцов

Материал	Исходная микротвердость H_v , МПа	В зоне 1, H_v , МПа	В зоне 2, H_v , МПа	В зоне 3, H_v , МПа	Длительность процесса τ , мин	Температура процесса, °С
13X11H2B2MФ-Ш	4730	5860	16700	11500	190	550
BT6	5476	12005	14320	12005	240	750

Результаты рентгеноструктурного анализа показали, что после обработки образца из сплава BT6 преобладают нитриды титана стехиометрического состава TiN и Ti₂N. TiN имеет кубическую решетку с параметрами $a=4.22500$ нм, $z=4$; Ti₂N имеет тетрагональную решетку с параметрами: $a=4.14000$ нм и $c=8.80500$ нм, $z=4$.

Также обнаружено наличие оксидов, нитридов и интерметаллидов основных легирующих элементов (VN, VO_{0.53}, AlVO₃, Al₈₆V₁₄). Поскольку алюминий является α -стабилизатором с большим сродством к азоту и кислороду, то увеличение электронной концентрации сплава при стабилизации ГПУ решетки α -твердого раствора азота в титане не влияет на растворимость алюминия и не способствует его диффузионному отводу. Высвобождение энергии решетки и энергетическая стабильность системы достигается перераспределением других легирующих элементов сплава. В то же время V относится к β -стабилизаторам, то есть при высоких температурах в структуре преобладают оксиды легирующих элементов именно этой фазы. Со временем в нитридных слоях начинается перераспределение алюминия, при этом образуются участки с его повышенной концентрацией, которые будут завершаться установлением ближнего порядка, заканчивая распадом твердого раствора с образованием сверхструктур типа α_2 -фазы (Ti₃Al).

При анализе полученных результатов установлено, что, помимо общего упрочнения поверхности, происходит более высокое зонное упрочнение.

Это объясняется тем, что в результате происходит увеличение плотности ионного тока за счет генерации заряженных частиц осциллирующими электронами и, как следствие, интенсификация процесса насыщения обрабатываемой поверхности. При этом образуются фазы с различной концентрацией азота и механическими свойствами (микротвердость).

Анализ распределения микротвердости по поверхности показал, что ионное упрочнение путем создания регулярной неоднородной структуры в тлеющем разряде с ЭПК является эффективным инструментом упрочнения поверхности различных сталей и сплавов.

Исходя из анализа распределения микротвердости следует, что возникающие зоны

«разгрузки» положительно сказываются при внешнем силовом воздействии, т.е. способ обеспечивает повышение эксплуатационных характеристик материала.

Выводы

Анализируя полученные результаты можно сделать следующие выводы:

- разработанный способ азотирования в плазме тлеющего разряда с полым катодом позволяет создавать регулярную неоднородную структуру на поверхности стали 13X11H2B2MФ-Ш и титанового сплава ВТ6;
- установлено, что, помимо общего упрочнения поверхности, происходит более высокое зонное упрочнение вследствие неоднородности плазмы;
- эффект полого катода, формируемый с помощью специального экрана, является эффективным инструментом создания регулярной неоднородной структуры.

Литература

1. Малинов Л.С., Соколов Б.К. и др. Получение высоких прочностных и пластических свойств двухфазной стали дифференцированной обработкой // МиТОМ. 1980, № 3, с. 32-35.
2. Малинов Л.С. Применение дифференцированных обработок для создания в сталях и чугунах регулярных макроскопических градиентов структурно-фазового состояния – перспективное направление в повышении свойств // Металл и литье Украины. 2004, № 11, с. 14-18
3. Григорьянц А.Г., Сафонов А.Н. Основы лазерного термоупрочнения сталей и сплавов. М.: Высш. школа, 1988. 158с.
4. Спиридонов Н.В., Кобяков О.С., Куприянов И.Л. Плазменные и лазерные методы упрочнения деталей машин. Минск: Высш. школа, 1988. 155с.
5. Электронно-лучевая технология: Пер. с нем./ З. Шиллер, У. Гайзиг, З. Панцер: Энергия, 1980. 528с.
6. Будилов, В.В., Агзамов Р.Д., Рамазанов К.Н. Технология ионного азотирования в тлеющем разряде с полым катодом // МиТОМ. 2007. № 7. с. 25 – 29.

Связь дендритной структуры сплава, затвердевающего в условиях двухфазной зоны с диффузионным переохлаждением в ней в модели ячеистой двухфазной зоны

к.ф.-м.н. доц. Сулимцев И.И.
МГТУ «МАМИ»
(495) 223-05-23, доб. 1338

Аннотация. Теоретически рассмотрены экспериментально полученные результаты по изучению связи диффузионного переохлаждения в двухфазной зоне кристаллизующегося сплава с диффузионным переохлаждением в ней. Рассмотрение основано на использовании модели ячеистой двухфазной зоны и численном решении полученных уравнений. Получено удовлетворительное согласие хода изменения диффузионного переохлаждения в двухфазной зоне в зависимости от ее температуры (отсчитанной от температуры ликвидуса сплава). Подтверждена теоретически полученная связь параметра дендритной структуры с максимальным диффузионным переохлаждением в сплаве при заданной скорости охлаждения.

Ключевые слова: кристаллизация сплава с диффузионным переохлаждением, параметр дендритной структуры, модель ячеистой двухфазной зоны

Ранее [1] в связи с проблемой управления кристаллизацией поковки был рассмотрен метод изучения структурообразования в однородном (физически малом, элементарном) объеме двухфазной зоны бинарных сплавов. Полученные экспериментальные результаты пока-