

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ И КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ВЫСОКОХРОМИСТЫХ СТАЛЕЙ ПОСЛЕ ИПА

КОНСТАНТИНОВ В. М., КОВАЛЬЧУК А. В., БЫЛИЦКИЙ В. В., ПЕРЕЙРА К. Б.

Белорусский национальный технический университет,
Минск, Беларусь, тел. +375295745741, факс +375173310544,
e-mail: a_v_kov@yandex.com

Традиционно применяемые методы химико-термической обработки (ХТО) являются эффективными, но зачастую малопродуктивными процессами поверхностного упрочнения сталей. Большая длительность технологического цикла определяется относительно низкой диффузионной подвижностью атомов насыщающего элемента при относительно низкотемпературных процессах (азотирование). В этой связи, актуальными являются исследования, направленные на поиск более экономичных и производительных процессов ХТО, а также интенсификацию процессов насыщения и совершенствование систем их контроля и регулирования [1–2]. Из всех современных промышленных видов азотирования (газовое, ионное, жидкостное) до технологического совершенства доведен процесс ионно-плазменного азотирования (ИПА), который во многом отвечает современным требованиям и оценивается как высокопроизводительный, высокоэффективный, энергосберегающий и экологически чистый [3].

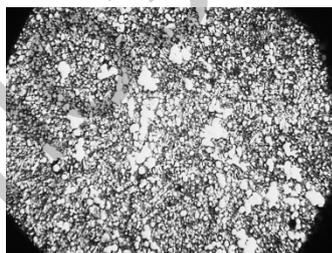
Несмотря на наличие многочисленных работ по исследованию процесса ИПА различных сталей, нет четкого представления о взаимосвязи свойств поверхности после ионно-плазменного азотирования с системой легирования стали, в частности для высокохромистых сталей.

В этой связи актуальным являются исследования, направленные на выявление особенностей ИПА сталей с разной системой легирования, а также влияния системы легирования стали на формирование свойств поверхности после ИПА [4–6].

В данной работе были проанализированы некоторые особенности азотирования высокохромистых сталей и оценено влияние ИПА на коррозионную стойкость высокохромистых сталей 95X18 и X12M.

Для этого провели ИПА образцов стали 95X18 и X12M. Процесс осуществляли на установке, имеющей рабочую камеру колпакового типа. Мощность разряда – 80 кВт, максимальное напряжение горения разряда – не более 800 В, плотность тока – 21 мА/см, давление смеси – 600 МПа, температура – 520 °С, продолжительность – 6 ч. Установка оснащена экранной теплоизоляцией и водоохлаждаемым кожухом. В качестве рабочей среды при азотировании применяли газовую смесь азота и водорода.

Для выбранных сталей была проведена предварительная термическая обработка в виде закалки и низкого отпуска. Режимы предварительной термической обработки выбирались из условий растворимости карбидов легирующих элементов при температуре изотермической выдержки для последующей фиксации их в пересыщенном твердом растворе и выделении в виде дисперсных упрочняющих части при отпуске. Для стали 95X18: закалка 1000–1050 °С (масло), отпуск 200 °С (воздух), полученная твердость – 58 HRC. Для стали X12M: закалка 1000–1030 °С (масло), отпуск 200 °С (воздух).



структура: $M_{зак}$, K_f , K_{II} , $A_{ост}$
а) $\times 1000$



структура: $M_{зак}$, K_f , K_{II} , $A_{ост}$
б) $\times 1000$

Рисунок 1 – Микроструктуры сталей 95X18 (а) и X12M (б) после предварительной ТО

Для стали 95X18 наблюдалось несколько повышенное количество первичных карбидов. Для стали X12M наблюдалось равномерное распределение вторичных карбидов и некоторое количество первичных карбидов. Количество остаточного аустенита в стали X12M было меньше чем в стали 95X18. В результате низкого отпуска произошло обеднение легированного мартенсита по углероду с образованием кластеров последнего и последующее предвыделение нестехиометрических карбидов типа Fe_2C , которые в последующем будут являться центрами равномерного выделения карбидов с участием хрома и нитрида хрома соответственно при температуре высокого отпуска, совмещенного с ИПА.

После азотирования на поверхности сталей сформировались слои нитридов γ' -Fe₄N, ϵ -Fe₂₋₃N с включениями CrN, о чем говорят значения микротвердости (рисунок 2), и под ними диффузионная зона.

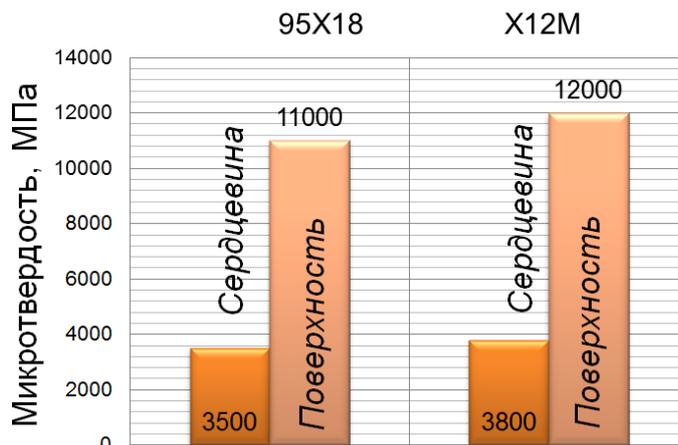


Рисунок 2 – Микротвердость сталей после ИПА

Известно, что азотирование высокохромистых сталей имеет свои особенности. Перед азотированием упрочняемый слой необходимо протравить, чтобы разбить оксидные пленки хрома [7]. Однако при ионно-плазменном азотировании травление не обязательно, так как пленка разбивается в результате бомбардировки поверхности ионами азота. ИПА мартенситной стали во многом аналогично азотированию аустенитных сталей. Оно увеличивает твердость более чем в три раза. Причем увеличение температуры обработки увеличивает эффективную толщину модифицированного слоя, но немного снижает твердость поверхности. Снижение твердости поверхностного слоя с ростом температуры связано в первую очередь с выделением нитридов, расположенных в этом слое, а также появлением азотистого аустенита. Последний фактор наиболее сильно сказывается при повышении температуры азотирования до 560 °С. Твердость поверхности мартенситных сталей в большей мере зависит от температуры, чем от продолжительности азотирования.

Коррозионные испытания проводили в 10 % водном растворе NaCl при температуре 20 °С. Методика определения коррозионной стойкости заключалась в визуальной оценке площади поверхности занятой продуктами коррозии. Испытания проводили в камере соляного тумана на установке ASCOTT S 120 IP (рисунок 3), позволяющей проводить коррозионные испытания в соответствии со стандартами ASTM B 117, СТБ ISO 2081-2009 и корректировать условия испытаний с учетом реальных условий эксплуатации изделий.



Рисунок 2 – Камера соляного тумана ASCOTT S 120 IP (кафедра «МвМ», БНТУ)

Контроль изменения внешнего вида образцов велся каждый час. Первый час следов коррозии не было замечено ни на одном из образцов. В ходе наблюдений было установлено, что азотирование снижает коррозионную стойкость сталей 95X18 и X12M (рисунок 3). Это связано с обеднением хромом поверхностных слоев из-за выделения значительного количества нитрида CrN. По некоторым данным образование выделений CrN может быть предотвращено, если азотирование проводить при температурах ниже 400 °С, при которых подвижность атомов хрома незначительна [8].

Снижение коррозионной стойкости для стали 95X18 дополнительно объясняется тем, что часть хрома растворена в первичных карбидах, которые имеют значительные размеры по сравнению с общим фоном микроструктуры и присутствуют в большом количестве. Первичные карбиды при температуре нагрева под закалку не растворяются и легирование аустенита хромом, соответственно и последующее пересыщение хромом аустенита не может иметь места. Следовательно и при температуре азотирования, которая соответствует температуре высокого отпуска, не происходит вторичного (дисперсионного) твердения, что отражается на микротвердости в сравнении со сталью X12M, которая является для термообработки более технологичной по ряду показателей [9].

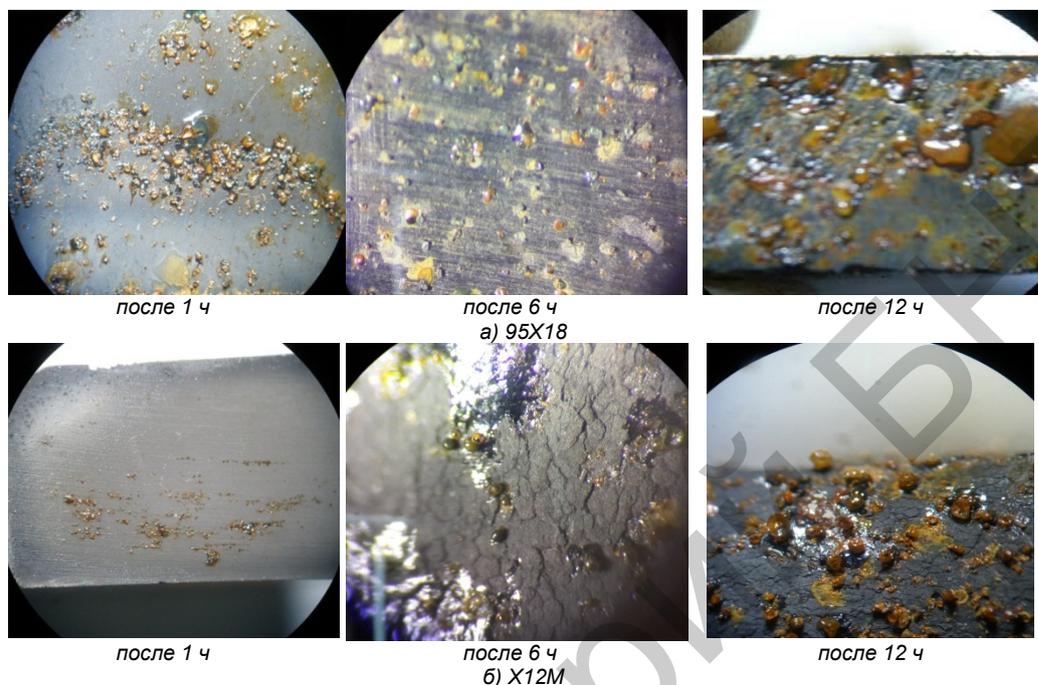


Рисунок 3 – Фотографии поверхностей образцов сталей 95X18 (а) и X12M (б) после 1, 6 и 12 ч коррозионных испытаний

В результате проведенных исследований установлена эффективность применения ионно-плазменного азотирования для упрочнения высокохромистых сталей на примере сталей 95X18 и X12M. Азотирование нержавеющей сталей приводит к снижению их коррозионной стойкости из-за образования выделений CrN, сопровождающегося снижением концентрации хрома в азотированном слое. По результатам коррозионных испытаний сталей 95X18 и X12M установлено, что ИПА несколько снижает их коррозионную стойкость. После азотирования детали из этих сталей необходимо шлифовать со снятием не менее 5 мкм поверхностного слоя, который склонен к коррозии, что нужно учитывать при задании припусков для прецизионных деталей.

Литература:

1. Босяков, М. Н. Энергетические параметры процессов ионного азотирования на промышленном оборудовании. / М. Н. Босяков, А. А. Козлов. – Доклады БГУИР, 2013, – №3 (73) – С. 76–82.
2. Константинов, В. М. Перспективы поверхностного упрочнения с использованием ХТО и вакуумных технологий / В. М. Константинов, А. В. Ковальчук // Проблемы производства металлов и сплавов : материалы международного научно-практического семинара, 16 сентября 2014 г. – Минск: РУП НВЦ «БелЭкспо», 2014. – С. 79–83.
3. Ковальчук, А. В. Комплексное поверхностное упрочнение стальных изделий / А. В. Ковальчук, С. В. Константинов; науч. рук. Ф. Ф. Комаров, Г. А. Ткаченко // Литье и металлургия. – 2014. – № 4 (77). – С. 144–150.
4. Дашкевич, В. Г. Эффективные технологии поверхностной обработки изделий из стали / В. Г. Дашкевич, Г. В. Стасевич, А. В. Ковальчук, В. Г. Щербаков, Д. В. Гегеня // Научеёмкие технологии и инновации : сборник докладов Юбилейной Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию БГТУ им. В. Г. Шухова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. – Ч. 4. – С. 229–233.
5. Арзамасов, Б. Н. Ионная химико-термическая обработка сплавов. – М.:Изд. МГТУ им. Баумана, 1999. – 400 с.
6. Восстановление деталей машин: Справочник / Ф. И. Пантелеев, В. П. Лялякин, В. П. Иванов, В. М. Константинов Под ред. В. П. Иванова. – М.: Машиностроение, 2013. – 672 с.
7. Лахтин, Ю. М. Теория и технология азотирования. – М.: «Металлургия», 1991. – 320 с.
8. Босяков, М. Н. Оборудование и применение ионно-плазменного азотирования для упрочнения деталей машин и механизмов / М. Н. Босяков, С. В. Бондаренко, Д. В. Жук, А. А. Козлов, И. Л. Поболь // Вестник Карагандинского университета. Серия «Физика». 2013. – № 3(71). – С. 76–85.
9. Лахтин, С. А. Расчет влияния легирующих элементов на растворимость и диффузию азота в стали при азотировании в α -и ϵ -фазах. / С. А. Лахтин, Я. Д. Коган, А. А. Булгач. – Труды МАДИ, 1979, – вып.174, с. 42–59.