

ротвердости поверхностного слоя установлено для образцов из отожженной стали 20. В этом случае микротвердость снизилась на 100... 500 МПа на глубину до 25 мкм.

Снижение микротвердости при электроимпульсном полировании углеродистых сталей в электролите, содержащем хлористый аммоний, происходит из-за обезуглероживания поверхностного слоя, и большое значение при этом играет микроструктура сплава. Электролит, содержащий серноокислый аммоний, не вызывает обезуглероживания поверхностного слоя у коррозионно-стойкой стали и снижения его микротвердости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баршай, И.Л. Обеспечение качества поверхности и эксплуатационных характеристик деталей машин при обработке в условиях дискретного контакта с инструментом: монография / И.Л. Баршай. – Минск : УП «Технопринт», 2003. – 244 с.
2. Грилихес, С.Я. Электрохимическое и химическое полирование: Теория и практика. Влияние на свойства металлов / С.Я. Грилихес. – Л. : Машиностроение, 1987. – 232 с.
3. Фиргер, И.В. Термическая обработка сплавов / И.В. Фиргер. – Л. : Машиностроение, 1982. – 304 с.

УДК 621.762:71

СТРУКТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ И СВОЙСТВА ОБРАБОТАННОГО ИОНАМИ АЗОТА СПЛАВА Fe_3Al

А. В. Белый

Физико-технический институт НАН Беларуси, Минск

В. А. Кукареко

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, Минск

Н. Н. Попок, С. В. Дербуш, Е. И. Рабель

Полоцкий государственный университет, Новополоцк

Исследовано структурное состояние, триботехнические свойства и коррозионная стойкость обработанного ионами азота сплава Fe_3Al . Установлено, что максимальная износостойкость и сопротивление коррозии в кислой агрессивной среде модифицированного сплава Fe_3Al достигается при режимах обработки, обеспечивающих выделение в поверхностном слое наноразмерных частиц нитридов AlN с кубической решеткой типа $NaCl$.

Сплав Fe_3Al , обладающий высокой удельной прочностью и жаростойкостью, является перспективным материалом для изготовления деталей современных энергонасыщенных машин. Вместе с тем сплав Fe_3Al не обладает требуемыми характеристиками износо- и коррозионностойкости. Перспективным методом повышения свойств материалов является имплантация ио-

нами азота [1]. В задачу работы входило исследование структурных превращений в сплаве Fe_3Al при ионно-лучевом азотировании, а также изучение износо- и коррозионной стойкости модифицированных слоев.

Исследование проводилось на образцах ($8 \times 6 \times 6$ мм), вырезанных из отливки сплава Fe_3Al (Fe – 74,90; Al – 24,93; Zr – 0,15; В – 0,02 ат. %). Ионно-лучевая обработка азотом осуществлялась при температурах 670 – 870 К. Плотность ионного тока составляла 2 мА/см^2 , доза ионов $\approx 3 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-2}$. Рентгеноструктурный анализ выполнялся на приборе ДРОН-3 в CoK_α излучении. Микротвердость $H_{0,49}$ определялась на приборе ПМТ-3. Триботехнические испытания проводили на трибометре АТВП в условиях трения без смазки (давление $p = 1,5 \text{ МПа}$). В качестве контртела использовалась пластина из закаленной стали У8 ($HV = 8000 \text{ МПа}$). Скорость перемещения образца относительно контртела составляла $\approx 0,1 \text{ м} \cdot \text{сек}^{-1}$. Коррозионные испытания образцов сплава Fe_3Al проводились в 2Н водном растворе уксусной кислоты (CH_3COOH) и в 10 % водном растворе $NaCl$ с использованием метода взвешивания после выдержки в течение 25, 100, 250 и 500 ч.

В исходном состоянии сплав Fe_3Al имеет ГЦК решетку ($Fm\bar{3}m$) с параметром $a = 0,5793 \text{ нм}$. Размер зерна сплава составляет $D_3 = 100 - 300 \text{ мкм}$. Твердость сплава $HV = 3200 \text{ МПа}$. В результате обработки сплава Fe_3Al ионами азота при 670 К на его поверхности формируется азотированный слой толщиной 3 – 5 мкм и с микротвердостью 7000 МПа. В слое регистрируется выделение нитридных частиц c_1-AlN с кубической ($Fm\bar{3}m$) решеткой, изоморфной решетке матричной интерметаллидной фазы Fe_3Al . Параметр решетки фазы c_1-AlN (структурный тип $NaCl$) составляет $a = 0,3955 \text{ нм}$ (рис. 1, а).

Повышение температуры ионно-лучевой обработки до 720 и 770 К приводит к возрастанию микротвердости слоя до 13200 и 12800 МПа, соответственно, и к выделению в слое комплекса частиц нитридов алюминия AlN с кубической решеткой $Fm\bar{3}m$ (c_1-AlN , c_2-AlN и c_3-AlN) и частиц $h-AlN$ (структурный тип вюрцит) с гексагональной решеткой $P6_3mc$ (рис. 1, б). Выделившиеся нитриды c_1-AlN , c_2-AlN и c_3-AlN имеют одинаковый структурный тип кристаллической решетки ($NaCl$), но отличаются значениями параметра a , что связано как с дефицитом азота, так и дефицитом атомов алюминия. После обработки сплава при 820 К толщина слоя увеличивается до 13 – 15 мкм. В слое уменьшается содержание кубических нитридов $c-AlN$ и увеличивается концентрация гексагонального нитрида $h-AlN$. Микротвердость поверхностного слоя сплава при этом снижается и составляет $H_{0,49} = 12400 \text{ МПа}$.

Имплантиция сплава Fe_3Al при 870 К приводит к образованию слоя толщиной 15 – 18 мкм и твердостью $H_{0,49} = 10300 \text{ МПа}$. Основной нитридной фазой, образующейся в имплантированном слое, является нитрид $h-AlN$ (рис. 1, в). Кроме этого в слое регистрируется присутствие небольшого количества дисперсных частиц кубического нитрида c_2-AlN .

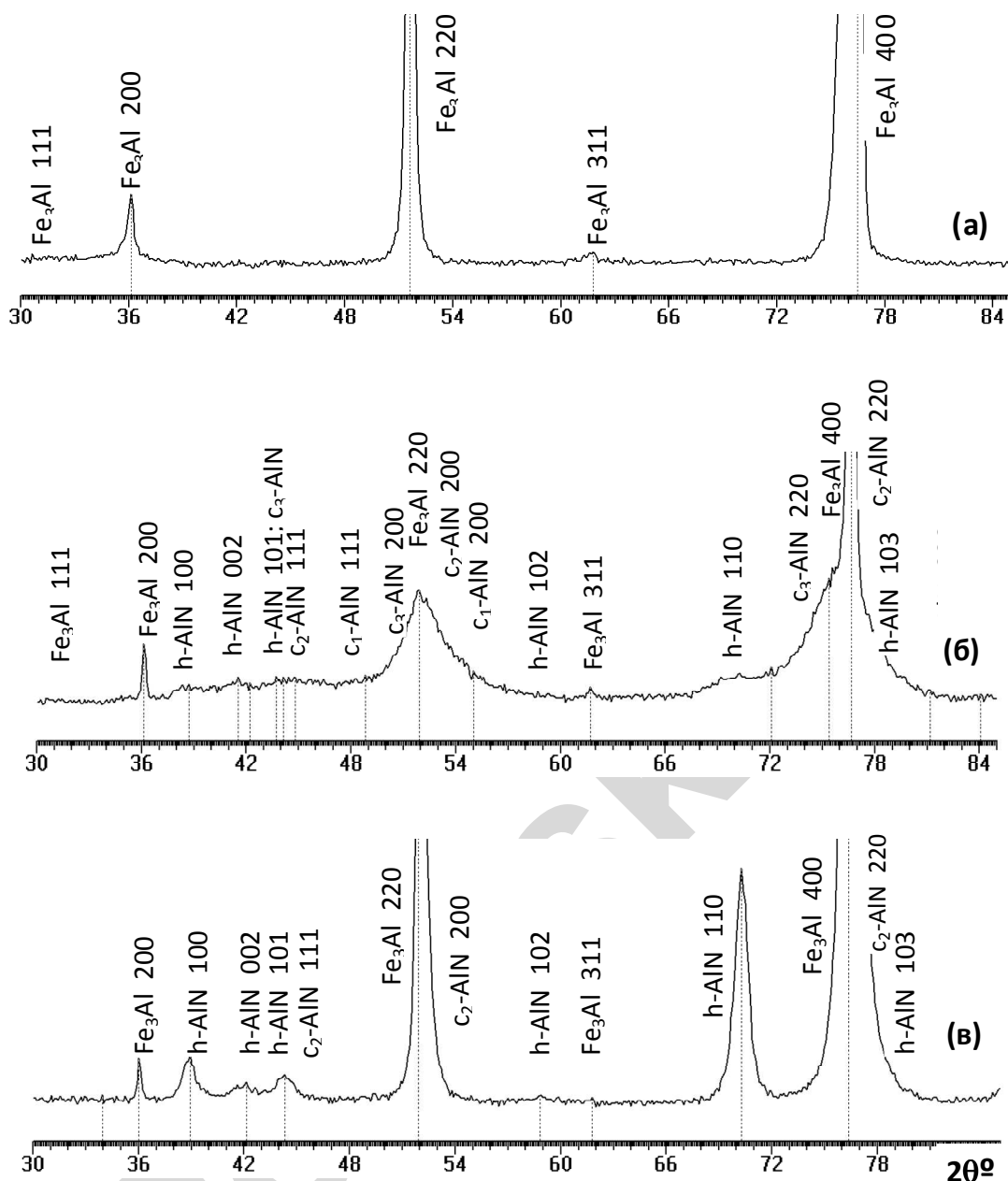


Рис. 1. Фрагменты рентгеновских дифрактограмм ($\text{CoK}\alpha$) от поверхностных слоев сплава Fe_3Al , прошедшего обработку по различным режимам: а) исходное состояние; б) обработка N^+ при 770 К; в) то же при 870 К.

На рисунке 2 приведен график зависимости интенсивности весового изнашивания I_q сплава Fe_3Al от режима его ионно-лучевой обработки. Ионная обработка при 720 – 770 К приводит к снижению интенсивности изнашивания сплава в 25 – 28 раз по сравнению с его исходным состоянием. При этом в слое регистрируется преимущественное выделение частиц кубических нитридов c-AlN . Образование в азотированном слое частиц гексагонального нитрида h-AlN в процессе обработки при 820 – 870 К сопровождается некоторым снижением износостойкости модифицированного слоя.

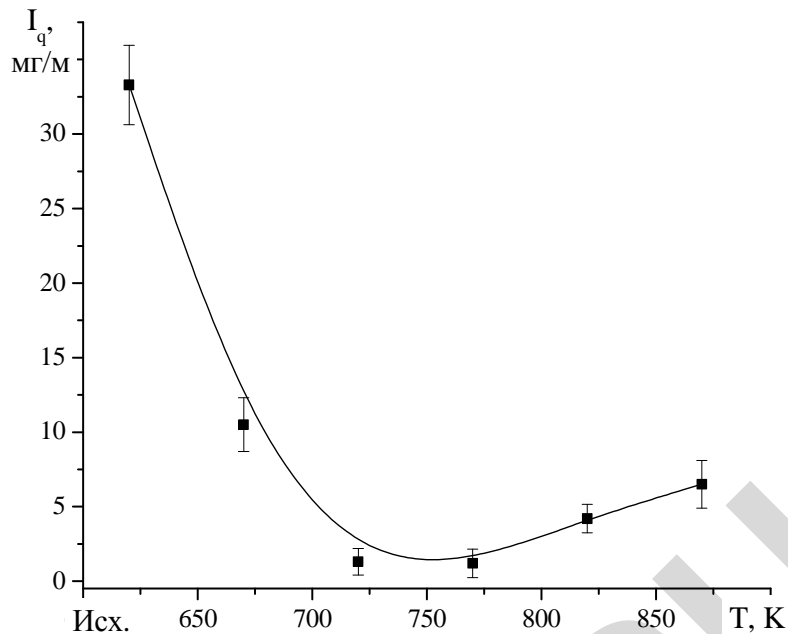


Рис. 2. Зависимость интенсивности весового изнашивания I_q сплава Fe_3Al от режима его ионно-лучевой обработки

Данные по коррозионной стойкости сплава в различных средах приведены на рисунке 3. Можно видеть, что в случае испытаний сплава в кислой агрессивной среде максимальная коррозионная стойкость достигается после обработки при 720 – 770 К, обеспечивающей выделение в слое частиц кубических нитридов $\epsilon-AlN$. При испытаниях в нейтральном соляном растворе установлено, что ионно-лучевое азотирование сплава Fe_3Al приводит к снижению его коррозионной стойкости (рис. 3, б).

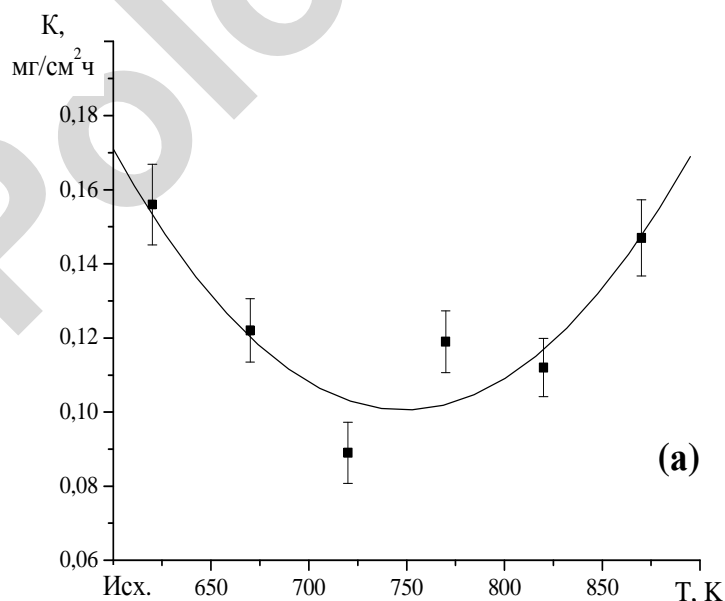


Рис. 3. Зависимость скорости коррозии K сплава Fe_3Al , обработанного ионами азота по различным режимам, при испытаниях в 2Н водном растворе CH_3COOH (а) и 10% водном растворе $NaCl$ (б) (см. также с. 77)

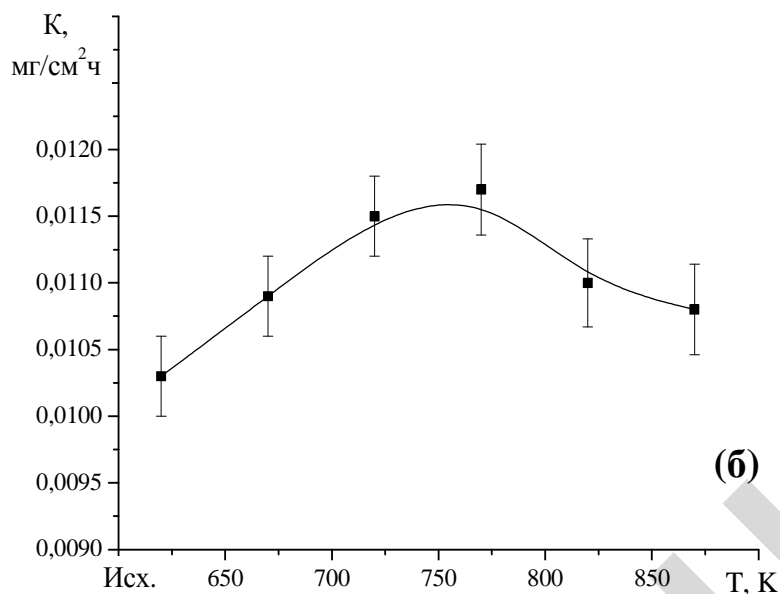


Рис. 3 Окончание

ЛИТЕРАТУРА

1. Белый, А.В. Инженерия поверхностей конструкционных материалов концентрированными потоками ионов азота / А.В. Белый, В.А. Кукареко, А. Патеюк. – Минск : Белорусская наука, 2007. – 244 с.

УДК 621.762:621.921

ПРОИЗВОДСТВО ИНСТРУМЕНТОВ ИЗ НАНОСТРУКТУРНЫХ СВЕРХТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ

П.А. Витязь, В.Т. Сенюць, И.В. Валькович

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, Минск

М.Л. Хейфец

ГНПО «Центр» НАН Беларуси, Минск

Разработаны технологии производства инструментов с пластинами из сверхтвердых материалов, включающие синтез наноструктурных порошков и спекание поликристаллов из порошков.

Практика использования инструментов показывает, что в ряде случаев целесообразно использовать сверхтвердые материалы (СТМ) в виде компактных материалов, содержащих частицы СТМ, спеченные без добавок связующего в поликристаллические блоки. Это обуславливает актуальность разрабатываемых технологических основ синтеза наноструктурных СТМ и их последующего компактирования без связующего [1, 2].