

УДК 533.9:539.4.015.12

DOI: 10.17223/00213411/62/6/16

Ю.Ф. ИВАНОВ¹, А.И. ПОТЕКАЕВ^{2,3}, А.А. КЛОПОТОВ^{3,4}, Ю.А. АБЗАЕВ⁴, М.П. КАЛАШНИКОВ⁵,
А.В. ЧУМАЕВСКИЙ⁵, Г.Г. ВОЛОКИТИН⁴, Е.А. ПЕТРИКОВА¹, А.Д. ТЕРЕСОВ¹, А.Ю. ШУБИН³

СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ И СВОЙСТВА СТАЛИ ПОСЛЕ ПЛАЗМЕННО-ЭЛЕКТРОННОЙ МОДИФИКАЦИИ*

Приведены результаты исследования фазового и элементного состава, состояния дефектной субструктуры, механических и трибологических свойств модифицированной поверхности стали 35Л. Модификация сочетала плазменное напыление порошкового покрытия на основе системы Ni–Cr–B–Si и последующее облучение интенсивным импульсным электронным пучком. Показано, что плазменное напыление порошкового покрытия приводит к формированию высокорельефной поверхности, содержащей микро- и макропоры. Последующая обработка модифицированной поверхности интенсивным импульсным электронным пучком субмиллисекундной длительности в режиме плавления поверхностного слоя сопровождается выглаживанием поверхности покрытия, насыщением кристаллической решетки поверхностного слоя атомами Ni, Cr, B и Si, формированием ячеек дендритной кристаллизации субмикронных размеров, выделением наноразмерных частиц второй фазы и образованием закалочной структуры. В совокупности это приводит к формированию упрочненного слоя толщиной до 1500 мкм, микротвердость которого в 4.6–6.5 раз, а износостойкость в 4 раза превышает соответствующие характеристики исходной стали.

Ключевые слова: борирование, порошковый материал, плазма, интенсивный импульсный электронный пучок, поверхностный сплав, структура, свойства.

Введение

Применение электронно-ионно-плазменных методов обработки поверхности, основанных на использовании концентрированных потоков энергии (мощные ионные пучки, потоки плазмы, лучи лазера, импульсные и непрерывные электронные пучки и т.д.), позволяет получать модифицированные поверхностные слои и покрытия с существенно более высокими физико-механическими свойствами относительно упрочняемого материала [1–8]. Комбинированные приемы, сочетающие в различной последовательности напыление плазменных покрытий и слоев с последующей обработкой концентрированными потоками энергии, позволяют во многих случаях добиться дополнительного повышения физико-механических и трибологических свойств материала [9–14].

Воздействие концентрированными потоками энергии на сложно-легированную поверхность металлических систем способствует переводу кристаллической решетки в слабоустойчивое состояние и, как следствие, образованию целого спектра структурно-фазовых состояний [15–18]. Новая концепция поведения физических систем вблизи границы потери устойчивости позволяет не только с новых позиций рассматривать картину образования необычных структурно-фазовых состояний на поверхности материала в результате высокоэнергетических воздействий, но и прогнозировать во времени поведение их свойств.

Целью настоящих исследований является выявление и анализ закономерностей изменения структуры и свойств промышленной стали, подвергнутой комплексной обработке, которая сочетает плазменное напыление порошкового покрытия и облучение интенсивным импульсным электронным пучком.

Материал и методики исследования

В качестве материала исследования была использована сталь 35Л [19]. Модифицирование ее поверхности осуществляли плазменным напылением (использовали оригинальную установку с двумя плазменными генераторами [20]) порошка системы Ni–Cr–B–Si марки ПГСР-4 (0.6–1.0 % углерода, 15–18 % хрома, 3.0–4.5 % кремния, 3.0–3.8 % бора, до 5 % железа, остальное – никель) с фракцией 80–100 мкм. В качестве плазмообразующего газа использовался азот. Применение двух плазменных генераторов позволяло проводить одновременно плавление поверхностного слоя обрабатываемой детали и осуществлять внедрение в расплавленный поверхностный слой частиц

* Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 19-19-00183).

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>