

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И НАНОТЕХНОЛОГИЙ

**СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ И
МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ
СТАЛИ Р6М5, ЛЕГИРОВАННОГО АТОМАМИ Nb И Cu ПРИ
ВОЗДЕЙСТВИИ КОМПРЕССИОННЫХ ПЛАЗМЕННЫХ
ПОТОКОВ**

Дипломная работа
Студента 6 курса
Свистунова Захара
Александровича

Научный руководитель
кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры физики твердого тела и
нанотехнологий Черенда Н.Н.

Допущен к защите

«___»_____20__г.

Зав. кафедрой физики твердого тела и нанотехнологий
доктор физ.-мат. наук, профессор
Углов Владимир Васильевич

РЕФЕРАТ

Дипломная работа 46 страниц, 3 части, 28 рисунков, 12 источников.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Р6М5, НИОБИЙ, МЕДЬ, ЛЕГИРОВАНИЕ, КОМПРЕССИОННЫЕ ПЛАЗМЕННЫЕ ПОТОКИ, МИКРОТВЕРДОСТЬ, СКАНИРУЮЩАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКОПИЯ.

Объектом исследования является быстрорежущая сталь Р6М5 с покрытиями Nb и Nb+Cu.

Цель работы – изучение структурно-фазового состояния и механических свойств поверхностного слоя инструментальной быстрорежущей стали Р6М5, легированного атомами Nb и Cu при воздействии компрессионных плазменных потоков (КПП).

Методы исследования: рентгеноструктурный анализ, сканирующая электронная микроскопия, измерение массы, измерение микротвердости.

Легирование проводилось путем предварительного осаждения покрытия Nb или Nb+Cu и последующего воздействия КПП. Установлено, что при плазменном воздействии происходит растворение карбидов $\text{Fe}_3\text{W}_3\text{C}$, а также образуется нитрид NbN. Добавление в состав покрытия Cu приводит к уменьшению эрозии при обработке образцов КПП. Установлено, что с увеличением энергии, поглощенной поверхностью, снижается концентрация легирующих элементов в поверхностном слое и распределение элементов по поверхности становится более однородным. Растворение карбидной фазы $\text{Fe}_3\text{W}_3\text{C}$ в результате обработки КПП приводит к снижению микротвердости образцов.

Отжиг легированных образцов при температуре 900°C в течение 3 часов приводит к образованию оксидов Fe_2O_3 и Fe_3O_4 . Нитрид NbN при отжиге не распадается, что свидетельствует о его термической устойчивости. Измерение массы продемонстрировало, что легирование значительно повышает коррозионную стойкость к окислению на воздухе. Одновременное легирование Nb с Cu дает большее увеличение коррозионной стойкости, чем легирование Nb. Также отжиг обеспечивает значительный прирост микротвердости – максимальное значение для легированных образцов составило 8,5 ГПа у образца, легированного Nb с Cu и с плотностью энергии, поглощенной поверхностью, равной 23 Дж/см^2 , тогда как микротвердость исходного образца после отжига составила 6,6 ГПа.

Полученные результаты могут лечь в основу технологии повышения эксплуатационных характеристик режущего инструмента конструкционных материалов компрессионными плазменными потоками.

РЭФЕРАТ

Дыпломная работа 46 старонак, 3 часці, 28 рысункаў, 12 крыніц.

КЛЮЧАВЫЯ СЛОВЫ: Р6М5, НІЁБІЙ, МЕДЗЬ, ЛЕГІРАВАННЕ, КАМПРЭССІОННЫЕ ПЛАЗМЕННЫЯ ПАТОКІ, МІКРАЦВЕРДАСЦЬ, СКАНАВАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ МІКРАСКАПІЯ.

Аб'ектам даследавання з'яўляецца хуткарэзная сталь Р6М5 з пакрыццямі Nb і Nb+Cu.

Мэта работы – вывучэнне структурна-фазавага стану і механічных уласцівасцяў павярхоўнага пласта інструментальнай хуткарэзнай сталі Р6М5, легаванага атамамі Nb і Cu пры ўздзеянні кампрэсійных плазменных патокаў (КПП).

Метады даследавання: рэнтгенаструктурны аналіз, сканавальная электронная мікраскапія, вымярэнне масы, вымярэнне мікрацвердасці.

Легіраванне праводзілася шляхам папярэдняга аблогі пакрыцця Nb або Nb + Cu і наступнага ўздзеяння КПП. Устаноўлена, што пры плазменным уздзеянні адбываецца растварэнне карбідаў $\text{Fe}_3\text{W}_3\text{C}$, а таксама ўтварыцца нітрыд NbN. Даданне ў склад пакрыцця Cu прыводзіць да памяншэння эрозіі пры апрацоўцы узораў КПП. Устаноўлена, што з павелічэннем энергіі, паглынутай паверхняй, зніжаецца канцэнтрацыя легіруючых элементаў у павярхоўным пласце і размеркаванне элементаў па паверхні становіцца больш аднастайным. Растварэнне Карбіднай фазы $\text{Fe}_3\text{W}_3\text{C}$ у выніку апрацоўкі КПП прыводзіць да зніжэння мікрацвердасці узораў.

Адпал легіраваных узораў пры тэмпературы 900°C на працягу 3 гадзін прыводзіць да з'яўлення аксідаў Fe_2O_3 і Fe_3O_4 . Нітрыд NbN пры адпале не распадаецца, што сведчыць аб яго тэрмічнай устойлівасці. Вымярэнне масы прадэманстравала, што легіраванне значна павышае каразійную ўстойлівасць да акіслення на паветры. Адначасовае легіраванне Nb з Cu дае большае павелічэнне каразійнай стойкасці, чым легіраванне Nb. Таксама адпал забяспечвае значны прырост мікрацвердасці – максімальнае значэнне для легіраваных узораў склала 8,5 ГПа ў узору, легаванага Nb з Cu і з шчыльнасцю энергіі, паглынутай паверхняй, роўнай 23 Дж/см^2 , тады як мікратвердось зыходнага ўзору пасля адпалу склала 6,6 ГПа.

Атрыманыя вынікі могуць легчы ў аснову тэхналогіі павышэння эксплуатацыйных характарыстык рэжучага інструмента канструкцыйных матэрыялаў кампрэсійнымі плазменнымі патокамі.

ABSTRACT

Graduate work 46 pages, 3 parts, 28 figures, 12 sources.

KEYWORDS: R6M5, NIOBIUM, COPPER, ALLOYING, COMPRESSION PLASMA FLOWS, MICROHARDNESS, SCANNING ELECTRON MICROSCOPY.

The object of the study is high-speed steel R6M5 with coatings of Nb and Nb+Cu.

The aim of the work is to study the structural and phase state and mechanical properties of the surface layer of high-speed tool steel R6M5 doped with Nb and Cu atoms under the influence of compression plasma flows (CPF).

Research methods: X-ray diffraction analysis, scanning electron microscopy, mass measurement, microhardness measurement.

Doping was carried out by pre-deposition of the Nb or Nb+Cu coating and subsequent exposure to CPF. It has been established that plasma exposure causes the dissolution of $\text{Fe}_3\text{W}_3\text{C}$ carbides, as well as the formation of NbN nitride. The addition of Cu to the coating reduces erosion during the processing of CPF samples. It has been found that with an increase in the energy absorbed by the surface, the concentration of alloying elements in the surface layer decreases and the distribution of elements over the surface becomes more uniform. The dissolution of the $\text{Fe}_3\text{W}_3\text{C}$ carbide phase as a result of CPF treatment leads to a decrease in the microhardness of the samples.

Annealing of doped samples at a temperature of 900°C for 3 hours leads to the formation of Fe_2O_3 and Fe_3O_4 oxides. NbN nitride does not decompose during annealing, which indicates its thermal stability. The mass measurement demonstrated that alloying significantly increases the corrosion resistance to oxidation in air. Simultaneous alloying of Nb with Cu gives a greater increase in corrosion resistance than alloying with Nb. Annealing also provides a significant increase in microhardness – the maximum value for doped samples was 8.5 GPa for a sample doped with Nb and Cu and with an energy density absorbed by the surface equal to 23 J/cm^2 , while the microhardness of the initial sample after annealing was 6.6 GPa.

The results obtained can form the basis of a technology for improving the performance of cutting tools of structural materials by compression plasma flows.