

Ion implantation as technology of superficial treatment of materials

Vitaliy Goncharov¹, Valeriy Zazhigalov²

¹. Department of General Physics and Technical Mechanics, Institute of Chemical Technology of the Eastukrainian National University of V. Dahl (m. Rubizhne), UKRAINE, Rubizhne, Lenin street 31, E-mail: gonch_vit@rambler.ru

². Department of heterogeneous oxidizing processes, Lviv Institute for Sorption and Problems of Endoecology of National Academy of Sciences of Ukraine, UKRAINE, Kyiv, Naumov street 13, E-mail: zazhigal@ispe.kiev.ua

Since the quality of metal items, their physical and mechanical properties are significantly affected by the technology of their manufacture and treatment, use of a broad spectrum of various coatings with tailored properties has become a cutting-edge field in metal processing, chemical technology, catalysis and mechanical engineering. Functional applications of coatings are much determined by their physical, mechanical and chemical properties, such as micro-geometry and surface cohesion energy of the item.

Samples of 12X18H10T steel (80 μm foil) modified with ions of nitrogen, chromium, aluminium and molybdenum by ion implantation were studied.

The samples were treated in the vacuum chamber at the pressure of about 10^{-3} Pa ensured by the fore-vacuum system (fore-vacuum pump with a controlled electric valve) and the high-vacuum system (diffusion pump with a vacuum lock and controlled electric valve) and the temperature below 100°C . The doping dosage of the samples under study was $D \approx 5 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-2}$. Ion flux is initiated in nitrogen plasma, which is why surface of a component part gets modified with ions of nitrogen and the target metal, forming also nitride compounds.

Optical study of micro-geometry of the samples surface was conducted with a МИМ-7 microscope. It was shown that ion implantation of aluminium results in the smoother geometry and more uniform surface (Fig. 1, b). Chromium ion implantation also partially smoothes the surface, but the roughness of the surface is higher than that of aluminium (Fig. 1, c). Implantation of molybdenum ions causes higher roughness of the surface (Fig. 1, d).

Cohesion analysis was carried out by scratching with a ПМТ-3 device. The data obtained are added in Table 1. The results show the implantation to drastically reduce cohesion with the samples surface regardless of the implanted ion type.

*Translated by Polyglot Translation Bureau
<http://www.polyglot-lviv.com>*

Іонна імплантація як технологія поверхневого оброблення матеріалів

Віталій Гончаров¹, Валерій Зажигалов²

¹. Кафедра загальної фізики і технічної механіки, Інститут хімічних технологій Східноукраїнського національного університета вул. В. Даля (м. Рубіжне), Україна, м. Рубіжне, вул. Леніна, 31, E-mail: gonch_vit@rambler.ru

². Відділ гетерогенних окислювальних процесів, Інститут сорбції та проблем ендоекології НАНУ, Україна, м. Київ, вул. Генерала Наумова, 13, E-mail: zazhigal@ispe.kiev.ua

Приведені результати дослідження мікрогеометрії та когезії поверхонь, модифікованих методом іонної імплантації хрому, алюмінію, молібдену та азоту.

Ключові слова – іонна імплантація, вакуум, мікрогеометрія, модифікований шар, когезія.

I. Вступ

Як відомо, на якість виробів значною мірою впливає технологія їх отримання. Зокрема, фізико-механічні характеристики деталей з металів або сплавів залежать багато в чому від виду їх фінішної обробки (хіміко-термічна, механічна, плазмова і так далі). Сучасні матеріали з усім набором необхідних експлуатаційних та технологічних властивостей неможливо отримати без додаткової обробки. Тому останнім часом актуальним напрямом в металообробці, хімічній технології, каталізі, машинобудуванні стало застосування на деталях великого спектру різноманітних покриттів з наперед заданими властивостями. Функціональне призначення покриття багато в чому визначається фізико-механічними і хімічними характеристиками, такими як мікрогеометрія та енергія когезії поверхневого шару виробу.

Часто використовуваним матеріалом в різних галузях промисловості є сталь 12X18H10T. Пов'язано це з її високою міцністю, теплопровідністю, корозійною стійкістю у великому діапазоні середовищ. Тому, в роботі були досліджені зразки із сталі 12X18H10T (фольга завтовшки 80 мкм), модифіковані іонами азоту, хрому, алюмінію та молібдену за допомогою іонної імплантації.

II. Основна частина

Суть технології іонної імплантації полягає в забезпеченні бомбардування пучком іонів поверхні деталі за допомогою джерела іонів з метою їх впровадження в приповерхневий шар і створення модифікованого шару з властивостями, відмінними від властивостей основного матеріалу [1, 2].

Обробка проводилася у вакуумній камері при тиску близько 10^{-3} Па, забезпечуваному системою попереднього вакууму (форвакуумний насос з керованим електроклапаном) і системою глибокого вакууму (дифузійний насос з вакуумним затвором і керованим електроклапаном) і температурі менше ніж 100°C .

Оскільки інтенсивність впливу на властивості майбутнього модифікованого шару при іонній імплантації залежить від дози легування D [3] і є максимальною при дозах близько 10^{17} - 10^{18} см^{-2} , то для дослідження були узяті зразки з дозою легування $D \approx 5 \cdot 10^{17}$ см^{-2} . Процес ініціації іонного потоку відбувається в азотній плазмі, тому поверхня деталі модифікується іонами азоту та цільового металу, створюючи також нітридні сполуки.

Оптичні дослідження мікрогеометрії поверхні зразків проводилися за допомогою мікроскопу МИМ-7. Аналіз мікрофотографій (збільшення в 1500 разів) поверхні (рис. 1) показав, що після іонної імплантації алюмінію рельєф поверхні згладжується і поверхневий шар набуває однорідний характер (рис. 1, б). Імплантація іонів хрому частково вирівнює поверхню, але її шорсткість більша ніж у алюмінію (рис. 1, в). Цікава картина спостерігається при введенні іонів молібдену (рис. 1, г). На фоні гладкого рельєфу, в даному випадку, дуже помітні великі «плями» – гребінці з більшим значенням висоти ніж до обробки.

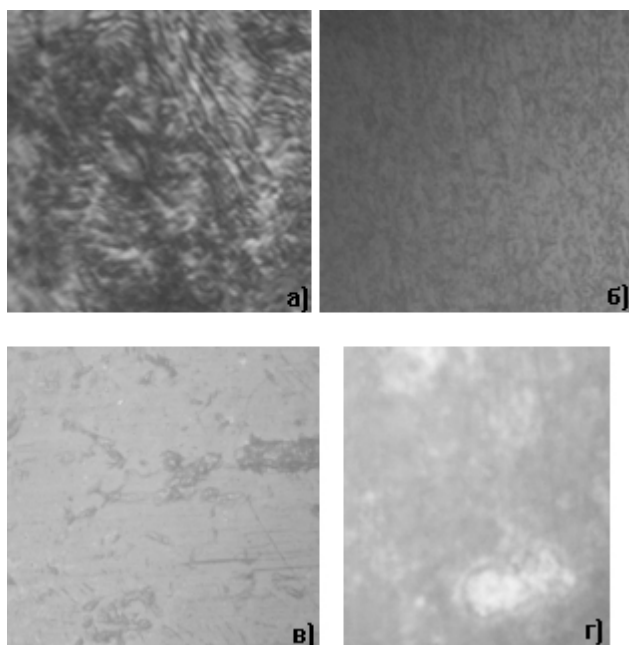


Рис. 1. Структура сталі 12X18H10T:
а – до імплантації; б – після імплантації іонів азоту та алюмінію; в – після імплантації іонів азоту та хрому; г – після імплантації іонів азоту та молібдену

Для кількісного аналізу мікрогеометрії поверхні були проведені виміри висот нерівностей за допомогою мікроінтерферометру Лінніка МІІ-4. Результати дослідів показали, що у необробленій фольги значення висот нерівностей було в діапазоні $0,32 \pm 0,64$ $\mu\text{м}$, у алюмінію – $0,25 \pm 0,32$ $\mu\text{м}$, у хрому – $0,31 \pm 0,36$ $\mu\text{м}$, у молібдену – $0,52 \pm 0,87$.

Результати дослідження показали, що при обробці зразка із сталі 12X18H10T іонами азоту і хрому з $D = 5 \cdot 10^{17}$ см^{-2} відбувається зменшення діапазону висот нерівностей більш ніж на порядок (згладжування мікрорельєфу), азоту та алюмінію – в 3 рази, а при імплантації в підкладку іонів азоту і молібдену

відбувається явне зміщення максимумів і мінімумів в більшу сторону при майже рівній різниці.

Відмінність в мірі ерозії поверхні, залежно від різних імплантатів (хрому і молібдену), можна пояснити різною швидкістю розпилювання, пов'язаною скоріш за все з масою та розмірами цільових іонів.

Очевидно, що імплантація не лише міняє мікрогеометрію поверхні, але і впливає на енергетичний стан, збільшуючи кількість різних дефектів в підкладці. Тому в цій роботі провели оцінку сили когезії (сили взаємодії між атомами та молекулами усередині модифікованого шару).

Аналіз когезії проводили методом дряпання за допомогою приладу ПМТ-3. Отримані дані приведені в табл. 1.

Таблиця 1

Оцінка сили когезії модифікованого поверхневого шару, при навантаженні на індентор, рівному 5 г

Зразок	Основа	Основа + $\text{N}_2 + \text{Al}$	Основа + $\text{N}_2 + \text{Cr}$	Основа + $\text{N}_2 + \text{Mo}$
Величина сили когезії, ГПа	14.26	6.98	6.98	8.62

Результати показали, що імплантація сильно знижує силу зчеплення в поверхні зразків незалежно від типу впроваджених іонів. В свою чергу це свідчить про те, що обробка за даним методом нержавіючої сталі призводить до збільшення її пластичності та запобігає її термічному руйнуванню внаслідок ламкості та локальних перегрівів.

Висновок

Таким чином, не дивлячись на те, що метод іонної імплантації широко застосовується в машинобудуванні і металургії для отримання зміцнюючих, твердих і зносостійких поверхонь на інструментах, деталях машин, він безумовно впливає на фізико-механічні і хімічні властивості твердих тіл. Тому можна вважати перспективним також вивчення каталітичних, теплофізичних і корозійних властивостей поверхонь, модифікованих за допомогою іонної імплантації з метою широкого їх застосування в хімічній, фармацевтичній, харчовій і інших галузях промисловості.

Література

- [1] Беграмбеков Л.Б. Модифікація поверхні твердих тіл при іонній і плазмовій дії [Текст] / Л.Б. Беграмбеков. – М.: МИФИ, 2001. – 34 с.
- [2] Тонкі плівки – взаємна дифузія і реакції / [під ред. Дж. Поуга, До. Ту, Дж. Мейера]. – М.: Світ, 1982. – 576 с.
- [3] Bannikov M.G. Application of ion beam processing technology in production of catalysts [Текст] / M.G. Bannikov, J.A. Chatha, V.N. Zlobin та ін. // IJME Engineering Journal. – 2001. – Vol. 2, №2. – с.1-5.