

УКРАЇНА



ПАТЕНТ

НА ВИНАХІД

№ 107408

СПОСІБ ІОННО-ПЛАЗМОВОГО ПРЕЦИЗІЙНОГО
АЗОТУВАННЯ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛІ ЗІ СТАЛЕЙ І СПЛАВІВ
AVINIT N

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на винаходи
25.12.2014.

Голова Державної служби
інтелектуальної власності України

А.Г. Жарінова



(21) Номер заявки:	a 2013 05768	(72) Винахідники:	Саралович Владислав Бікторович, UA, Саралович Олексій Владиславович, UA
(22) Дата подання заявки:	07.05.2013		
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	25.12.2014		
(41) Дата публікації відомості про заявку та номер бюлетеня:	11.11.2013, Бюл. № 21	(73) Власники:	Саралович Владислав Бікторович, вул. Вальтера, 21-а, кв. 124, м. Харків, 61108, UA, Саралович Олексій Владиславович, вул. Вальтера, 21-а, кв. 124, м. Харків, 61108, UA
(46) Дата публікації відомості про видачу патенту та номер бюлетеня:	25.12.2014, Бюл. № 24		

(54) Назва винаходу:

СПОСІБ ІОННО-ПЛАЗМОВОГО ПРЕЦИЗИЙНОГО АЗОТУВАННЯ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛІ ЗІ СТАЛЕЙ І СПЛАВІВ АЛІНІТ N

(57) Формула винаходу:

1. Спосіб іонно-плазмового прецизійного азотування поверхонь деталей зі сталей або сплавів, що включає попереднє іонне очищення поверхні деталі з утворенням у міжелектродному просторі плазми, нагрівання поверхні й підтримка її на всіх стадіях обробки, подачу негативного потенціалу на оброблювану деталь, азотування її в азотовмісному газі або азоті, який **відрізняється** тим, що попередньо ініціюють газорозрядну плазму на основі аргону, після витримки в ініційованій плазмі на основі аргону в газорозрядну плазму вводять азот, подають негативний потенціал зсуву на оброблювану деталь, плавно змінюючи його значення від мінімального до робочого значення, здійснюють ізотермічну витримку, потім заміняють аргонозаотну суміш чистим азотом, створюючи плазмовий потік, що містить іони азоту, підвищують негативний потенціал зсуву на деталь і температуру її виконують її ізотермічну витримку в азотній плазмі.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що в ініційованій газорозрядній плазмі на основі аргону деталь нагрівають до температури 400-500 °С, витримують в інертній атмосфері протягом 20-30 хв.

3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що іонне очищення виконують при негативному потенціалі на деталі до 800-1200 В.

4. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що в газорозрядну плазму на основі аргону після витримки вводять азот до утворення газової суміші 50/50 Ar+N₂, устанавлюють негативний потенціал зсуву на оброблювану деталь, плавно змінюючи його значення від 50 до 400-500 В.

5. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що в аргонозаотній суміші виконують ізотермічну витримку деталі протягом 1,5-3 годин при тиску 1,5·10³ мм рт. ст.

6. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що після ізотермічної витримки підвищують негативний потенціал зсуву на деталі до 600-800 В.

7. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що ізотермічну витримку в азотній плазмі здійснюють при температурі деталі 500-700 °С, протягом 2-3 годин.

(11) 107408

Пронумеровано, прошито металевими
люверсами та скріплено печаткою
2 арк.
25.12.2014



Уповноважена особа

(підпис)



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **107408** (13) **C2**
(51) МПК
C23C 14/48 (2006.01)
C23C 14/06 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки: а 2013 05768	(74) Представник: Серюгіна Алла Сергіївна, реєстр. №63
(22) Дата подання заявки: 07.05.2013	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 74 749 C2, 16.01.2006 UA 77 613 C2, 15.12.2006 UA 85 341 C2, 12.01.2009 (RU 2 241 782 C1, 10.12.2004 RU 2 413 793 C2, 10.03.2011 RU 2 430 992 C2, 10.10.2011 JP 04-325677 A, 16.11.1992 JP 2003-073800 A, 12.03.2003 JP 2004-283995 A, 14.10.2004 US 6 045 667 A, 04.04.2000 Сагалович А.В., Кононьких А.В., Попов В.В., Дудник С.Ф. Экспериментальные исследования покрытий типа AVINIT//Авиационно-космическая техника и технология. 2011. - № 3(80). - С. 5-15
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 25.12.2014	
(41) Публікація відомостей про заявку: 11.11.2013, Бюл.№ 21	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.12.2014, Бюл.№ 24	
(72) Винахідник(и): Сагалович Владислав Вікторович (UA), Сагалович Олексій Владиславович (UA)	
(73) Власник(и): Сагалович Владислав Вікторович, вул. Вальтера, 21-а, кв. 124, м. Харків, 61108 (UA), Сагалович Олексій Владиславович, вул. Вальтера, 21-а, кв. 124, м. Харків, 61108 (UA)	

(54) СПОСІБ ІОННО-ПЛАЗМОВОГО ПРЕЦИЗІЙНОГО АЗОТУВАННЯ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛІ ЗІ СТАЛЕЙ І СПЛАВІВ AVINIT N**(57) Реферат:**

Винахід належить до галузі металургії, а саме - до хіміко-термічної обробки металевих поверхонь, зокрема - до способу іонно-плазмового азотування. Спосіб іонно-плазмового азотування поверхонь деталі зі сталей і сплавів, в якому попередньо ініціюють газорозрядну плазму на основі аргону, вводять азот в газорозрядну плазму після витримки в ініційованій плазмі на основі аргону, подають негативний потенціал зсуву на оброблювану деталь, плавно змінюють його значення від мінімального до робочого значення, здійснюють ізотермічну витримку, потім заміняють аргоноазотну суміш чистим азотом, створюючи плазмовий потік, що містить іони азоту, підвищують негативний потенціал зсуву на деталь і температуру, виконують ізотермічну витримку в азотній плазмі деталі. Винахід забезпечує на поверхні виробу формування азотованого шару зі стабільною рівноважною мікроструктурою без ламкої поверхневої структури, збільшується твердість цього шару на деталі, виключається жолоблення деталі, зберігаються вихідні геометричні розміри деталі при одночасному прискоренні азотування у 3-5 разів.

UA 107408 C2

Винахід, що заявляють, належить до галузі металургії, тобто - до хіміко-термічної обробки металевих поверхонь, зокрема - до способу поверхневого зміцнення іонно-плазмовим азотуванням, і може бути використаний в машинобудуванні, двигунобудуванні, металургії й інших галузях промисловості для поверхневого зміцнення й підвищення зносостійкості інструментів і деталей при створенні різних конструкційних елементів, що працюють у жорстких умовах експлуатації, з поліпшеними, захисними, зміцнюючими, зносостійкими, ерозійностійкими властивостями.

Відомо, що найбільш багаточільовим процесом для обробки поверхонь сталей є азотування, а в рішенні проблеми підвищення міцності серед методів хіміко-термічної обробки азотування займає одне із провідних положень [див. Підсумки науки й техніки. Металознавство й термічна обробка, т. 19 - М: 1985 р. с. 172-218].

Відомий спосіб формування зносостійкого покриття на поверхні виробів з конструкційної сталі, що включає іонно-плазмові азотування в середовищі реактивного газу - азоту, очищення поверхні деталі й нанесення нітриду титану із плазмової фази [див. опис до патенту РФ № 2131480, М. кл. С23С 14/06, опубл. 10.06.1999 р.], при цьому азотування, очищення поверхні й нанесення нітриду титану здійснюють в одній вакуумній камері в плазмі дугового й газового розряду, азотування проводять при тиску реактивного газу $5 \cdot 10^{-3}$ - $2 \cdot 10^{-2}$ мм рт. ст., негативній напрузі зсуву на деталях 300-1000 В, очищення проводять у плазмі інертного газу - аргону $3 \cdot 10^{-4}$ - $7 \cdot 10^{-4}$. Спосіб включає нанесення нітриду титану протягом 60-90 хв. при одночасній роботі генератора газорозрядної плазми й дугового випарника при негативному зсуві на деталі 300-600 В та тиску реактивного газу $3 \cdot 10^{-4}$ - $2 \cdot 10^{-3}$ мм рт. ст.

У результаті проведених досліджень було виявлено, що при обробці пропонованим способом на поверхні зразків формується модифікований шар, що складається із трьох послідовно розташованих і адгезійно-міцно зв'язаних між собою зон. Азотистий ферит має плавно зростаючу твердість від серцевини 2,0 ГПа до поверхні до 6 ГПа довжиною 100-120 мкм. Над нею розташована область нітриду заліза товщиною 6-8 мкм і твердістю 7,5-8,0 ГПа. Шар нітриду титану приблизно був 2-3 мкм, оскільки його осадження здійснювалося зі швидкістю 2 мкм/ч протягом 60-90 хв.

Однак, описаний вище спосіб має низьку швидкість процесу утворення шару, що зміцнює, застосування обмежене, в основному, сплавами, що азотовані (переважно конструкційними сталями з низьким ступенем легування, у яких спостерігається формування на поверхні суцільного шару нітридів заліза).

Відомий також спосіб вакуумної іонно-плазмової обробки, що включає завантаження в камеру попередньо очищених від забруднень деталей, одержання в ній робочого вакууму, проведення очищення в середовищі інертного газу за допомогою джерела газової плазми, вакуумне іонно-плазмові зміцнення, у якому перед іонним очищенням проводять електронний розігрів деталі до температури початку іонно-вакуумного зміцнення [див. опис до патенту РФ № 2122602, М. кл. С23С 14/48, опубл. 27.11.1998 р.]. Електронний розігрів проводили при тиску в камері 0,65 Па протягом години до температури 400 °С. Після іонного очищення впускали в камеру азот тиском 0,13 Па. При напрузі зміцнення 200 В в камері загорявся газоплазмовий розряд. На основі дугового розряду йшов випар титану, й протягом 40 хв. йшло осадження нітриду титану, що забезпечувало товщину покриття 5 мкм.

Випробування черв'ячних фрез у виробництві показало збільшення зносостійкості в 1,8 рази в порівнянні з базовим процесом.

До недоліків способу належить те, що отриманий шар, що зміцнює, впливає на параметри фрез, що робить неприйнятним використання описаного вище способу для зміцнення деталей із твердими вимогами до конструкційних характеристик. Існує можливість повного переходу розряду в дуговий, що може призвести до оплавлення поверхні прецизійних деталей.

Найбільш близьким до рішення, що заявляють, по призначенню, технічній суті й результату, що досягають, при використанні є спосіб іонно-плазмової обробки сталевих поверхні, що включає попереднє іонне очищення поверхні з утворенням у міжелектродному просторі плазми, нагрівання поверхні й підтримка її на всіх стадіях обробки, подачу негативного потенціалу на оброблювану деталь, азотування в азотовмісному газі або азоті [див. опис до патенту РФ № 2241782, М. кл. С23С 14/48, опубл. 10.12.2004 р.]. Спосіб включає створення електродугового розряду, потім відтинають від оброблюваної поверхні потік іонів металу, що виходить від електродугового розряду, і одночасно пропускають потік електронів на анод основного розряду, збуджуючи й підтримуючи тліючий розряд. Після азотування створюють у камері тиск не більше 0,0015 Па, забезпечують прохід металеві частини плазми електродугового розряду на оброблювану поверхню й роблять іонно-плазмові напилювання нітридом металу емісійного катода при негативній напрузі 200-250 В на оброблюваному інструменті.

Після проведення процесу іонно-плазмового напилювання були виготовлені шліфи й визначена мікротвердість покриттів на приладі ПМТ-3. Результати випробувань показали, що інструмент, оброблений по запропонованому способу, має значно більш високу твердість і зносостійкість, ніж відомий.

5 Однак, як і в попередньому випадку, недоліком описаного вище технічного рішення залишається низька швидкість утворення зносостійкого шару, що обмежується шаром нітриду заліза. Збільшення товщини цього шару може призвести до зміни геометрії обробленої поверхні, зміни заданих розмірів, що обмежує функціональні можливості застосування способу.

10 Значний час обробки й, відповідно, більші витрати електроенергії, обумовлюють неповне використання потенційних можливостей процесу по підвищенню швидкості дифузійного насичення поверхневих шарів сталевих деталей азотом.

Тому метою технічного рішення, що заявляють, є підвищення швидкості дифузійного насичення металевих поверхневих шарів азотом, виключення жолоблення виробів, зменшення впливу результату зміцнення на вихідну геометрію виробів, на кінцеві параметри виробів.

15 В основу винаходу поставлена задача поліпшення способу іонно-плазмового азотування поверхонь сталей і сплавів, в якому, внаслідок попереднього ініціювання газорозрядної плазми на основі аргону, уведення азоту в газорозрядну плазму після витримки в ініційованій плазмі на основі аргону, подачі негативного потенціалу зсуву на оброблюваний виріб, плавної зміни його значення від мінімального до робочого значення, здійснення ізотермічної витримки, потім
20 заміни аргоноазотної суміші чистим азотом, створюючи плазмовий потік, що містить іони азоту, підвищення негативного потенціалу зсуву на виріб і температури, виконання ізотермічної витримки в азотній плазмі, одержують новий технічний результат. Він полягає в тому, що в результаті на поверхні виробу формується азотований шар із стабільною рівноважною мікроструктурою без ламкої поверхневої структури і, як наслідок, збільшується твердість, відсутнє жолоблення виробів, відбувається збереження вихідних геометричних розмірів при
25 одночасному прискоренні азотування у 3-5 разів.

Поставлена задача вирішується тим, що у відомому способі іонно-плазмового азотування поверхонь сталей і сплавів, що включає попереднє іонне очищення поверхні з утворенням у міжелектродному просторі плазми, нагрівання поверхні й підтримка її на всіх стадіях обробки,
30 подачу негативного потенціалу на оброблювану деталь, азотування в азотовмісному газі або азоті, відповідно до винаходу, попередньо ініціюють газорозрядну плазму на основі аргону, після витримки в ініційованій плазмі на основі аргону в газорозрядну плазму вводять азот, подають негативний потенціал зсуву на оброблюваний виріб, плавно змінюючи його значення від мінімального до робочого значення, здійснюють ізотермічну витримку, потім заміняють
35 аргоно-азотну суміш чистим азотом, створюючи плазмовий потік, що містить іони азоту, підвищують негативний потенціал зсуву на виріб і температуру, і виконують ізотермічну витримку в азотній плазмі.

Відповідно до винаходу, в ініційованій газорозрядній плазмі на основі аргону виріб нагрівають до температури 400-500 °С, витримують в інертній атмосфері протягом 20-30 хв.

40 Відповідно до винаходу, іонне очищення виконують при негативному потенціалі на виробі до 600-800 В.

Відповідно до винаходу, у газорозрядну плазму на основі аргону після витримки вводять азот до утворення газової суміші 50/50 Ar+N₂, установлюють негативний потенціал зсуву на оброблюваний виріб, плавно змінюючи його значення від 50 до 400-500 В.

45 Відповідно до винаходу, в аргоноазотній суміші виконують ізотермічну витримку протягом 1,5-3 години при тиску $1,5 \times 10^{-3}$ мм рт. ст.

Відповідно до винаходу, після ізотермічної витримки підвищують негативний потенціал зсуву на виріб до 600-800 В.

50 Відповідно до винаходу, ізотермічну витримку в азотній плазмі здійснюють при температурі виробу 500-700 °С, протягом 2-3 годин.

Як видно з викладу суті технічного рішення, що заявляють, відрізняється від найближчого аналога, і, отже, є новим.

Технічне рішення, що заявляють, має винахідницький рівень. Відомі способи азотування поверхонь виробів з легованих сталей, що включають нагрівання виробів до температури 500-
55 600 °С, з наступним дифузійним насиченням в атмосфері азоту або аміаку [див. Лахтін Ю.М. Хіміко-термічна обробка металів. -М.: Металургія, 1985; Збірник "Короткочасні процеси азотування НИИИНФОРМТЯЖМАШ, 1976, т.13, с. 1720]. Згадані способи забезпечують одержання шару, що зміцнює, на поверхні виробів, однак, утворення вторинних ламких нітридів заліза Fe₄N як на поверхні, так і усередині зерен шару, що зміцнює, створює внутрішній
60 напружений стан, що викликає жолоблення покриття зі зміною геометричних розмірів виробу,

що вимагає наступного шліфування. Крім того, недостатньою виявляються і швидкість процесу утворення шару, що зміцнює.

5 Технічне рішення, що заявляють, принципово відрізняється від відомих тим, що процес азотування й одержання зміцненого шару скорочується в 3-5 разів, на поверхні виробу відсутній ламкий шар, поверхні виробів не визивають їх жолоблення, вироби зберігають вихідні геометричні розміри, що виключає необхідність у додатковій фінішній обробці.

Технічне рішення, що заявляють, промислово придатне й реалізується на сучасному устаткуванні в умовах сучасного виробництва.

10 Результати застосування способу, що заявляють, показані на кресленнях, у таблиці 1 і прикладах його реалізації.

Фіг.1. Глибина шару, що азотований, на сталі 30 × 2H2ВФА (х500)

Фіг.2. Мікроструктура шару, що азотований, на сталі 30 × 2H2ВФА (х500)

Фіг.3. Шар, що азотований, на сталі 20 × 3МВФ (ув. 6,5^х)

15 Фіг.4. Відбитки виміру мікротвердості шару, що азотований, на сталі 20Х3МВФ (шліф не травлений)

Фіг. 5. Відбитки виміру мікротвердості (шліф травлений)

Фіг. 6. Діаграма розподілу твердості по глибині шару, що азотований, на сталі 20 × 3МВФ.

Таблиця 1

Параметри способу	Приклад 1 30 × 2H2ВФА	Приклад 2 25 × 1МФ	Приклад 3 20Х3МВФ	Приклад 4 Сплав титану ВТ6
Температура нагрівання в ініційованій газорозрядній плазмі, Т°С	400±5	400±5	400±5	400±5
Час витримки, хв...	20±10	20±10	20±10	20±10
Негативний потенціал очищення, В	600±5	600±5	600±5	600±5
Негативний потенціал іонного очищення, В	400±5	400±5	400±5	400±5
Час ізотермічної витримки, година	1,5	1,5	1,5	1,5
Тиск азоту, мм рт. ст. 10 ⁻³	1,5±0,1	1,5±0,1	1,5±0,1	1,5±0,1
Потенціал зсуву при азотуванні, В	600±5	600±5	600±5	800±5
Температура азотування, Т°С	530±5	530±5	530±5	700±5
Час азотування, година	2	2	2	3
Глибина шару, що азотований, мм	0,25	0,25	0,3	0,05
Твердість шару, що азотований, НV	830	790	970	950
Твердість основи, НRC	37-39	36-40	38	37-39
Характеристика геометричних розмірів з точністю 1-2 мкм	незмінна	незмінна	незмінна	незмінна

20 Як видно з креслень і таблиці, як підкладки, використали зразки із промислово широко використовуваних сталей 30 × 2H2ВФА, 25 × 1МФ, 20 × 3МВФ і сплави титану ВТ6. Зразки попередньо шліфували й полірували алмазною пастою зернистістю 1/0 до шорсткості 10 класу.

Для визначення характеристик зміни геометричних розмірів зразків після азотування встановлювалися контрольні зразки, виконані у вигляді циліндрів Ø 20 мм із тієї ж сталі й піддані повністю аналогічній попередній термообробці.

25 Після дифузійного насичення зразки й контрольні зразки досліджували з метою вивчення властивостей модифікованого поверхневого шару.

Твердість шару, що азотований, визначалася на мікротвердомірі фірми "BUEHLER".

30 Вимір характеристик геометричних розмірів контрольних зразків проводили з точністю до 0,5 мкм до й після азотування.

Приклад 1.

Як підкладку використали зразки сталі 30 × 2H2ВФА й контрольні зразки з тієї ж сталі.

35 Після попереднього хімічного очищення в бензині й ректифікаційному спирті зразки завантажували у вакуумну камеру установки Avinit (див. Сагалович А.В. Установка А vinit для нанесення багатшарових функціональних покриттів - Фізична інженерія поверхні. -2010. -Т. 8.-3. 336-347), у якій був змонтований газовий плазмодгенератор. Зразки закріплювали в центрі поворотного стола установки і їм задавалося обертання з кутовою швидкістю 2 об./хв.

Камеру відкачували до тиску 5·10⁻⁵ мм рт. ст., потім напускали аргон до тиску 3·10⁻³-7·10⁻³ мм рт. ст., запалювали тліючий розряд аргону.

Здійснювали обробку зразків у плазмі тліючого розряду, інертного газу - аргону по режимах першого етапу запропонованого способу. Обробка проводилася при потенціалі зсуву 1000-1200 В і щільності струму 3-5 мА/см² протягом 30 хвилин.

5 Відповідно до запропонованого винаходу на другому етапі проводили нагрівання виробів до температури 400...500 °С у газорозрядній плазмі аргону, формованої газовим плазмогенератором. Через газовий плазмогенератор у вакуумну камеру вводили аргон до тиску $1 \cdot 10^{-3}$ - $2 \cdot 10^{-3}$ мм рт. ст. При струмі накалу катода плазмогенератора 100 А, плавно регулювали негативний потенціал зсуву до 400-500 В, температуру зразків доводили до 400-500 °С в протягом 1 час.

10 Плазмоутворюючий газ аргон у камері був замінений на газову суміш $Ar+50\% N_2$, подавану в газовий плазмогенератор при тиску $1,5 \cdot 10^{-3}$ мм рт. ст.

Наступну ізотермічну витримку третього етапу проводили протягом 2 годин, в інтервалі 400-500 °С у газорозрядній плазмі аргону й азоту.

15 Шляхом підвищення потенціалу зсуву до 600 В температура зразків була доведена до 530 °С. Газовим плазмогенератором був сформований плазмовий потік, що містить тільки іони азоту. При цих умовах на четвертому етапі здійснювалося власне азотування - дифузійне насичення поверхні у високощільній газорозрядній плазмі азоту. Час витримки зразків - 2-3 години.

20 Отримані зразки досліджували з метою вивчення властивостей модифікованого поверхневого шару й виміру характеристик геометричних розмірів контрольних зразків.

Зовнішній вигляд і мікроструктура шару, що азотований, на сталі 30 × 2Н2ВФА показані на фіг. 1 і фіг. 2.

25 Величина твердості основного металу після азотування не змінюється $H_u = 350-370$. Твердість поверхневого шару сталі 30 × 2Н2ВФА після дифузійного насичення азотом по запропонованому способу підвищилася до 830 HV.

При цьому глибина шару, що азотований, становить 230...250 мкм при азотуванні при температурі 530 °С протягом 2 годин, тобто ефективність азотування в 4-6 разів вище, ніж при традиційних методах азотування.

30 Дослідження мікроструктури шару, що азотований, (фіг. 2) виявляє рівномірну структуру й повну відсутність ламкого поверхневого шару, характерного для традиційних методів азотування.

Як видно з табл. 1, геометричні розміри контрольних зразків залишаються з точністю до 1-2 мкм практично незмінними.

Приклад 2.

35 Як підкладка використали зразки сталі 25 × 1МФ і контрольні зразки з тієї ж сталі. Попереднє хімічне очищення й установку зразків у вакуумну камеру здійснювали так само, як і в прикладі 1. Режими й час процесу повністю аналогічні використаним у прикладі 1.

40 Глибина шару, що азотований, склала 230-250 мкм при азотуванні при температурі 530 °С протягом 2 годин, тобто ефективність азотування в 4-5 разів вище, ніж при традиційних методах азотування.

Твердість шару, що азотований, сталі 25 × 1МФ склала 790 HV. Величина твердості основного металу після азотування не змінюється $H_u = 350-370$. Азотований шар має рівномірну структуру, ламкий поверхневий шар відсутній.

45 Виміри геометричних розмірів контрольних зразків виявляють їхню незмінність із точністю до 1-2 мкм.

Приклад 3.

Відповідно до заявленого способу на установці, описаної в прикладі 1, азотуванню були піддані зразки зі сталі 20 × 3МВФ і контрольні зразки з тієї ж сталі.

50 Режими й час азотування повністю аналогічні використаним у прикладі 1.

Зовнішній вигляд шару, що азотований, на сталі 20 × 3МВФ показаний на фіг. 3.

Травлений і нетравлений шліфи шару, що азотований, на сталі 20 × 3МВФ і місця виміру твердості наведені на фіг. 4 і фіг. 5.

Діаграма розподілу твердості по глибині шару, що азотований, представлена на фіг. 6.

55 Величина твердості основного металу після азотування не змінюється $H_u = 350-370$. Твердість поверхневого шару сталі 20Х3МВФ після дифузійного насичення азотом по запропонованому способу підвищилася до 970 HV.

При цьому глибина шару, що азотований, становила 260-280 мкм при азотуванні при температурі 530 °С протягом 2 годин, тобто ефективність азотування в 4-6 разів вище, ніж при традиційних методах азотування.

Дослідження мікроструктури шару, що азотований, (фіг. 3) виявляє рівномірну структуру й повну відсутність ламкого поверхневого шару, характерного для традиційних методів азотування.

5 Як видно з табл. 1, геометричні розміри контрольних зразків залишаються з точністю до 1-2 мкм практично незмінними.

Приклад 4.

На установці, використаної в прикладах 1 і 2, по пропонованому способу плазмового азотування були азотовані шліфовані й поліровані зразки зі сплаву титану ВТ6 і контрольні зразки з того ж сплаву.

10 Попереднє хімічне очищення й установку зразків у вакуумну камеру здійснювали так само, як і в прикладі 1. Але режими й час процесу відрізнялися від використаних у прикладі 1. Температура азотування була підвищена до 700 °С, час ізотермічної витримки 1,5 години, а час азотування до 3 години.

15 Твердість азотованого шару при азотуванні при температурі 700 °С протягом 3 годин склала 950 НV, а глибина азотованого шару 50 мкм. Азотований шар має рівномірну структуру, ламкий поверхневий шар відсутній. Величина твердості основного металу після азотування не змінюється $H_r = 350-370$.

Виміри геометричних розмірів контрольних зразків виявляють їхню незмінність із точністю до 1-2 мкм.

20 Порівняльні характеристики традиційних процесів азотування й пропонованого плазменного прецизійного азотування Avinit Nпредставлені в табл. 2.

Таблиця 2

Марка матеріалу	Параметри процесу, властивості	Традиційні процеси іонного азотування	Прецизійне плазменне азотування
30 × 2Н2ВФА	Час одержання зміцненого шару товщиною 0,2-0,3мм, година	16	2
	Температура процесу, °С	500-600	530
25 × 1МФ	Час одержання зміцненого шару товщиною 0,2-0,3мм, година	16	2
	Температура процесу, °С	500-600	530
20 × 3МВФ	Час одержання зміцненого шару товщиною 0,2-0,3мм, година	20	2
	Температура процесу, °С	500-600	530
Сплав титана ВТ6	Температура процесу, °С	700-800	700
	Товщина шару із твердістю ≥ 600 НV, мм	0,01	0,05
	Час азотування, година	15	3

25 Як видно з опису суті технічного рішення, що заявляють, і прикладів його здійснення, воно забезпечує підвищення швидкості дифузійного насичення металевих поверхневих шарів азотом, виключає жолоблення виробів, зменшує вплив результату зміцнення на вихідну геометрію виробів і на кінцеві параметри виробів, прискорює процес азотування у 3-5 разів.

30 ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

35 1. Спосіб іонно-плазмового прецизійного азотування поверхонь деталі зі сталей або сплавів, що включає попереднє іонне очищення поверхні деталі з утворенням у міжелектродному просторі плазми, нагрівання поверхні й підтримка її на всіх стадіях обробки, подачу негативного потенціалу на оброблювану деталь, азотування її в азотовмісному газі або азоті, який відрізняється тим, що попередньо ініціюють газорозрядну плазму на основі аргону, після витримки в ініційованій плазмі на основі аргону в газорозрядну плазму вводять азот, подають негативний потенціал зсуву на оброблювану деталь, плавно змінюючи його значення від мінімального до робочого значення, здійснюють ізотермічну витримку, потім замінюють аргоноазотну суміш чистим азотом, створюючи плазмовий потік, що містить іони азоту,

підвищують негативний потенціал зсуву на деталь і температуру і виконують її ізотермічну витримку в азотній плазмі.

2. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що в ініційованій газорозрядній плазмі на основі аргону деталь нагрівають до температури 400-500 °С, витримують в інертній атмосфері протягом 20-30 хв.
3. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що іонне очищення виконують при негативному потенціалі на деталі до 800-1200 В.
4. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що в газорозрядну плазму на основі аргону після витримки вводять азот до утворення газової суміші 50/50 Ar+N₂, установлюють негативний потенціал зсуву на оброблювану деталь, плавно змінюючи його значення від 50 до 400-500 В.
5. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що в аргонозотній суміші виконують ізотермічну витримку деталі протягом 1,5-3 годин при тиску $1,5 \cdot 10^{-3}$ мм рт. ст.
6. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що після ізотермічної витримки підвищують негативний потенціал зсуву на деталі до 600-800 В.
7. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що ізотермічну витримку в азотній плазмі здійснюють при температурі деталі 500-700 °С, протягом 2-3 годин.

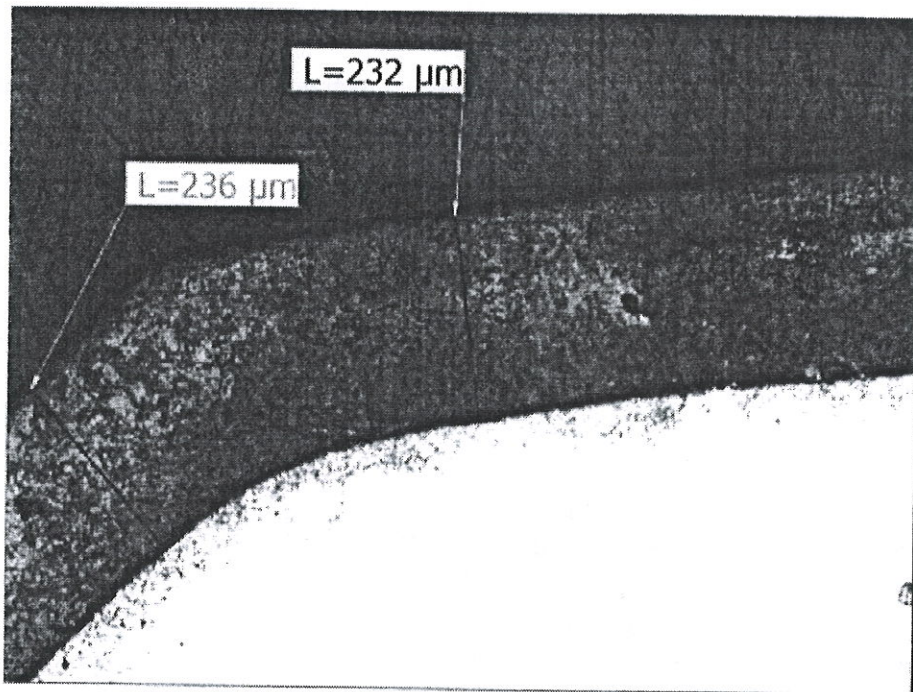


Fig. 1



Fig. 2

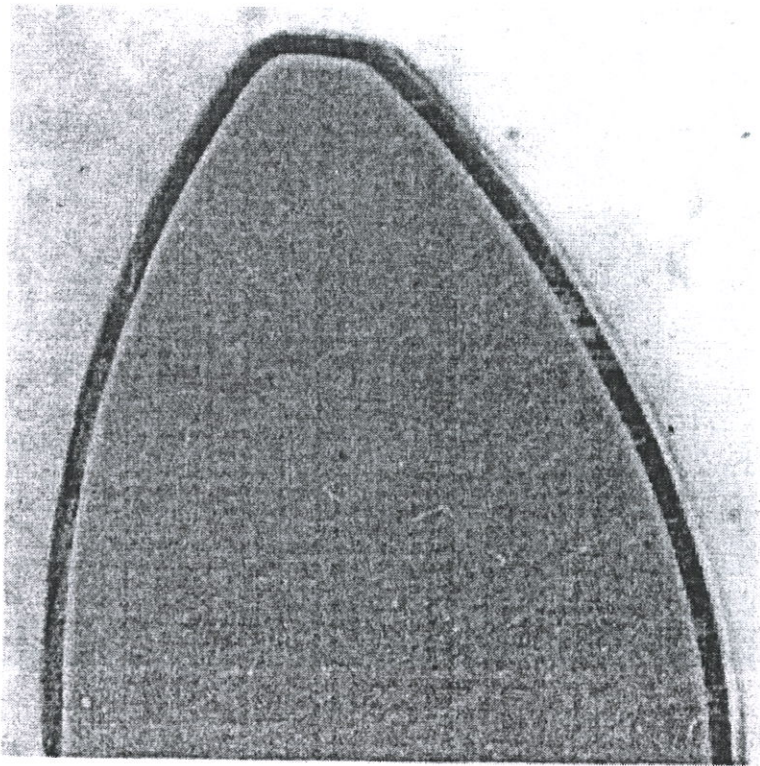
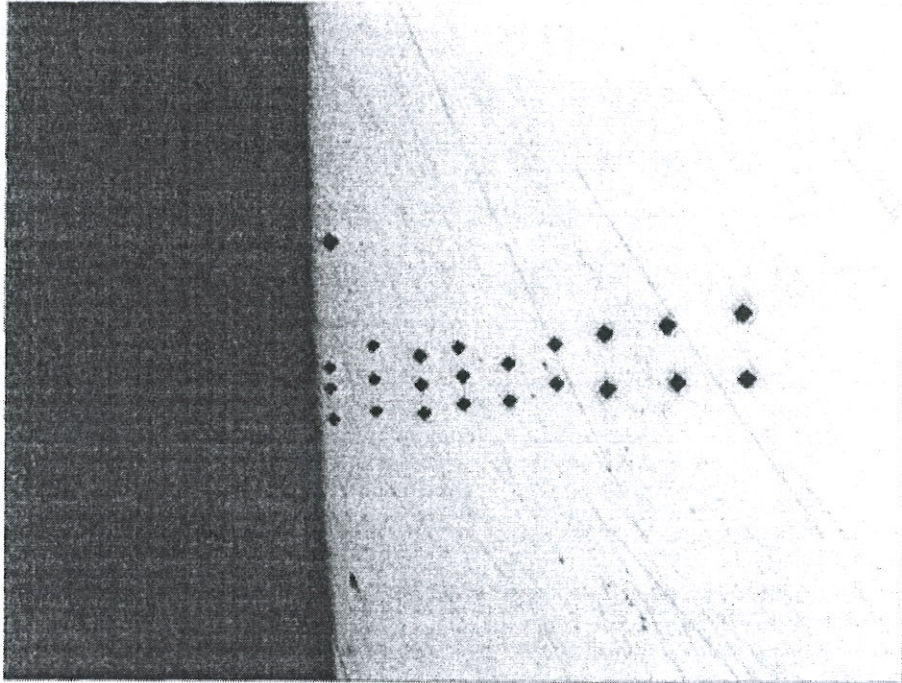
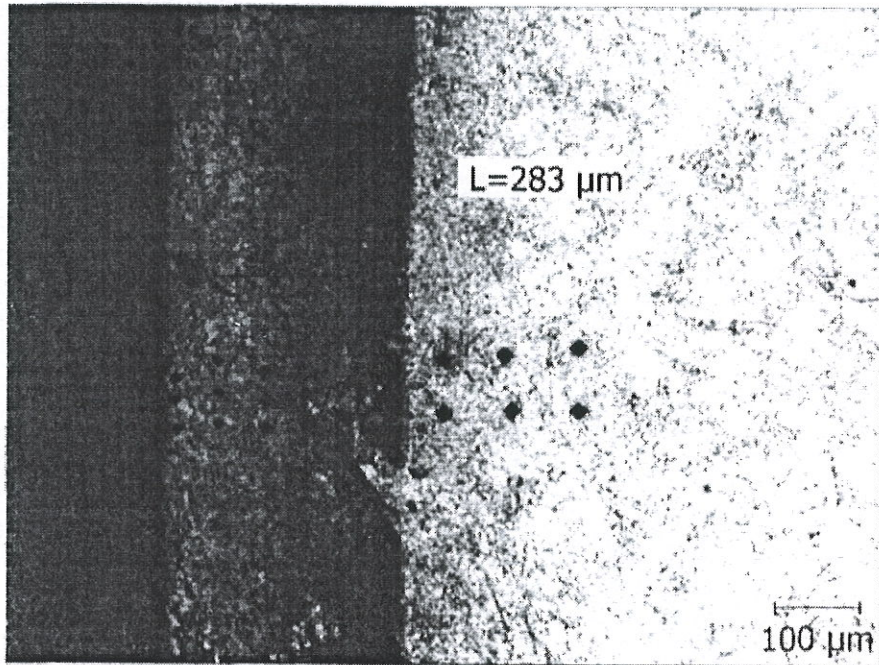


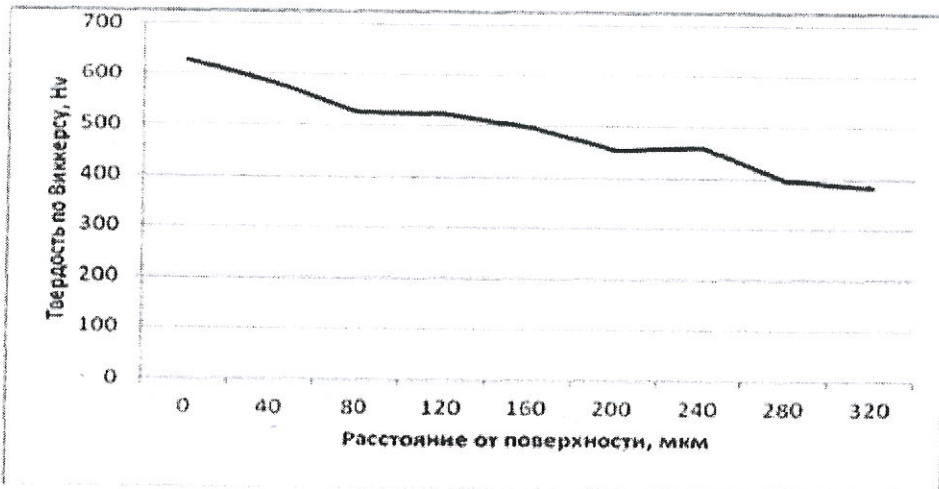
Fig. 3



Φir. 4



Φir. 5



Фиг. 6

Комп'ютерна верстка Л. Литвиненко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601