

УДК621.793

УПРОЧНЕНИЕ СИТ ГРОХОТОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗ СТАЛИ 12Х18Н9Т, МЕТОДОМ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКОГО АЗОТИРОВАНИЯ

Рутковский А.В., Кумуржи А.Ю.

Институт проблем прочности имени Г. С. Писаренко НАН Украины, г. Киев

Исследования показали перспективность и целесообразность применения ионно-плазменного термоциклического азотирования (ИПТА) для повышения надежности сит грохотов и механизмов, работающих в условиях абразивного изнашивания. Применение нового метода ИПТА позволяет формировать упрочненные поверхности деталей, которые обладают необходимым комплексом эксплуатационных свойств. Полученные данные об износостойкости упрочненных слоев в условиях абразивного изнашивания свидетельствует о необходимости применения этого метода для поверхностного упрочнения деталей машин и механизмов.

Ключевые слова: сита грохотов, поверхность, износостойкость, ионно-плазменное термоциклическое азотирование.

Вступление. Грохочение является самым универсальным способом классификации, который позволяет разделить материал в зависимости от размера. Метод используется для классификации материала, размером 1–250 мм. Воздушная и гидравлическая сепарация позволяет разделять зерна, размер которых составляет менее 2 мм. Классификация необходима, чтобы подготовить материал к дроблению или вернуть его на повторное измельчение. Кроме того, классификация может применяться для получения готового продукта, который имеет состав определенной зернистости.

Процесс грохочения выполняется с помощью сит или грохотов, главным элементом которых являются сита (цилиндрические или конические). Мелкие фракции проходят через отверстия сита, а крупные остаются на нем, отделяясь, таким образом, от мелких частиц.

Сита грохотов для просева материалов изготавливаются из металлических сеток или листов стали 12Х18Н9Т с прямоугольными или круглыми отверстиями. При просевании твердых пород происходит абразивный износ сит, что приводит к быстрому выходу со строя грохота.

Анализ последних исследований. В настоящее время для упрочнения сит и дисков на валах грохотов применяют технологию создания износостойкого покрытия. Технология включает подготовку поверхности деталей, нанесения газопламенного покрытия шнуровым материалом, содержащим Ni-Cr-B-Si-C+40% WC и его оплавления [6].

В работе [5] показано исследование интенсивности износа дисков грохота, которое показало, что напыление шнуровым материалом, содержащим карбид вольфрама, существенно снижает износ, как и электродуговое напыление сталью 100Х13.

Поставленная задача заключалась в разработке метода упрочнения сит для увеличения их ресурса.

Результаты исследования. В Институте проблем прочности им. Г. С. Писаренко НАН Украины разработан метод поверхностного упрочнения деталей – ионно-плазменное термоциклическое азотирование (ИПТА). Он предназначен для модификации поверхности конструкционных, инструментальных, нержавеющей сталей и чугунов.

Данный метод основан на таких академических разработках, как: теория термической усталости, аномальный массоперенос при механической нагрузке и эффект дискретного энерговода.

Метод имеет следующие преимущества:

– используется нагрев только поверхностного слоя детали без прогрева ее сердцевины. Нагрев происходит за счет энергии тлеющего разряда, поэтому не нужно использовать печи;

- циклические нагревы и охлаждения детали создают термические напряжения в поверхностном слое, что в 2-3 раза ускоряет диффузионные процессы и соответственно сокращается время обработки;
- форма и размеры детали и чистота ее поверхности остаются без изменений, поэтому не нужна финишная механическая обработка;
- сокращение длительности обработки, циклический характер скоростного дискретного энерговода и нагрев только поверхностного слоя сокращают затраты электроэнергии до 10 раз;
- позволяет обрабатывать поверхность, как простых форм деталей, так и сложных (шнеки, коленвалы, шестерни, матрицы и др.);
- является экологически чистым, так как в процессе обработки не применяются опасные для здоровья человека и окружающей среды вещества.

Для формирования диффузионных слоев методом ИПТА использовалась разработанная в Институте проблем прочности им. Г. С. Писаренко НАН Украины универсальная установка «ВИПА-1» (рис. 1) [3].

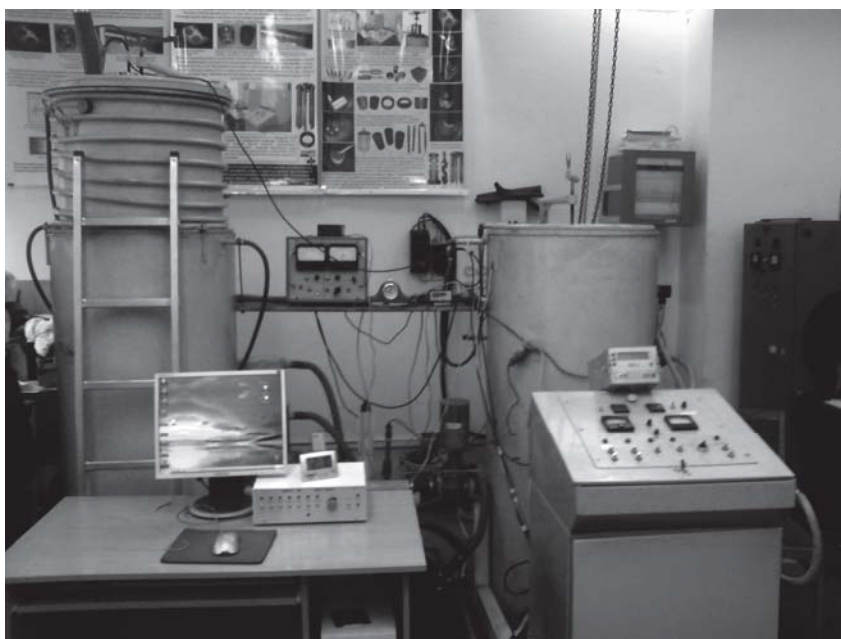


Рисунок 1 – Общий вид установки «ВИПА-1»

Для исследования использовались образцы, изготовленные из стали 12Х18Н9Т, с размерами 10х10х5 мм.

Азотирование выполняли на установке ВИПА [1] термоциклическим циклом ± 50 °С по нескольким режимам для выявления оптимальных параметров.

Типичная микроструктура слоя показана на рис. 2.



Рисунок 2 – Микроструктура азотированного слоя стали 12Х18Н9Т

Таблица 1 – Режимы азотирования и свойства упрочненного слоя

№ режима	Режим			Толщины зон азотированного слоя, мкм		H _μ ³ , Н/мм ²	Примечания
	P, Па	T, °C	Время, час	серая фаза	нитридная зона		
1	80	580	3	36–38 15–16	3–5 2	5360/ 10280/ 10170	
2	240	580	3	30–35 40–42	2–3 2–4	4810/ 4290/ 4510/	Слой несплошный
3	80	500	3	–	2 0	3450/ 4390/ 2520	Слой несплошный
4	120	540	3	– 15–17	2–3 2–3	4390/ 4390/ 4420	Слой на 20% ⁴⁾ Слой на 70 %
5	80	620	3	47 47–50	3–4 3	11850/ 6170/ 9120	
6	120	600	3	45–47 21–25	2–3 2–3	4330/ 4910/ 12870	Слой на 80% Слой на 50%
7	87	580	3	9–11 18–20	2–4 2–4	4360/ 4270/ 3730	Слой на 70% Слой на 80%
8	106	560	3	2–4 –	1 0	3870/ 5310/ 5310	Слой на 50%
9	93	640	6	75–80 45–46	2–4 3–4	3060/ 8310/ 11780	100% 15 мкм слой азотистого аустенита
10	93	600 640	6	68–75 15–20	2–3 3–4	–	–
11	80 73	600 640	1 4	60–63	4–5	8870/ 10750/ 9670	100%-ная сплошность, 3–7 мкм диффузионная зона
12	80 200	600 640	1 4	60	3–4	10520/ 9720/ 10920	
13	80 80 210	600 680 680	1 3 2	36–42	4–5	10880/ 10640/ 10640	
14 ²⁾	80 80	600 680	1 3	25–30	4–6	8620/ 9720/	
15	80	450	50	18–25	3–4	12490/ 15040/ 13230	100%-ная сплошность, 6–8 мкм диффузионная зона
16 ⁵⁾	80	550	16	30	–	11190	35 мкм дифф. зона
17 ⁶⁾	80	510	40	30	–	10640	30 мкм дифф. зона

Примечания: 1) газовая среда – азотно-аргонная смесь; 2) обратная смесь; 3) микротвердость в трех произвольных точках по краям и в середине поверхности образцов; 4) доля поверхности на шлифе с нитридным слоем; 5) концентрация азота снижена в 2 раза по сравнению с режимом 15; 6) концентрация азота снижена в 3 раза по сравнению с режимом 15.

Толщина слоя на образцах, изготовленных предложенным методом по режимам 1–9, неоднородна (табл. 1). Поверхность образцов покрыта серым налетом толщиной до 70 мкм, который, является сажей. Схожая фаза присутствовала и на образцах, подвергнутых газовому азотированию. Под темно-серым слоем находится нитридный слой.

Качество азотированного слоя на образцах из второй партии (рис. 3) выше. В отличие от образцов 1-й партии в азотированном слое присутствует диффузионная зона, выявляемая при травлении. Слой отличается равномерностью.

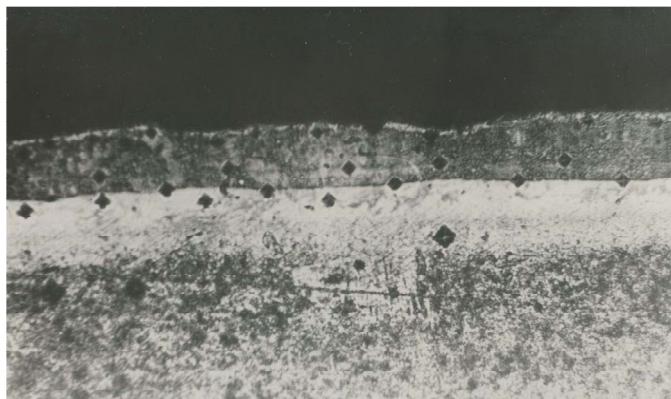


Рисунок 3 – Азотированный слой образца, изготовленного из стали 12X18H9T, после травления

На микрошлифах видно, что цвет этой фазы неоднороден и изменяется по направлению от поверхности к подложке, что говорит о различном ее составе.

Измерение распределения микротвердости по глубине слоя (рис. 4), показало, что микротвердость возрастает по направлению от поверхности слоя серой фазы к подложке. Все это обусловлено о диффузионных процессах на границе с подложкой, о диффузии железа и легирующих элементов. Необходимо отметить, что серая фаза является естественным продуктом реакции насыщающего состава газов и стали.

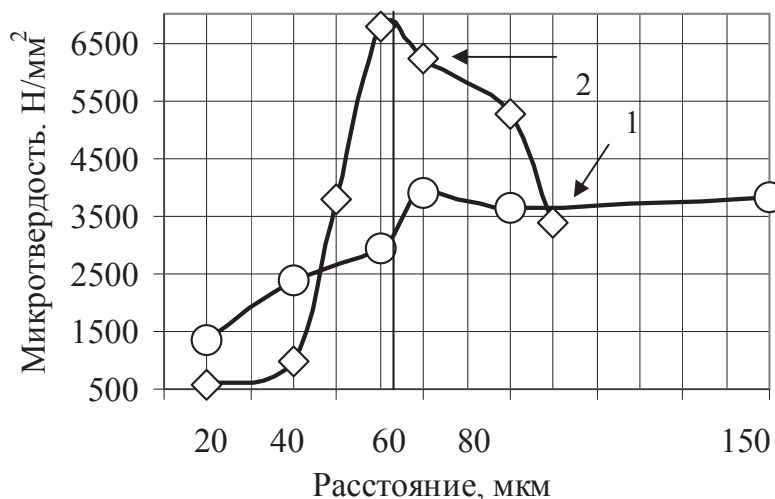


Рисунок 4 – Распределение микротвердости по глубине слоя образцов стали 12X18H9T после обработки (табл. 1) линией показана граница подложки и серой фазы:
1 – образец № 2; 2 – образец №1

Изучение микроструктуры образцов, обработанных по режиму 15 (табл. 1) при 450 °С (рис. 4) показало, что они имеют схожую структуру. Слой отличается высокой сплошностью. Отличия по толщине и твердости связаны с режимом обработки, в частности с более низкой температурой. Такой режим является нерациональным из-за большой длительности процесса.

Таким образом, общая глубина азотированного слоя, составляет 9–12 мкм.

Распределение микротвердости по глубине слоя показано на рис. 5. Нагрузку выбрали 100 г для уменьшения погрешности.

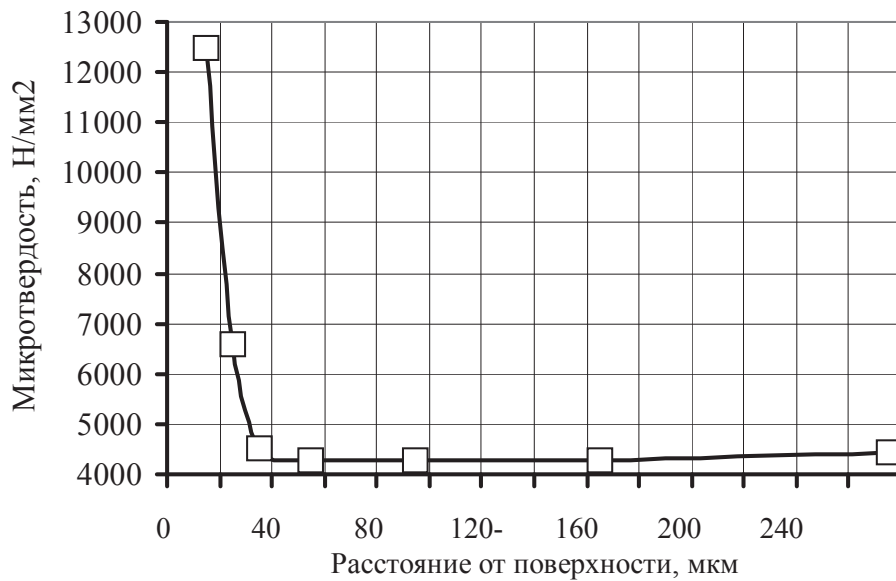


Рисунок 5 – Распределение микротвердости по глубине азотированного слоя образцов, обработанных по режиму 15

По режимам 16, 17 была проведена обработка со снижением концентрации азота в 2 и 3 раза, соответственно. Микроструктура показана на рис. 6.

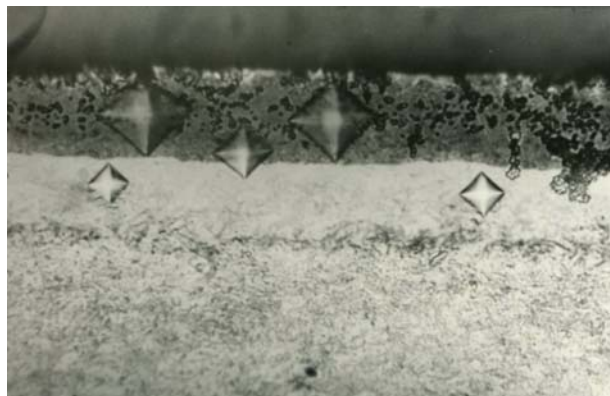


Рисунок 6 – Микроструктура образца, обработанного по режиму 16, x500

Качественно она совпадает со структурой образца 15. Наиболее существенным отличием является заметное (в 4–6 раз) увеличение толщины диффузионной зоны. Это является следствием повышения температуры обработки (по сравнению с 15 режимом). Увеличение толщины серой фазы также является следствием повышения температуры. Граница нитридной зоны, в отличие от предыдущих режимов, не вытравливается. Однако, исходя из распределения микротвердости можно заключить, что толщина нитридного – самого твердого слоя – увеличилась до 10 мкм.

Так же были проведены испытания образцов на абразивный износ. Исследования проводили на экспериментальной установке [1, 4].

Образцы изнашивались с помощью свободного абразива, увлекаемого резиновым роликом на поверхность трения. В качестве абразива использовался кварцевый песок (SiO_2) зернистостью 200...250 мкм. Перед испытанием абразив просушивали (влажность не превышала 0,16 %). Износ измеряли весовым методом на аналитических весах АДВ-200 с точностью до 0,0001 г. До и после испытаний образцы промывали в этиловом

спирте, просушивали и взвешивали. Эксперимент проводили при скорости скольжения 0,158 м/с, нагрузке 20 кг (при плече 272 мм) и пути трения 50 м.

Для сравнения на износостойкость использовались образцы, как не упрочненные, так и после обработки (рис. 7). В качестве агрессивных сред использовались: 1 – кварцевый песок, 2 – вода + песок, 3 – влажная соль + песок.

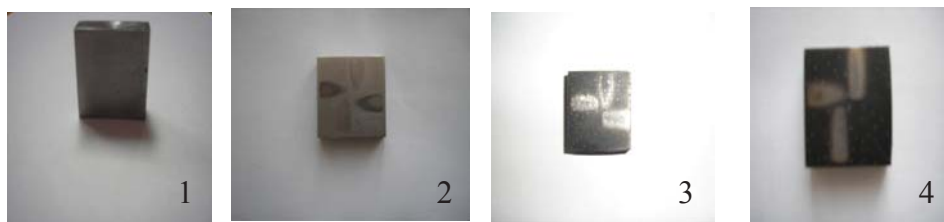


Рисунок 7 – Общий вид образцов до (№ 1) и после испытаний (№ 2, 3 и 4)

Испытания на коррозионно-абразивный износ показали, что азотированные образцы по режиму № 16 имеют износостойкость в 4 раза меньше, чем образцы без обработки и в 1,4 раза – чем обработанные по режиму № 15 (табл. 1) (рис. 8).

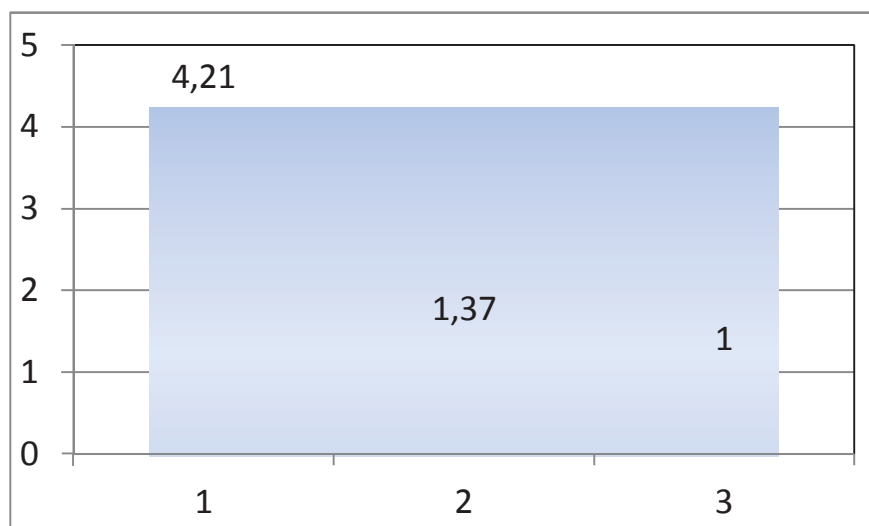


Рисунок 8 – Весовой износ образцов в песке: 1 – без упрочнения; 2 – обработанный по режиму № 15; 3 – обработанный по режиму № 16

Выводы. Проведенные исследования показали перспективность и целесообразность применения ионно-плазменного термоциклического азотирования для повышения срока эксплуатации сит грохотов, работающих в условиях абразивного изнашивания.

Полученные данные об износостойкости упрочненных слоев в условиях абразивного изнашивания свидетельствует о необходимости использования этой технологии для поверхностного упрочнения деталей машин и механизмов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лахтин Ю. М. Азотирование сталей / Ю. М. Лахтин, Я. Д. Коган. – М. : Машиностроение, 1976. – 256 с.
2. Рутковский А. В. Исследование диффузионных слоев стали 40X13, полученных методом термоциклического ионно-плазменного азотирования на трение в агрессивной среде / А. В. Рутковский, А. Ю. Кумуржи // Проблемы трения и износа. – 2011. – № 55. – С.79-85.
3. Рутковский А. В. Циклічна довговічність титанового сплаву VT1-0 з покриттям, отриманим методом іонно-плазмового термоциклічного азотування (ПТА) / А. В. Рутковский, О. Ю. Кумуржи, Я. В. Можеітов // Вібрації в техніці та технологіях : збірник наукових праць. – 2012. – № 2 (32), т. 1. – С. 208-213.

4. Кудрин А. П. Исследование износостойкости упрочненной углеродистой стали в условиях абразивного изнашивания / А. П. Кудрин, В. Ф. Лабунец, О. А. Вишнеvский // Вісник НАУ. – 2003. – № 2. – С. 111-114.
5. Кузев Д. П. Повышение стойкости дисков 14-валкового грохота напылением / [Д. П. Кузев, Д. С. Гаврилов, А. Г. Радюк, А. Е. Титлянов, С.А. Иванов] // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2007. – № 2. – С. 9-13.
6. Кузев Д. П. Конструкторско-технологические методы повышения долговечности валкового грохота / Д. П. Кузев, А. Г. Радюк // Горный информационно-аналитический бюллетень : научно-технический журнал. – 2011. – № 8. – С. 264-268.

REFERENCES

1. Lakhtin Yu. M. Azotirovanie staley / Yu. M. Lakhtin, Ya. D. Kogan. – M. : Mashinostroenie, 1976. – 256 s.
2. Rutkovskiy A. V. Issledovanie diffuzionnykh sloev stali 40Kh13, poluchennykh metodom termociklicheskogo ionno-plazmennogo azotirovaniya na trenie v agressivnoy srede / A. V. Rutkovskiy, A. Yu. Kumurzhi // Problemih treniya i iznosa. – 2011. – № 55. – S.79-85.
3. Rutkovskiy A. V. Ciklichna dovgovichnist titanovogo splavu VT1-0 z pokrittyam, otrimanim metodom ionno-plazmovoogo termociklichnogo azotuvannya (IPTA) / A. V. Rutkovskiy, O. Yu. Kumurzhi, Ya. V. Mozheitov // Vibracii v tekhnici ta tekhnologiyakh : zbirnik naukovikh pracj. – 2012.– № 2 (32), T. 1. – S. 208-213.
4. Kudrin A. P. Issledovanie iznosostoykosti uprochnennoy uglerodistoy stali v usloviyakh abrazivnogo iznashivaniya / A. P. Kudrin, V. F. Labunec, O. A. Vishnevskiy // Visnik NAU. – 2003. – № 2. – S. 111-114.
5. Kuzuev D. P. Povihshenie stoykosti diskov 14-valkovogo grokhota napihleniem / [D. P. Kuzuev, D. S. Gavrilov, A. G. Radyuk, A. E. Titlyanov, S.A. Ivanov] // Remont, vosstanovlenie, modernizaciya. – 2007. – № 2. – S. 9-13.
6. Kuzuev D. P. Konstruktorско-tekhnologicheskie metodih povihsheniya dolgovechnosti valkovogo grokhota / D. P. Kuzuev, A. G. Radyuk // Gornihy informacionno-analiticheskiy byulletenj : nauchno-tekhnicheskiy zhurnal. – 2011. – № 8. – S. 264-268.

Рутковський А.В., Кумуржі О.Ю. ЗМІЦНЕННЯ СІТ ГРОХОТІВ, ВИГОТОВЛЕНИХ ІЗ СТАЛІ 12Х18Н9Т, МЕТОДОМ ІОННО-ПЛАЗМОВОГО ТЕРМОЦИКЛІЧНОЮ АЗОТУВАННЯ

Дослідження показали перспективність і доцільність застосування іонно-плазмового термоциклічного азотування (ІПТА) для підвищення надійності сит грохотів і механізмів, що працюють в умовах абразивного зношування. Застосування нового методу ІПТА дозволяє формувати зміцнені поверхні деталей, які володіють необхідним комплексом експлуатаційних властивостей. Отримані дані про зносостійкість зміцнених шарів в умовах абразивного зношування свідчить про необхідність застосування цього методу для поверхневого зміцнення деталей машин і механізмів.

Ключові слова: сита грохотів, поверхня, зносостійкість, іонно-плазмове термоциклічне азотування.

Rutkovskiy A.V. Kumurzhy A.Yu. STRENGTHENING SIEVES OF SEPARATOR FROM STEEL 12H18N9T THE METHOD OF ION-PLASMA THERMAL CYCLING NITRIDING

Studies have shown promising and usefulness of ion-plasma thermal cycling nitriding of to improve the reliability of sieves of separator and mechanisms operating in conditions of abrasive wear. Priority is given to hardened layers, which greatly expanded the possibilities of this method by achieving specific set of performance properties. The data on the durability of hardened layers in conditions of abrasive wear suggests a promising application of this method for surface hardening of machine parts and mechanisms.

Key words: sieves of separator, surface, abrasive wear suggests, ion-plasma termocycling nitriding.

© Рутковський А. В., Кумуржі О. Ю.

Статтю прийнято
до редакції 14.09.15