

УДК 620.178

ВПЛИВ ВОДНЮ В ПОВЕРХНЕВИХ ШАРАХ СТАЛЕЙ І ЇХ ОБРОБКИ НА ЗНОС

К.В. Остров, студент магістратури, **А.М. Євдокимова**, доктор техн. наук
Одеський державний аграрний університет

Досліджено вплив вмісту водню в поверхневих шарах різних сталей, що застосовуються для виготовлення деталей транспортних засобів сільгоспмашин, і його вплив на їх довговічність. Показано, що практично всі методи механічної обробки сприяють наводорожуванню конструкційних і легованих сталей і викликають певне зниження довговічності. Цей процес має місце практично на всіх стадіях обробки і експлуатації деталей і в даний час відомий як «водневий знос».

Ключові слова: сталі, водень, зміст, знос, процес поглинання і виділення водню.

Вступ. Характерною особливістю наукових досліджень і практичних робіт, виконаних в останні десятиліття, є їх підвищений інтерес до тонких фізико-хімічних явищам, які проявляються в поверхневих шарах при їх деформації силами тертя. І це цілком справедливо, тому що такі явища часто лежать в основі або є провісниками розвитку більш істотних процесів, що визначають довговічність вузлів тертя ще на ранній стадії експлуатації. До таких процесів можна віднести виникнення мікрodefектів, дислокаційних утворень або полів, прояв різних електричних ефектів і випромінювань, виникнення шумів в широкому діапазоні коливань, а також температурних і світлових імпульсів. Було також відмічено, поверхневі шари металів і їх сплавів виділяють або посилено поглинають гази, від чого певною мірою залежить знос пар тертя.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ця обставина сприяла розвитку робіт по трибології із залученням не тільки традиційних методів визначення сил тертя, температур, зносу контртіл, а й методів оцінки впливу більш тонких явищ. Одним з таких явищ, на яке було звернено увагу трибологов - виділення або поглинання водню поверхнями тертя. Основна заслуга в цьому належить проф. Д.Н.Гаркунову [1,2]. Він навіть визначив форму зносу сталей, назвавши її «водневим». Потім відбувся ряд публікацій, що розглядають водень в поверхнях тертя сталей як серйозний фактор, що впливає на їх знос [3,4].

Мета досліджень. У зв'язку з викладеним, метою цієї статті є визначення залежності різних марок сталей і методів обробки основних деталей транспортних засобів, а також технологічної спадковості при стандартних технологіях виробництва деталей СТС від вмісту водню в поверхневих шарах.

Результати досліджень. В даний час в машинобудуванні строго не враховується вміст водню в металевих матеріалах. У значній мірі це пов'язано з відсутністю стандартизованих методів визначення водню в матеріалах, а використовувані в основному в наукових дослідженнях методи незручні у використанні, функціонують з великими похибками і носять суб'єктивний характер. Для подолання цього недоліку був обраний і реалізований простий, але чутливий імпульсно-спектральний метод [5], заснований на локальному плавленні мікроділянки аналізованого зразка, екстракції водню з цієї зони в газову фазу і порушення його атомного спектра шляхом впливу одноразового імпульсного електричного розряду на поверхню аналізуючого зразка. Інтенсивність лінії водню після її виділення спектральним приладом вимірювалася фотоелектричним способом, а в якості аналітичного сигналу використовувалася абсолютна інтенсивність на лінії серії Бальмера. Градувальна характеристика спектроаналітичної установки визначалася експериментально із застосуванням стандартних зразків, які за своїм складом повинні відповідати типу аналізованого сплаву. Перевагою методу є можливість проведення аналізу безпосередньо на досліджуваному зразку або виробі незалежно від його конфігурації, форми і розмірів. Проста процедура аналізів дозволяє контролювати вміст водню в різних промислових виробках, вивчати перерозподіл водню в процесі виробництва або експлуатації деталі, вирішувати питання експлуатаційної надійності виробів. Результати аналізу видаються як середнє декількох вимірювань, відповідних екстракції водню з локальних обсягів (діаметр плями контакту - $2,0 \div 2,5$ мм, глибина - $0,1$ мм). Пляма контакту може бути зменшена до діаметра $0,5 \div 0,7$ мм і глибини $0,03 \div 0,05$ мм використанням вольфрамових електродів, що дає можливість вивчати перерозподіл водню по глибині зразка. При необхідності зона впливу розряду може бути локалізована до $0,003 \div 0,010$ мм² (до $0,5 \div 0,7$ мм по глибині). Це дає можливість застосовувати метод при вивченні розподілу водню в компактному металі, плівках, покриттях, в галузі утворення мікроефектів і таке ін. Градування установки проводилася по зразкам-еталонам, виготовленим з відпалених сталей відповідних запасних частин. В якості спектрального приладу застосовувався світлосильний (відно-сний отвір 1:2,5) дифракційний монохроматор МДР-2 з решіткою 600 штрих / мм, що забезпечує концентрацію світла в області 600 нм і постійною зворотною лінійну дисперсію 4 нм / мм. Параметри монохроматора сприяли максимальної концентраційної чутливості вимірювань. Точна наводка аналітичної лінії на вихідну щілину монохроматора є обов'язковою умовою правильної експлуатації установки. Спочатку потрібне положення лінії знаходиться візуально по спектру безелектродної водневої лампи, а потім уточнюється і закріплюється по максимуму світлового потоку, що реєструється фотомножником і електронним пікоамперметром. В якості фотомножника використовувалася ФЕУ-22.

Таблиця 1. Умови проведення досліджень змісту водню.

№ п/п	Найменування деталі	Матеріал деталі	Технологія виробництва
1.	Голівка поршня	Сталь 20ХМ	1.1. 20ХМ + точіння 1.2. 20ХМ + ПУТ 1.3. 20ХМ + Fe ₃ C + ПУТ . 1.4. 1.3. + обезводнення 1.5. 1.4. + ФНП
2.	Випускний клапан	Сталь 12Х18Н9Т	2.1. 12Х18Н9Т + точіння 2.2. 12Х18Н9Т + точіння + шліфування 2.3. 12Х18Н9Т + шліфування + Fe ⁺ 2.4. 2.3. + обезводнення 2.5. 2.4. +ФНП
3.	Плунжерна пара ТНВД	ХВГ	3.1. ХВГ + шлифование 3.2. ХВГ + азотирование + шлифование 3.3. ХВГ + Fe ⁺ + шлифование 3.4. 3.3. + обезводнення 3.5. 3.4. + ФНП
4.	Розподільний вал	20Х	4.1. 20Х + шліфування 4.2. 20Х + Fe ₃ C (с закалкой) + шліфування 4.3. 4.2. + обезводороживание 4.4. 4.3. + ФНП 4.5. 20Х + Fe ⁺ + шлифование 4.6. 4.5. + обезводороживание 4.7. 4.6. + ФНП
5.	Поршневий палець	15ХМ	5.1. 15ХМ + Fe ₃ C (с закалкой) 5.2. 5.1. + шлифование 5.3. 5.2. + обезводороживание 5.4. 5.3. + ФНП 5.5. 15ХМ + Fe ⁺ + шлифование 5.6. 5.5. + обезводороживание 5.7. 5.6. + ФНП
<p>Умовні позначення: ПУТ - поверхнєве зміцнення тертям; Fe₃C - цементация; Fe⁺ - гальванічне залізнення; N⁰ - азотування; ФНП – фрикційне нанесення плівок.</p>			

Оцінка точності установки проводилася за критерієм Шапіро-Уїлка, при цьому $W_{екс} = 0,943$, $W_{крит} = 0,905$. При цьому практично найбільш доцільно використовувати установку з точністю визначення водню $\pm 1 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{кг}$, що

майже на порядок перевищує фізичні можливості приладу. Підготовка зразків-еталонів полягає в насиченні поверхні металевих зразків воднем, зміст якого може бути визначено незалежним методом. При цьому оцінювалася вплив водню на зносостійкість деталей. Для визначення зносостійкості проводилися модельні випробування зразків на знос за схемою "кілець - колодка" на режимах, що відповідають експлуатаційним параметрам реальних деталей і технологічної спадковості при стандартних технологіях виробництва деталей, і досліджувався вплив цих параметрів на вміст водню в деталях. Експерименти по визначенню водню в дослідних зразках, виповнених у вигляді кілець для випробувань зносостійкості, проводилися відповідно до таблиці 1. Дослідження вмісту водню після технологічних операцій з деталями з різних сталей показали (рис. 3.1), що операції, зв'язані з нагріванням деталей до високих температур, призводять до насичення поверхневих шарів воднем з навколишнього середовища. Операції механічної обробки, пов'язані з використанням ЗОР, також збільшують вміст водню в поверхневому шарі.

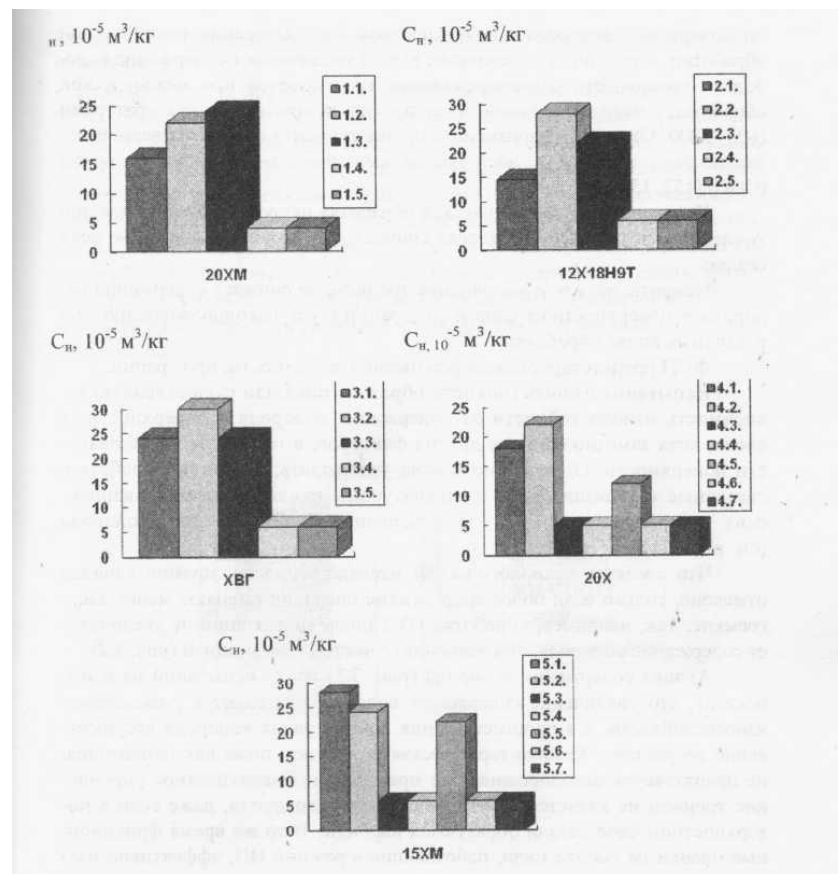


Рис.1. Зміст водню в поверхневих шарах сталей.

Операції механічної обробки, в тому числі оздоблювальні, завжди збільшують зміст водню в поверхні. Наводнювання поверхонь при механічній обробці, очевидно, пов'язано з високими контактними температурами (600 - 800°C) в зоні зіткнення інструменту з оброблюваною поверхністю, а також з деструкцією мастильно-охолоджувального

середовища. Короткочасна термічна обробка непрогрітих зразків при температурах 180 - 200 °С завжди знижує вміст водню у всіх сталях. Цементация, як і зміцнення тертям, не знижує вмісту водню в поверхневому шарі і не перешкоджає наводнюванню при різних видах обробки. Фрикційне нанесення плівок перешкоджає наводнюванню, зокрема, при терті. Випробування зносостійкості зразків показали істотну залежність зносостійкості від вмісту водню в поверхневих шарах, хоча помітно вплив і інших факторів, в тому числі шорсткості поверхні. Однозначно можна стверджувати, що види обробки, пов'язані з підвищеними температурами і нанесенням гальванічних покриттів, призводять до підвищення концентрації водню (рисунок 1). Що стосується технологічної спадкоємності, прямий вплив відзначено, тільки якщо більш енергоємні операції змінюють менш енергоємні. Так, наприклад, обробка ПЗТ після цементации не збільшує вміст водню, в порівнянні з чистою цементацией (рисунок 2). Зміст водню в поверхневих шарах сталей Цементация, як і зміцнення тертям, не знижує вмісту по-водню в поверхневому шарі і не перешкоджає наводороживання при різних видах обробки. ФНП перешкоджає наводороживання, зокрема, при терті. Випробування зносостійкості зразків показали істотну за-лежність зносостійкості від вмісту водню в поверхневих шарах, хоча помітно вплив інших факторів, в тому числі шероховато-сті поверхні. Однозначно можна стверджувати, що види обробки, пов'язані з підвищеними температурами і нанесенням гальваніче-ських покриттів, призводять до підвищення концентрації водню (див. рис. 3.1). Що стосується технологічної спадковості, прямий вплив відзначено, тільки якщо більш енергоємні операції змінюють менш енер-гоємкіє. Так, наприклад, обробка ПВП після цементации НЕувелічива-ет вміст водню, в порівнянні з чистим цементацией (рис. 3.2).

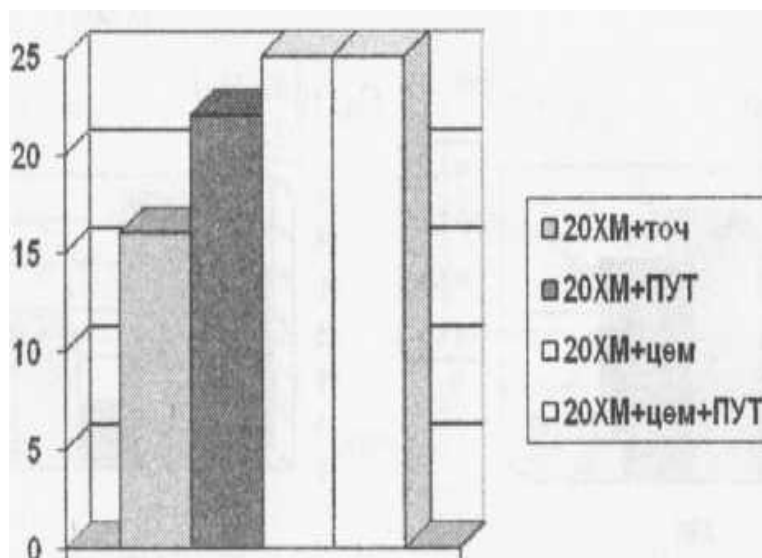


Рис. 2. Вплив технологічної спадкоємності на наводнювання зразків. Аналіз вмісту водню (рисунок 3) після випробувань на знос показав, що збільшення вмісту водню призводить до зменшення зносостійкості, а в

процесі тертя концентрація водню несущест-венно зростає. Хіміко-термічна обробка, така як цементация, не перешкоджає наводороживання при терті. Поверхневе зміцнені-ня тертям не є непроникним для водню, навіть якщо в по-поверхневому шарі деталі утворюються карбіди. У той же час фрикцион-ні плівки на основі міді, що працюють в режимі ІІІ, ефективно з-ють поверхню тертя від водню.

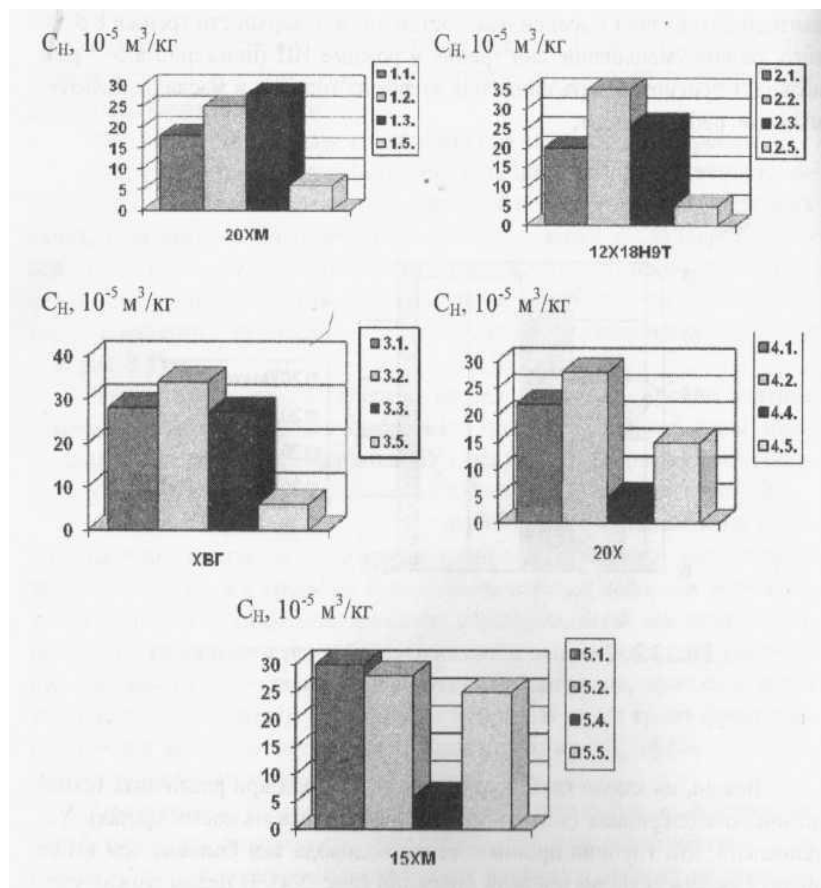


Рис.3. Зміст водню в зразках після випробувань зносостійкості.

Висновки. Проведені дослідження показують, що будь-який вплив на оброблювану поверхню супроводжується наводнюванням цієї поверхні. Інтенсифікація будь-якого процесу впливу на поверхню заготовки, як правило пов'язана з підвищеним енергетичним впливом на оброблювану поверхню, викличе підвищене наводнювання цієї поверхні. Ефекти беззносності, які спостерігаються після ФНП, пояснюються не тільки низькою концентрацією водню в поверхневому шарі, але і властивостями сервовітних плівок.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гаркунов Д.Н. Научные открытия в триботехнике. Эффект безысносности при трении. Водородное изнашивание металлов /Д.Н. Гаркунов.-М.: Изд-во МСХА, 2004.-220 с.
2. Гаркунов Д.Н. Триботехника /Д.Н.Гаркунов.-М.: Машиностроение, 1985.-424 с.

3. Левченко А.А. Повышение триботехнических свойств узлов судовой техники средствами физико-химической механики материалов /А.А. Левченко.-Одесса-Интерпринт,2011.- 195 с.
4. Евдокимова А.Н. Знакопеременное высокоскоростное трение и его технологические возможности. Киев-Одесса: УМАОИ,1997,-210 с.
5. Левченко А.А. Методология управления ресурсом механизмов транспортной техники /А.А.Левченко // Проблемы техники : науково-виробничий журнал. - Одеса, 2009.-№3.-С.3-8.

ВЛИЯНИЕ ВОДОРОДА В ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЯХ СТАЛЕЙ И ИХ ОБРАБОТКИ НА ИЗНОС

Остров К.В, Евдокимова А.Н.

Ключевые слова: стали, водород, содержание, износ, процесс поглощения и выделение водорода.

Резюме

Исследовано влияние содержания водорода в поверхностных слоях различных сталей, применяемых для изготовления деталей транспортных средств сельхозмашин, и его воздействие на их долговечность. Показано, что практически все методы механической обработки способствуют наводороживанию конструкционных и легированных сталей и вызывают определенное снижение долговечности. Этот процесс имеет место практически на всех стадиях обработки и эксплуатации деталей и в настоящее время известен как «водородный износ».

EFFECT OF WATER IN THE SURFACE LAYERS STEELS AND PROCESS THEM FOR WEAR

Ostrov K. V., Evdokimova A.N.

Key words: steel, hydrogen, maintenance, wear, the process of absorption and release of hydrogen.

Summary

Research the hydrogen content in the surface layers of the different steels used for the manufacture of parts for vehicles of agricultural machinery and its impact on their durability. It is shown that almost all machining techniques contribute to the structural and hydrogen absorption alloy steels and cause a certain decrease in durability. This process takes place practically at all stages of processing and use of parts and currently known as the "hydrogen wear".