

## ЗМІСТ

<i>Павлина В. С., Павлина О. В.</i> Воднева проникність металів в умовах накопичення пошкоджень .....	5
<i>Добровольський А. М.</i> Моделювання фазових перетворень у системах метал–водень з використанням багатоцентрових потенціалів міжатомної взаємодії .....	14
<i>Євард Є. А., Габіс І. Є., Мурзінова М. А.</i> Кінетика виділення водню із стехіометричного і нестехіометричного гідриду магнію .....	25
<i>Денисов Є. А., Курдюмов А. А., Компанієць Т. Н.</i> Транспорт водню в плівкових покриттях з металів, напівпровідників і діелектриків .....	36
<i>Бойцов І. Є., Грішечкін С. К., Глузла М., Канащенко С. Л., Козі Р., Хассанейн А., Юхимчук А. А.</i> Вплив радіогенного <sup>3</sup> He і водню на механічні властивості та структуру сталі 12Х18Н10Т .....	47
<i>Ткачов В. І., Іваськевич Л. М., Мочульський В. М.</i> Температурні залежності механічних властивостей аустенітних та мартенситних сталей у водні .....	53
<i>Лунарська Е., Нікіфоров К.</i> Вплив попередньої деформації на поведінку водню у конструкційній сталі .....	65
<i>Булик І. І., Маркович В. І., Тростянчин А. М., Черватюк В. А.</i> Ініційовані воднем фазові перетворення у Sm–Co сплавів під дією ультразвуку .....	71
<i>Мякуш О. В., Вербовицький Ю. В., Березовець В. В., Єршова О. Г., Добровольський В. Д., Котур Б. Я.</i> Сорбція-десорбція водню сплавами на основі сполуки ErNi <sub>2</sub> .....	76
<i>Ковальчук І. В., Денис Р. В., Завалій І. Ю.</i> Особливості процесів термодесорбції та ГДДР в системі Zr <sub>3</sub> FeO <sub>x</sub> H <sub>y</sub> .....	81
<b>НАУКА – ВИРОБНИЦТВУ</b>	
<i>Арчаков Ю. І.</i> Сучасні проблеми надійності експлуатації устаткування гідрогенізаційних виробництв .....	85
<i>Бабій Л. О., Студент О. З., Загурський А., Марков А. Д.</i> Повзучість у водні експлуатованої сталі 2,25Cr–Mo .....	91
<i>Цирульський О. Т., Никифорчин Г. М., Петрина Д. Ю., Греділь М. І., Дзьоба І. М.</i> Воднева деградація тривало експлуатованих сталей магістральних газопроводів .....	97
<i>Іванова С. В.</i> Можливість розвитку дефектів у цирконієвих виробках реакторів на теплових нейтронах під час зберігання до і після експлуатації .....	105
<i>Витвицький В. І.</i> Експериментально-аналітична оцінка впливу водню високого тиску на малоциклову втому сталей .....	110
<i>Бондаренко Т. В., Рачук В. С., Холодний В. І.</i> Про вибір і роботоздатність матеріалів у водні .....	113
<i>Ружицький В. В., Толстолюцька Г. Д., Карпов С. О., Копанець І. Є., Малик Г. М.</i> Нагромадження водню і його вплив на мікроструктуру і механічні властивості сталі Х18Н10Т .....	117
<i>Бачинський Ю. Г., Мохун С. В., Іваницький Р. І., Замора Я. П., Прокопюк В. І., Федоров В. В.</i> Вплив анізотропії вальцювання та термічної обробки у водні на магнетострикцію сплаву К50Ф2 .....	122
<i>Карпов В. Ю.</i> Властивості газарів – металевих матеріалів з порами, утвореними виділенням водню .....	125
<b>В НАУКОВИХ КОЛАХ</b>	
<i>Панасюк В. В., Дмитрах І. М.</i> Десята польсько-українсько-німецька літня школа з механіки руйнування і міцності матеріалів .....	128

## CONTENTS

<i>Pavlyna V. S. and Pavlyna O. V. Hydrogen permeability of metals in the conditions of damage accumulation</i> .....	5
---	---

*РЕЗЮМЕ.* Очерчены исходные положения о процессах в системе “деформированный металл–водород”, для которых характерна тесная взаимосвязь между перемещением водорода в металле и накоплением повреждений. Выделены особенности методологического и методического аспектов оценки влияния водорода на физико-механические свойства материалов в связи с его уникальными способностями – чрезвычайно высокой диффузионной подвижностью в твердом теле и активной локализацией в дефектах структуры. В рамках механики континуальной повреждаемости сформулирована и решена задача о диффузионном проникновении водорода через металл под нагрузкой. В отличие от известной модели Мак-Набба данное математическое описание действия повреждений как ловушек водорода учитывает эффект механического нагружения материала. В постановке задачи отображено влияние повреждений на изменение поверхностной концентрации водорода во время насыщения. Сравнены расчетные данные с экспериментальными, полученными при катодном наводороживании деформируемых образцов стали в кислых и нейтральных средах. Аналитические результаты удовлетворительно описывают сложный характер влияния уровня напряжений на водородопроницаемость стали.

*SUMMARY.* Base ideas about processes in the system “deformed metal–hydrogen” which characteristic feature is the close interaction of hydrogen moving to metal and accumulation of damages are described. The features of methodological and methodical aspects of the estimation of hydrogen influence on physicomaterial properties of materials due to hydrogen unique abilities – extremely high diffusion mobility in a solid and active localization in the defects of structure are presented. Within the frames of continuum mechanics of damages the problem about diffusion hydrogen penetration through a loaded metal is formulated and described. Unlike the known McNabb model the given mathematical description of damages action as hydrogen traps considers the effect of mechanical loading on material. In the problem formulation the influence of damages on change of surface concentration of hydrogen during saturation is presented. Calculation data and experimental results, received in cathode hydrogenation of deformed steel specimens in acid and neutral environments are compared. Analytical results describe well the complicated character of the influence of stress level on hydrogen permeation of steel.

<i>Dobrotvorskii A. M. Modeling of phase transformations in metal-hydrogen systems using N-body potentials of interatomic interactions</i> .....	14
--	----

*РЕЗЮМЕ.* Наведено результати моделювання фазових перетворень у системах Fe–H, V–H, Ti–H, Mg–H з використанням багаточастикових потенціалів, побудованих у межах квазіферміонного наближення. Такі потенціали враховують короткотривалі міжатомні взаємодії, а також внески в енергію зв'язку, зумовлені делокалізацією і перенесенням електронного заряду. Це дає можливість моделювати структурні трансформації металів у широкому діапазоні концентрацій водню.

*SUMMARY.* The paper contains the results of modeling of phase transformations in systems Fe–H, V–H, Ti–H, Mg–H using N-body potentials constructed on the base of quasifermion approximation. The potentials take into account short-distance interatomic interactions together with the contribution to the bonding energy caused by the electron delocalization and charge transfer. It allows us to simulate the structure transformations of metals in the wide range of hydrogen concentrations.

<i>Evard Ye. A., Habis I. Ye., and Murzinova M. A. Kinetics of hydrogen desorption from stoichiometric and non-stoichiometric magnesium hydride</i> .....	25
---	----

*РЕЗЮМЕ.* Систематично досліджено кінетику розкладу стехіометричного і нестехіометричного гідриду магнію. Методами ТДС в барометричній модифікації і математичного моделювання показано, що водень із стехіометричного MgH<sub>2</sub> виділяється в дві стадії: формування зародків металевої фази; виділення водню через поверхневі острівці металевої фази за лімітуючого впливу швидкості десорбції. Під час виділення водню з частково гідрованого магнію перша із стадій, як правило, відсутня. Встановлено, що вплив інших реакцій на загальну швидкість дегазації, принаймні, сильно поступається десорбції з поверхні α-Mg. Отримано оцінки параметрів, що впливають на десорбційну кінетику. Показано, що для аналізу кінетики виділення водню з MgH<sub>2</sub> вибір фізично обґрунтованих моделей має більші переваги, ніж підхід Аврами–Ерофєєва.

*SUMMARY.* Results of a systematic study of decomposition kinetics of stoichiometric and non-stoichiometric magnesium hydride are presented. By means of TDS in barometric modification and mathematical simulation it was shown that hydrogen desorption from MgH<sub>2</sub> passes in two stages: formation of the metal phase nuclei; hydrogen desorption through surface islands of metal phase under the condition of limitation by surface recombination rate. In the case of desorption from

partially hydrogenated magnesium the first stage is usually absent. It was found that the influence on overall reaction rate of other reactions is, at least, much smaller than the influence of desorption from the  $\alpha$ -Mg surface. Estimations of parameters influencing desorption kinetics are obtained. An advantage of reasonable physical assumptions for the analysis of hydrogen desorption from  $MgH_2$  compared to prevailing Avrami–Yerofeev approach is shown.

*Denysov Ye. A., Kordiumov A. A. and Kompaniets T. N.* Hydrogen transport in film coatings from metals, semi-conductors and dielectrics.....36

*РЕЗЮМЕ.* Розглянуто проникнення водню крізь плівки простих металів, напівметалів, напівпровідників та діелектриків. Проаналізовано взаємозв'язок параметрів, що описують адсорбцію і транспорт водню в цих матеріалах, з їх електронною структурою. Встановлено, що густина електронних станів на рівні Фермі є основним фактором, що визначає енергію активації та теплоту хемосорбції водню на твердих металах. Найефективнішим захисним покритвом є плівки з нітриду титану.

*SUMMARY.* Hydrogen permeability through a film of simple metals, semi-metals, semi-conductors and dielectrics has been considered. Interrelation of the parameters that describe the adsorption and transport of hydrogen in these materials with their electronic structure has been discussed. It has been found that the density of electron Fermi states is the main factor, determining the value of activation energy and hydrogen chemical adsorption heat on solid metals. The most effective protective coatings are the titanium nitride films.

*Boitsov I. Ye., Grishchkin S. K., Glugla M., Kanashenko S. L., Causey R., Hassanein A., and Yukhimchuk A. A.* Radiogenic  $^3\text{He}$  and hydrogen effect on mechanical properties and structure of 12X18H10T steel .....47

*РЕЗЮМЕ.* Наведено результати досліджень впливу водню високого тиску (80 МПа), радіогенного  $^3\text{He}$  (за концентрацій до 130 аppm) та їх сумісної дії на механічні властивості та структуру сталі 12X18H10T в інтервалі температур 293...873 К. Описано методику випробувань зразків, що містять  $^3\text{He}$ . Встановлено, що водень,  $^3\text{He}$  разом несуттєво впливають на границю міцності зразків. З введенням радіогенного  $^3\text{He}$  у сталь методом “тритієвого трюка” збільшується границя текучості. Зміцнення сталі, спричинене гелієм, підсилюється із ростом температури і концентрації  $^3\text{He}$ , а при 873 К супроводжується суттєвим окрихненням. Наведено результати фактографічного аналізу зразків, випробуваних за різних умов.

*SUMMARY.* The paper presents research results of the influence of high-pressure hydrogen (80 MPa), radiogenic  $^3\text{He}$  (concentrations up to 130 appm) and their joint effect on mechanical properties and structure of 12X18H10T stainless steel in the temperature range from 293 to 873 K. The preparation of  $^3\text{He}$ -containing specimens, technique and results of tensile tests in high-pressure hydrogen and inert gas are described. Hydrogen,  $^3\text{He}$  and joint hydrogen +  $^3\text{He}$  effects did not significantly affect the ultimate strength ( $\sigma_{ult}$ ) of specimens over entire temperature range. Saturation of the specimens with radiogenic  $^3\text{He}$  caused the increase in the conventional yield strength over entire test temperature range, as well as the essential embrittlement of steel at 873 K. Results of fractographic analysis of specimens tested in various conditions are presented.

*Tkachov V. I., Ivaskevych L. M., and Mochulskyi V. M.* Temperature dependences of mechanical properties of austenitic and martensitic steels in hydrogen .....53

*РЕЗЮМЕ.* В інтервалі температур 293...1073 К, давлений водорода 0...35 МПа, скоростей растяжения 0,01...100 mm/min и амплитуд деформации 0,8...1,6% исследовано влияние водородной атмосферы и предварительно растворенного водорода на характеристики кратковременной статической прочности, трещиностойкости и малоцикловоу долговечности сталей мартенситного и аустенитного классов. Установлены скоростные параметры нагружения и условия воздействия водорода, вызывающие максимальную водородную деградацию каждого материала. Проанализировано влияние химического состава и структурного состояния на степень охрупчивания и фактографические особенности разрушения сталей в присутствии водорода.

*SUMMARY.* The influence of gaseous and internal hydrogen in the temperature range 293...1073 K, hydrogen pressure 0...35 MPa, deformation rate 0.01...100 mm/min and deformation amplitude 0.8...1.6% on the tensile test properties, fracture toughness and low-cycle durability of martensitic and austenitic steels has been investigated. The test strain rate and hydrogen effect that cause the maximum hydrogen degradation have been determined. The influence of chemical composition and structure state on the hydrogen embrittlement and fractographic peculiarities in the presence of hydrogen have been analyzed.

*Lunarska E. and Nikiforov K.* Effect of pre-straining on hydrogen behaviour in structural steel.....65

*РЕЗЮМЕ.* Вивчали вплив наклепу на поведінку водню в низьковуглецевій низьколегованій сталі 0,25C–1Cr–1Mn–1Si–1Ni підвищеної міцності після різноманітних термообробок. За результатами вимірювань проникнення водню визначали гратчастий коефіцієнт дифузії водню, ефективність захоплення водню пастками і утворення внутрішніх тріщин для зразків, деформованих дробноструминним обдуванням, циклічним розтягом-стиском і рівномірним розтягом. Вид деформації не впливає на значення гратчастого коефіцієнта дифузії в бейнітній структурі. Всі види деформації збільшували ефективність пасток, яка відповідала деформації ґратки бейніту наклепом. Вид деформації визначав морфологію внутрішніх водневих тріщин уздовж смуг ковзання в металі.

*РЕЗЮМЕ.* Изучали влияние наклепа на поведение водорода в низкоуглеродистой низколегированной стали 0,25C–1Cr–1Mn–1Si–1Ni повышенной прочности после различных термообработок. По результатам измерений проникновения водорода определяли решетчатый коэффициент диффузии водорода, эффективность захвата водорода ловушками и образование внутренних трещин для образцов, деформированных дробеструйной обработкой, циклическим растяжением-сжатием и равномерным растяжением. Вид деформации не влиял на значение решетчатого коэффициента диффузии в бейнитной структуре. Все виды деформации увеличивали эффективность ловушек, которая соответствовала деформации решетки бейнита наклепом. Вид деформации определял морфологию внутренних водородных трещин вдоль локальных полос скольжения в металле.

*Bulyk I. I., Markovych V. I., Trostianchyn A. M., and Chervatiuk V. A.* Hydrogen-induced phase transformations in Sm–Co alloy under influence of ultrasound.....71

*РЕЗЮМЕ.* Методом рентгеновского фазового анализа исследовано особенности влияния ультразвука частотой 44 kHz на взаимодействие с водородом сплава на основе SmCo<sub>5</sub> (SmCo<sub>3</sub> – примесь) при температуре до 1223 К под давлением водорода 200... 500 kPa в условиях гидрирования, диспропорционирования. Показано, что при 473 і 773 К примесная фаза превращается в неидентифицированные продукты; при 913 К сплав частично диспропорционирует на SmH<sub>x</sub> и Co. После выдержки при 913 К степень диспропорционирования растет. Выше 1173 К идентифицировано SmCo<sub>5</sub>, SmH<sub>x</sub> и Sm<sub>2</sub>Co<sub>17</sub>. Ультразвуковая обработка ускоряет инициированные водородом фазовые превращения.

*SUMMARY.* The features of ultrasonic influence of a frequency of 44 kHz on interaction with hydrogen of the alloy based on SmCo<sub>5</sub> (SmCo<sub>3</sub> – impurity) compound was studied by means of the X-ray phase analysis at the hydrogen pressures of 200...500 kPa and temperatures up to 1223 K under hydrogenation, disproportionation conditions. It was shown, that impurity phase transforms into unidentified products at 473 and 773 K; the alloy partially disproportionates into SmH<sub>x</sub> and Co at 913 K. The disproportionation rate increases with exposure at 913 K. The phases SmCo<sub>5</sub>, SmH<sub>x</sub> and Sm<sub>2</sub>Co<sub>17</sub> were determined at temperatures above 1173 K. Ultrasonic treatment accelerates hydrogen-induced phase transformations.

*Miakush O. V., Verbovytskyi Yu. V., Berezovets V. V., Yershova O. H., Dobrovolskyi V. D., and Kotur B. Ya.* Sorption-desorption of hydrogen with alloys based on ErNi<sub>2</sub> compound..... 76

*РЕЗЮМЕ.* Исследовано образование псевдобинарных фаз Лавеса на основе соединения ErNi<sub>2</sub> при замещении Er на Y и Ni на V и определены их водородсорбционные свойства. Рентгеноструктурным методом изучено кристаллическую структуру исходных соединений и их насыщенных гидридов. Показано, что эти соединения поглощают водород при давлении 0,1...0,12 МПа без аморфизации. Максимальная водородсорбционная емкость (3,4 at.H/f.u.) определена для соединения Er<sub>0,85</sub>Y<sub>0,15</sub>Ni<sub>2</sub>. Термическую стабильность гидридов определяли методом термодесорбционной спектроскопии в атмосфере водорода со скоростью нагрева 5°C/min. Незначительное замещение Er на Y и Ni на V ведет к улучшению параметров сорбции-десорбции водорода для этих соединений.

*SUMMARY.* Hydrogenation properties of the pseudobinary ErNi<sub>2</sub>-based Laves phases obtained by substitution of Er for Y and Ni for V have been determined. Crystal structure of both initial compounds and their saturated hydrides has been studied by X-ray diffraction method. It is shown that these compounds absorb hydrogen at a pressure of 0.1...0.12 MPa without amorphysation. Maximum hydrogenation capacity (3.4 at.H/f.u.) has been found for Er<sub>0,85</sub>Y<sub>0,15</sub>Ni<sub>2</sub> composition. Thermal stability of the hydrides was studied by thermal desorption spectroscopy in hydrogen atmosphere at heating rate 5°C/min. Insignificant substitution of Er by Y and Ni by V leads to improvement of hydrogen sorption-desorption characteristics for these compounds.

*Kovalchuk I. V., Denys R. V., and Zavalii I. Yu.* Peculiarities of the processes of thermodesorption and HDDR in Zr<sub>3</sub>FeO<sub>x</sub>H<sub>y</sub> system..... 81

*РЕЗЮМЕ.* Исследованы процессы термодесорбции водорода и гидридного диспропорционирования интерметаллических соединений Zr<sub>3</sub>FeO<sub>x</sub> (x = 0...1,0) в зависимости от содержания кислорода. С увеличением содержания кислорода в образцах Zr<sub>3</sub>FeO<sub>x</sub> уменьшается их склонность к диспропорционированию при комнатной температуре. Показано, что характер термодесорбции водорода в вакууме и диспропорционирования в водороде при высоких

температурах для образцов  $Zr_3FeO_x$  существенно зависит от содержания кислорода.

*SUMMARY.* Thermal desorption properties and hydride disproportionation processes of the  $Zr_3FeO_x$  ( $x = 0 \dots 1.0$ ) intermetallic compounds in dependence on oxygen content have been studied. Increase of the oxygen content in the  $Zr_3FeO_x$  alloys leads to the decrease of their tendency to disproportionation at room temperature. It has been shown that both hydrogen thermal desorption in vacuum and disproportionation in hydrogen at high temperatures of the  $Zr_3FeO_x$  alloys substantially depend on oxygen content.

## SCIENCE FOR PRODUCTION

*Archakov Yu. I.* Modern problems of reliability of operation of equipment of hydrogenation ..... 85

*РЕЗЮМЕ.* На основі узагальнення результатів досліджень запропоновано класифікацію конструкційних сталей за водневою тривкістю, завдяки чому можна прогнозувати їх корозійну поведінку та використовувати в машинобудуванні.

*SUMMARY.* On the basis of performed researches the structural steels classification by hydrogen resistance has been present. The possibility to predict hydrogen resistance of structural steels and their usage in engineering has been shown.

*Babii L. O., Student O. Z., Zagórski A. and Markov A. D.* Creep in hydrogen of 2.25Cr–Mo steel in service ..... 91

*РЕЗЮМЕ.* За результатами досліджень стали типу 2,25Cr–Mo на ползучість установлено, що стабілізована швидкість ползучості в газообразному водороді перевищує спостережувану на повітрі для металу в початковому стані і після експлуатації в технологічному процесі гідрокрекінга нафти. Це свідчить, по-перше, про те, що в час експлуатації металу його властивості, які забезпечували придатність в початковому стані, вичерпуються, а по-друге, про вплив водороду як на деградацію, так і на ползучість. Інтенсифікуючи дифузійні процеси, водород прискорює деградацію металу і полегшує ползучість.

*SUMMARY.* It was revealed that a secondary creep rate in hydrogen is higher than that in air for 2.25Cr–Mo steel in the as-received state and after service in oil hydrocracking process. It means, firstly, that serviceability of steel during service is exhausted. Secondly – that hydrogen simultaneously affects the degradation and creep processes. The hydrogen intensifies the diffusion process and consequently accelerates the steel degradation and facilitates the creep process.

*Tsyryulnyk O. T., Nykyforchyn H. M., Petryna D. Yu., Hredil M. I., and Dzioba I. M.* Hydrogen degradation of durable operated steels of main gaspipelines ..... 97

*SUMMARY.* Degradation of the mechanical and corrosion properties of gas pipeline 17°C steel after its service for 28–40 years has been investigated. Simultaneous decrease of strength and hardness, on the one hand, and impact strength and fracture toughness, on the other, has been shown. Consequently, the parameters of brittle fracture resistance are the most sensitive to in-service degradation of metal. Degradation of the steel causes the increase of strain-hardening coefficient and the appearance of the horizontal yielding section of the stress-strain diagram and also causes its sensitivity to hydrogen embrittlement which increases with service time. The role of absorbed hydrogen, which changes the mechanism of strain ageing and causes damages in steels and deterioration of their mechanical and corrosion properties is analyzed. Possibilities of usage of polarization resistance are shown not only for monitoring the corrosion state of pipelines but also for prediction of the change of mechanical properties during service.

*Ivanova S. V.* Possibility of defects evolution in zirconium items of reactors in the process of long storage before and after operation ..... 105

*РЕЗЮМЕ.* Встановлено можливість розвитку технологічних дефектів (тріщин) у цирконієвих виробках під час тривалого зберігання до встановлення в реактор під дією залишкових напружень і водню. Розглянуто умови зберігання після експлуатації цирконієвих виробів активних зон реакторів на теплових нейтронах у воді басейнів витримки при реакторах і в сховищах відпрацьованого ядерного палива і показана можливість подальшого наводнювання цих виробів під час зберігання. Досліджено вплив водню, поглинутого під час зберігання, на тріщиностійкість цирконієвих виробів і розвиток в них дефектів внаслідок сповільненого гідридного розтріскування.

*SUMMARY.* Possibility of evolution of the manufacturing defects (cracks) in zirconium items in the process of their long-term storage before loading into a reactor under the effect of residual stresses and

hydrogen available in them after fabrication was established. The storage conditions after operation of zirconium items of the reactor core of light-water reactors in water of the cooling ponds at atomic station and in spent-fuel storages were considered and possibility of further hydrogenation of these items during storage was shown. Influence of hydrogen absorbed in the process of storage on fracture toughness of zirconium items and defects evolution in them under delayed hydride cracking were studied.

*Vytvytskyi V. I.* Experimental and analytical assessment of the high- pressure hydrogen influence on the low-cycle fatigue of steels ..... 110

*РЕЗЮМЕ.* Установлены корреляции между влиянием водорода давлением 35 МПа на малоцикловую усталость пятнадцати коррозионно-стойких сталей и их исходными механическими характеристиками и коэффициентом стабильности аустенита  $A_T$ . Материалы с  $A_T < 1$  катастрофически деградируют в водороде. Предложены зависимости, которые позволяют адекватно ранжировать стали с различными структурами по сопротивлению водороду и регулировать водородостойкость сталей легированием.

*SUMMARY.* Correlations between the effect of hydrogen of a pressure of 35 MPa on low-cycle fatigue of fifteen corrosion-resistant steels and their initial properties and also a factor of austenite stability  $A_T$  have been evaluated. Materials with  $A_T < 1$  fail catastrophically in hydrogen. Dependences that allow the adequate ordering of steels with different structures by their resistance to hydrogen effect and regulation of hydrogen resistance of steels by alloying and heat treatment have been proposed.

*Bondarenko T. V., Rachuk V. S., and Kholodnyi V. I.* On selection and serviceability of materials in hydrogen ..... 113

*РЕЗЮМЕ.* Для конструкційних матеріалів, що найчастіше використовують у ракетному двигунобудуванні, показано вплив газоподібного водню кімнатних параметрів на зміну механічних характеристик, викликаний оборотною водневою крихкістю і дією водню на поверхневий шар матеріалів за безпосереднього контакту. Описані способи захисту від дії впливу водневого палива, акцент зроблено на контрольованому введенні у водень інгібувальних газоподібних додатків, зокрема, кисню, що практично повністю відновлюють механічні властивості сталей за таких умов.

*SUMMARY.* For structural materials, widely used in the rocket engineering, the gaseous hydrogen influence at room temperature on the evolution of mechanical characteristics is shown. This is caused by the reversible hydrogen brittleness and hydrogen impact on the material surface in the direct contact. Methods of protection against the influence of hydrogen fuel are described. Main attention is paid to the controlled introduction of inhibiting gaseous additives, namely oxygen, into hydrogen. This practically completely restores the mechanical properties of steels under such conditions.

*Ruzhytskyi V. V., Tolstolutska H. D., Karpov S. O., Kopanets I. Ye., and Malyk H. M.* Accumulation of hydrogen and its influence on microstructure and mechanical properties of X18H10T steel ..... 117

*РЕЗЮМЕ.* Методами термодесорбционной спектроскопии и ядерных реакций исследованы захват, термодесорбция и эволюция профилей распределения дейтерия, ионно имплантированного с энергией 12 keV в нержавеющую сталь X18H10T при комнатной температуре. При помощи электронной микроскопии изучена эволюция микроструктуры стали при облучении образцов ионами  $D_2^+$  до доз  $1 \cdot 10^{18} \dots 2 \cdot 10^{22} \text{ D/m}^2$ . Определены особенности изменения механических свойств стали после облучения.

*SUMMARY.* Trapping, retention and evolution of distribution profiles of deuterium in X18H10T steel implanted with 12 keV  $D_2^+$  ions at room temperature were studied by thermal desorption and nuclear reactions methods. Evolution of steel microstructure was studied by TEM after deuterium implantation of specimens to fluences ranging from  $1 \cdot 10^{18} \text{ D/m}^2$  to  $2 \cdot 10^{22} \text{ D/m}^2$ . The features of radiation induced mechanical properties changes of steel were determined.

*Bachynskyi Yu. H., Mokhun S. V., Ivanytskyi R. I., Zamora Ya. P., Prokopiuk V. I., and Fedorov V. V.* The influence of anisotropy of rolling and heat treatment in hydrogen on K50Ф2 alloy magnetostriction ..... 122

*РЕЗЮМЕ.* Разработана методика прогнозирования изменения магнестрикции ферромагнитных сплавов на основе измерения параметров максимума электросопротивления переменному току. Изготовлена установка для измерения удлинения образцов оптическим методом. Исследовано влияние температуры, времени отжига, водородной обработки и анизотропии прокатки на магнестриксию сплава K50Ф2.

*SUMMARY.* The method for prediction of the changes in magnetostriction of ferromagnetic alloys has been developed. This method uses measurements of parameters of electric resistance anomaly, which appears under alternating current. The equipment for measurements of samples under the influence of magnetic field by optical method has been designed and manufactured. The influence of temperature, duration of annealing, hydrogen treatment and rolling anisotropy on

magnetostriction of the K50Ф2 alloy has been studied.

*Karpov V. Yu.* Properties of gasars – metal materials with pores formed by hydrogen evolution..... 125

*РЕЗЮМЕ.* Разработана методика прогнозирования изменения магнитострикции ферромагнитных сплавов на основе измерения параметров максимума электросопротивления переменному току. Изготовлена установка для измерения удлинения образцов оптическим методом. Исследовано влияние температуры, времени отжига, водородной обработки и анизотропии прокатки на магнестриксию сплава K50Ф2.

*SUMMARY.* The method for prediction of the changes in magnetostriction of ferromagnetic alloys has been developed. This method uses measurements of parameters of electric resistance anomaly, which appears under alternating current. The equipment for measurements of samples under the influence of magnetic field by optical method has been designed and manufactured. The influence of temperature, duration of annealing, hydrogen treatment and rolling anisotropy on magnetostriction of the K50Ф2 alloy has been studied.

IN SCIENTIFIC CIRCLES

*Panasjuk V. V. and Dmytrakh I. M.* The 10<sup>th</sup> Polish-Ukrainian-German Summer School on Fracture Mechanics and Strength of Materials..... 128