

*Колесников В.А. доц., к.т.н.,
зав. каф. Инженерных дисциплин
заместитель декана по научной работе
Восточноукраинский национальный университет
имени Владимира Даля,
Краснодонский факультет инженерии и менеджмента,*

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ

Проведен краткий обзор литературных и интернет данных, которые касаются наноструктурированных сталей и сплавов.

Ключевые слова: наноструктурированные стали и сплавы.

1.Состояние проблемы. Совсем недавно, одним из самых прочных материалов считалась сталь. Однако с развитием нанотехнологий ей пришлось уступить место по многим "показателям" наноматериалам. Требования, предъявляемые к сталям, заставляют их обладать целым комплексом свойств: высокой прочностью, коррозионной стойкостью, трещиностойкостью, износостойкостью и т.д. Добиться этого всего для одного универсального сплава невозможно, что заставляет материаловедов создавать новые сплавы. К числу таких, можно отнести – наноструктурированные стали и сплавы [1 - 4].

2.Основная часть. В электронном ресурсе [5] отмечается, что прочность наноструктурированной стали возрастает в 3 – 4 раза, а твердость – на порядок при улучшении хладостойкости и многократном увеличении коррозионной стойкости.

Японские исследователи [6] предложили новый метод термомеханической обработки, который, авторы назвали температурной формовкой или темпформингом ("tempforming"). В качестве модельного сплава использовалась низколегирующая сталь, содержащая 0.4% С, 2% Si, 1% Cr, and 1% Mo. Формовка образцов производилась с эквивалентной деформацией порядка 1,7 после отпуска стали при 500°C. Последующие механические испытания нового материала показали отличные результаты, по сравнению со сталью закаленной обычным образом и отпущенной при 500°C. В частности, значение ударной прочности по Шарпи для образцов после температурной формовки (ТР-образец) составляет 226 Дж, что почти в 16 раз больше, чем в аналогичном испытании с обычной сталью. Для ТР-образцов наблюдается максимум в интервале температур от - 60°C до - 20°C, при дальнейшем повышении температуры ударная прочность уменьшается. Подобное поведение объясняется микроструктурой стали. После темпформинга происходит удлинение зерен вдоль <110> кристаллографического направления, которое совпадает с направлением прокатки. Средний поперечный размер зерен металла составлял порядка 260 нм, размер сферических карбидных частиц, диспергированных в железной матрице не более 50 нм.

В Российской Федерации разработкой объемных наноструктурированных материалов методом интенсивной пластической деформации (ИПД), занимаются в ФГУП ЦНИИКМ «Прометей» [7]. В этом научно-исследовательском институте разработана теория фрагментации – феномена разбиения в ходе интенсивной пластической деформации однородно ориентированных зерен на сильно разориентированные между собой фрагменты, поперечные размеры которых близки к 100-200 нм, а углы разориентировки увеличиваются с ростом деформации по линейному закону: $\theta = \alpha(\epsilon - \epsilon_0)$, где ϵ - истинная логарифмическая макродеформация, соответствующая началу фрагментации, α - безразмерный параметр, определяющий скорость

развития фрагментации. На рис. 1 показана изменение физико-механических свойств у сталей за счет образования наноструктуры.

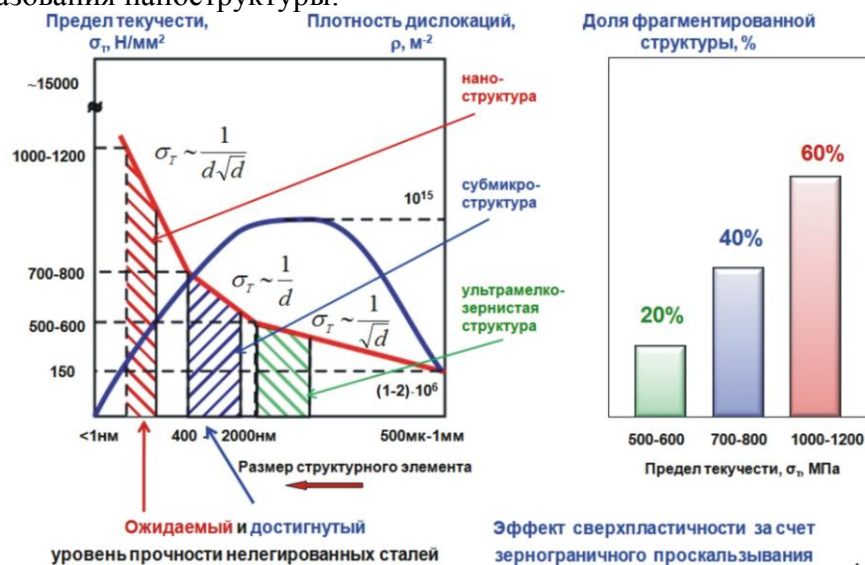


Рис. 1. Повышение свойств стали за счет создания наноструктуры (схематическое представление) [7]

При температурах ниже температуры рекристаллизации закономерности фрагментации носят универсальный характер и сохраняются при любых способах деформирования для конструкционных материалов любого химического состава, кристаллического строения и исходной структуры (рис. 2).

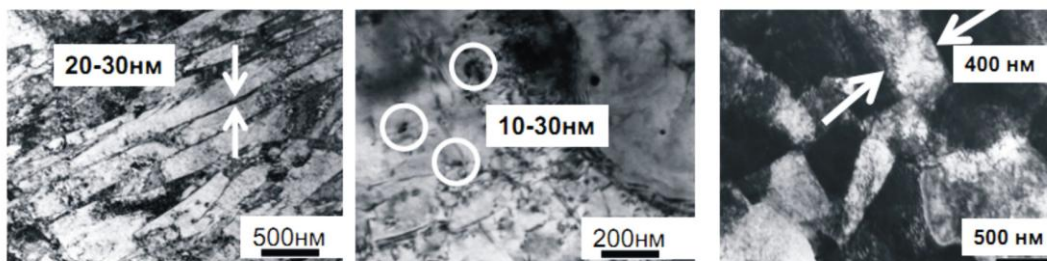


Рис. 2. Управляемое создание наноструктуры в объеме материала [7]

Компания «ТЗК Техоснастка» (Москва) в промышленном масштабе приступила к выпуску посуды с антибактериальным эффектом. Этот эффект достигается путем внедрения в материал, из которого изготавливается посуда, наночастиц серебра, которые создают на поверхности пластика защитную самоочищающуюся пленку, подавляющую рост большинства вредных бактерий и грибов. Для этого используется специальная технология, разработанная на основе изучения свойств серебра, механизма взаимодействия его ионов с бактериальной микрофлорой.

Антибактериальный эффект достигается благодаря активным ионам серебра Ag^+ в наноструктуре поверхности пластика, к которым бактерии не могут адаптироваться и погибают. Механизм действия Ag^+ на микроорганизмы выглядит следующим образом: активные ионы серебра Ag^+ проникают через клеточную мембрану бактерии, и она теряет свою протеиназу. Также ионы серебра помогают разрушить ДНК бактерий и микроорганизмов, которые погибают, потеряв способность к делению и размножению [8].

Южнокорейская компания “Kitchen Art“ при изготовлении своей посуды применяет нанопокрывание с ионами серебра, которые предотвращают распространение бактерий [9].

Создание на поверхности материалов нанопокровов с размерами зерен менее 100 нм открывает поистине революционные возможности и перспективы для получения деталей с улучшенным комплексом свойств и характеристик.

Интерес представляют интеллектуальные аустенитные стали с управляемым эффектом памяти формы (ЭПФ) в результате формирования нанокарбидов VC различной формы и размеров. Предложенные интеллектуальные стали (патент РФ № 2270267) отличаются от известных высокой прочностью, пластичностью, технологичностью производства, существенно меньшим содержанием марганца и кремния, возможностью регулирования величины эффекта памяти формы и могут выпускаться в массовых количествах. Проведена выплавка предложенной ЭПФ-стали на заводах Урала и получен листовой прокат шириной 1000 мм. Изготовлены оболочки нагреваемых цилиндрических снарядов для герметизации дефектных обсадных труб в нефтяных скважинах [10].

В Российской Федерации запущен проект «Магистраль». Который направлен на создание отечественного производства нового поколения высоконадежных трубных сталей и труб большого диаметра, предназначенных для эксплуатации в сложных природно-климатических условиях Крайнего Севера, в морской воде, в сейсмически активных и горных районах Восточной Сибири. Для обеспечения эксплуатации трубопроводов в экстремальных условиях необходимо повышение эксплуатационных характеристик труб, таких как: увеличение рабочего давления в магистральных газопроводах ≥ 25 МПа; повышение прочности в перспективе до X120; понижение температуры эксплуатации до -50 °C; повышение вязкопластических свойств и коррозионной стойкости стали; повышение экологической безопасности и др.

Традиционные подходы при создании материалов для сложных условий эксплуатации применимы мало: с повышением прочностных характеристик, как правило, снижается вязкость и трещиностойкость стали, что приводит к авариям и экологическим катастрофам при эксплуатации. В связи с этим разработка новых надежных трубных сталей более высокой прочности – категорий X100 и X120 с учетом указанных факторов невозможна без использования нанотехнологий, позволяющих управлять созданием требуемых свойств материала на новом уровне – для объектов наноразмера (10^{-9} м) (рис. 3) [7].

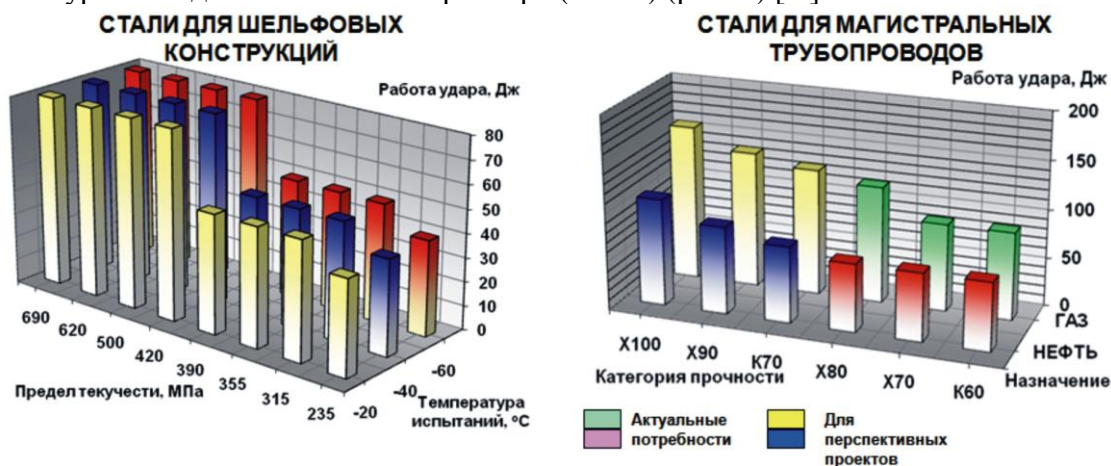


Рис. 3. Новые конструкционные стали с элементами наноструктуры для добычи и транспортировки углеводородов в северных регионах [7].

Одно из самых важных требований к сталям труб, транспортирующих «кислый» газ, является высокая чистота по содержанию серы (не более 0,005%). При этом важно не только содержание серы, но и форма сульфидных включений, она должна быть близкой к глобулярной. Содержание углерода и марганца, как основных ликвирующих элементов в сталях, ответственных за появление сегрегационной неоднородности, полосчатости структуры и образования полос со структурами повышенной прочности, также сильно влияет на чувствитель-

ность стали к водородному растрескиванию. На основании вышеизложенного специалистами ОАО «Урал Сталь» совместно с ФГУП ЦНИИЧМ им. И. П. Бардина был разработан химический состав и технология выплавки, прокатки и термообработки листового проката, стойкого к сероводородному растрескиванию. Полученные результаты показали, что разработанная марка стали полностью обеспечивает требованиям нормативной документации как по механическим, технологическим свойствам, так и по стойкости к сероводородному растрескиванию [11].

Крупнейшая металлургическая компания ArcelorMittal разработала новый вид стали, которая не только гораздо прочнее обычной, но и намного легче стандартного металла. Новый вид стали изготовлен с использованием нанотехнологий. Благодаря разработкам ученых, только вес кузова автомобиля может быть снижен на 85 килограмм. А если начать использовать данный вид металла в конструкции двигателя, трансмиссии и тормозов, общий вес машины может быть снижен еще больше [12].

3. Выводы. Использование новых наноструктурированных сплавов и сталей может внести существенный вклад для развития современной техники и технологий. За счет применения сплавов обладающих одновременно целым комплексом свойств. Например, обладанием антибактериальными свойствами за счет введения наночастичек серебра. Наноструктурированные стали обладают повышенными физико-механическими свойствами. Прочность такой стали возрастает в 3 – 4 раза, а твердость – на порядок, при улучшении хладостойкости и многократном увеличении коррозионной стойкости. Таким образом, имея ту же массу детали или конструкции, возможно значительно увеличить несущую способность объекта. ФГУП ЦНИИЧМ им. И. П. Бардина и ФГУП ЦНИИЧМ «Прометей» активно занимаются разработкой новых наноструктурированных сталей, обладающих целым рядом свойств: повышенной прочностью, трещиностойкостью, стойкостью к сероводородному растрескиванию, к водородному растрескиванию и др.

Литература

1. В.А. Колесников Новые наноструктурированные высокоазотистые марганцевые стали // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля // Електронне наукове фахове видання, 2009. – № 5. Режим доступа: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/vsunud/2009-5E/09kvavms.htm>.
2. Колесников В.А. Новые наноструктурированные высокоазотистые марганцевые стали // Мир Техники и Технологий, 2010. - № 6 -7. – С. 31 – 33.
3. Колесников В.А., Балицкий А.И. Новые наноструктурированные сплавы – очередной шаг к экологической безопасности планеты // Збірник наук. Праць СХУ ім. В. Даля, № 1 (2). Прикладна екологія. - Луганськ: вид-во СХУ ім. В. Даля, 2010.– С. 137 - 142.
4. Колесников В.А. Краткий обзор новых сталей для пищевых и перерабатывающих производств. наноструктурированные стали // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля // Вид-во СХУ ім. В.Даля, 2011. – № 1(155). Частина 1. – с.112 - 119.
5. Сверхпрочная наноструктурированная сталь. Нанометр. Новые материалы. [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.nanometer.ru/2008/09/17/new_materials_53969.html.
6. Сверхпрочная наноструктурированная сталь. Нанометр. Новые материалы. [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.nanometer.ru/2008/09/17/new_materials_53969.html.
7. Физическая природа явления фрагментации: применение в промышленном производстве конструкционных сталей // И.В. Горынин, В.В. Рыбин, В.А. Малышевский, Е.И. Хлусова // Международный форум по нанотехнологиям, 3-5 12.2008. Rosnanotech.
8. Техоснастка” выводит на рынок нанопосуду с ионами серебра. [Электронный ресурс]. Сайт о научно-технической информации. Режим доступа: http://researchworker.ucoz.ru/news/tekhosnastka_vyvodit_na_rynok_nanoposudu_s_ionami_serebra/2010-09-20-1632.
9. Высокотехнологичная продукция компании “Kitchen Art” [Электронный ресурс]. Kitchen Art. Режим доступа: http://kitchen-art.su/our_products.
10. Важнейшие результаты научных исследований за 2007 год. Физико-технические науки. <http://www.uran.ru/resultats/presid/2007/phts/phts2007.htm>.
11. Разработка состава стали марки 08ГБФ-У, стойкой к водородному и сероводородному растрескиванию // [Электронный ресурс]. Orenprom.com. Бизнес портал. Режим доступа: <http://www.orenprom.com/innovation.php?id=30>.
12. Наносталь сможет снизить вес автомобиля минимум на 85 кг. [Электронный ресурс]. Авто Вести. Режим доступа: <http://auto.vesti.ru/doc.html?id=358032>.

ЗМІСТ

ПІБ авторів та назва публікації	Стор.
<i>Аптекар М.Д., Аптекар В.Ю.</i> РЕКРЕАЦІЙНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ЯК ВИЗНАЧАЛЬНИЙ ЧИННИК ВІДНОВЛЕННЯ ЛЮДСЬКИХ РЕСУРСІВ РЕГІОНУ	5
<i>Балицький О. І., Колесніков В.О., Хмель Я.</i> ВПЛИВ ВОДНЮ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ СТАЛЕВИХ ДЕТАЛЕЙ	14
<i>Василенко Н.А., Васецкая Л.А.</i> ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ КОНСТРУКЦИОННОЙ ЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ ИОННО-ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКОЙ	17
<i>Зебницкая Е.В., Свинороев Ю.А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ПЛАСТИКА ДЛЯ РЕШЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ МАЛЫХ ГОРОДОВ ДОНБАССА	20
<i>Домская А.С., Лантева Е.И.</i> ПРОБЛЕМЫ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В МАЛЫХ ГОРОДАХ	23
<i>Садова Ю.М., Дичко А.О.</i> ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НА ШВИДКІСТЬ БІОХІМІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД	24
<i>Куликова Д.В.</i> О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ОЧИСТКИ ШАХТНЫХ ВОД ОТ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ	30
<i>Бихдрикер А.С., Бихдрикер И.С.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПЫТА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ИЗРАИЛЕ ПРИМЕНИТЕЛЬНО ДЛЯ УГОЛЬНЫХ РЕГИОНОВ СНГ	34
<i>Єремєєв І.С., Сігорський П. В.</i> МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ДАНИХ	38
<i>Никитинский В.А., Мищенко А.В., Косилов К.С.</i> ГЕНЕРАТОР ПЛАЗМЫ ДЛЯ ИНЖЕНЕРИИ ПОВЕРХНОСТИ	41
<i>Шевелев В.А., Нецецкий А. А.</i> АНАЛІЗ ПЕРЕДУМОВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПАСАЖИРСЬКОГО АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТ	44
<i>Корсунов К.А.</i> ПЛАЗМЕННАЯ ГАЗИФИКАЦИЯ НИЗКОСОРТНЫХ УГЛЕЙ	48
<i>Дзюба В.Л., Зёма А.В., Василенко Н.А., Гончаров В.В.</i> УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫХ НАНОПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИ	51
<i>Ополінський І.О., Дичко А. О.</i> ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ПІДПРИЄМСТВ ДОНЕЦЬКОГО КАМ'ЯНОВУГІЛЬНОГО БАСЕЙНУ	55
<i>Батлук А.С.</i> ПЕРСПЕКТИВА РОЗВИТКУ ТРУБОПРОВІДНОГО ТРАНСПОРТУ НА ПРИКОРДОННИХ РЕГІОНАХ УКРАЇНИ ТА РОСІЇ	58
<i>Белкин Д.И., Шабрацкий В.И., Барвин В.И.</i> ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕАКТОРОВ ОБЪЕМНОГО ТИПА С МЕШАЛКАМИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ГАЗОЖИДКОСТНЫХ РЕАКЦИЙ	61
<i>Дж.А.Т. Ал-Хаддад Е.В., Киселёва-Логинова Е.В., Попов</i> ВОДОТОПЛИВНЫЕ ЭМУЛЬСИИ КАК РЕШЕНИЕ ДЛЯ НЕФТЕПРОМЫШЛЕННОСТИ ИРАКА	64
<i>Ковалева А.Ю., Григорьева А.А.</i> ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И СОВРЕМЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ ТЕОРИИ СТРОЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ	67
<i>Колесников В.А.</i> ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ	71
<i>Луговой А.П.</i> ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ПТИЦЕВОДСТВА	75
<i>Гончаров В.В., В.В. Овчаренко, Мищенко А.В.</i> РАЗРАБОТКА ПРИВОДА ЭКСТРУДЕРА ДЛЯ БРИКЕТИРОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ТОПЛИВ	79
<i>Старіченко О.В.</i> СУЛЬФОАЛКІЛУВАННЯ ФЕНОЛУ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ ТЕХНОЛОГІЇ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН	81

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ім. ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
КРАСНОДОНСЬКИЙ ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ ТА МЕНЕДЖМЕНТУ
АНТРАЦИТІВСЬКИЙ ФАКУЛЬТЕТ ГІРНИЦТВА І ТРАНСПОРТУ

**IV МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА
КОНФЕРЕНЦІЯ
"ЕКОНОМІЧНІ, ЕКОЛОГІЧНІ ТА
СОЦІАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ВУГІЛЬНИХ РЕГІОНІВ СНД"**

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ



20 травня 2011 р
м. Краснодон

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ім. ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
КРАСНОДОНСЬКИЙ ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ
ТА МЕНЕДЖМЕНТУ
АНТРАЦИТІВСЬКИЙ ФАКУЛЬТЕТ ГІРНИЦТВА І ТРАНСПОРТУ

IV МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА
КОНФЕРЕНЦІЯ
"ЕКОНОМІЧНІ, ЕКОЛОГІЧНІ ТА
СОЦІАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ВУГІЛЬНИХ РЕГІОНІВ СНД"

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ



20 травня 2011 р
м. Краснодон

УДК 658+504+364.14

ББК 65.30+65.28+65.27

Рецензенти:

Рамазанов С.К.— професор, д.т.н., д.е.н.

Харковський Б.Т. – професор, к.т.н.

Родіонов О.В. – проф., д.е.н.

УДК 658+504+364.14

ББК 65.30+65.28+65.27

Рекомендовано до друку Вченою радою Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля
(протокол № 11 від " 24 " 06. 2011 р.)

Колесников В.А. Физико-механические свойства наноструктурированных сталей и сплавов // Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції “Економічні, екологічні та соціальні проблеми вугільних регіонів СНД 20 травня 2011 р., м. Краснодар. – С. 71 - 74.

Фізико-механічні властивості наноструктурованих сталей та сплавів.

Physico-mechanical properties of nanostructured steels and alloys.

Проведен краткий обзор литературных и интернет данных, которые касаются наноструктурированных сталей и сплавов.

Ключевые слова: наноструктурированные стали и сплавы.

Ключові слова: наноструктуровані сталі та сплави.

Keywords: nanostructured steels and alloys.

[https://www.researchgate.net/publication/337544493_Kolesnikov_VA_Fiziko-mehaniqueskie_svojstva_nanostrukturirovannykh_stalej_i_splavov_Materiali_IV_Mi_znarodnoi_naukovo-practicnoi_konferencii_Ekonomichni_ekologichni_ta_socialni_problemi_vugilnih_re_gioniv_S](https://www.researchgate.net/publication/337544493_Kolesnikov_VA_Fiziko-mehaniqueskie_svojstva_nanostrukturirovannykh_stalej_i_splavov_Materiali_IV_Mi_znarodnoi_naukovo-prakticnoi_konferencii_Ekonomichni_ekologichni_ta_socialni_problemi_vugilnih_re_gioniv_S)

https://kolesnikov.ucoz.com/load/fiziko_mekhanicheskie_svojstva_nanostrukturirovannykh_stalej_i_splavov/1-1-0-162