

УДК 621.785.532
DOI: 10.12737/24886

В.Н. Гадалов, А.В. Филонович, С.В. Ковалев, Н.М. Игнатенко, И.В. Ворначева

ПОВЫШЕНИЕ УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ И РАБОТОСПОСОБНОСТИ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЗОТИСТО-УГЛЕРОДИСТЫХ КАРБИУРИЗАТОРОВ

Представлены результаты исследования структуры, фазового состава и эксплуатационных свойств образцов из стали типа (20...30) ХГТ после объемной закалки с отпуском, а также после стандартной закалки с дополнительной химико-термической обработкой, состоящей из нитроцементации с применением азотисто-углеродистых

пастообразных карбюризаторов при различных температурах.

Ключевые слова: конструкционная сталь, химико-термическая обработка, нитроцементация, газовая сажа, карбамид, железосинеродистый калий, карбюризатор, эксплуатационные свойства, углерод, азот, карбонитрид.

V.N. Gadalov, A.V. Filonovich, S.V. Kovalev, N.M. Ignatenko, I.V. Vornacheva

INCREASE OF ENDURANCE AND WORKING CAPACITY OF STRUCTURAL STEEL BY ADDITIONAL CHEMICAL-THERMAL TREATMENT USING NITROGENOUS-CARBONIC CARBURIZERS

Modern methods of chemical-thermal treatment (CTT) such as cyanidation, nitrogen case-hardening and others are widely-used in different branches of industry and they are processes promising enough. The solution of ecological problems of diffusion strengthening and improvement of performance attributes of a surface layer are interrelated with the use of special powder mixtures – lutes, pastes, called saturating environment (carburizer). As a saturating environment in the work there is used a nitrogen-carbon paste on the basis of fine gas black (amorphous carbon ~ 60%) and iron synergist potassium ~ 40% with the addition of carbamide (urea) as a nitrogen-containing component. A saturating pasty environment on the basis of soot with nitrogen-containing admixtures (urea

and iron synergist potassium) is efficient for the surface strengthening treatment of steel products in a wide range of temperatures. Solid carbonitrides arising on the surface of products processed in this environment promote the increase of their wear-resistance and other performance attributes. A carbonitride edge on the surface of steel (20...30) ChGT arising at nitrogen case-hardening in a paste-type carburizer does not decrease wear-resistance, but, at the same time increases working capacity of parts and units and material fatigue resistance.

Key words: structural steel, chemical-thermal treatment, nitrogen case-hardening, gas black, carbamide, iron synergist potassium, carburizer, performance attributes, carbon, nitrogen, carbonitride.

Введение

Современные методы химико-термической обработки (ХТО), такие как цианирование, нитроцементация, цементация и другие, широко используются в разных промышленных отраслях и являются достаточно перспективными процессами. Активному внедрению данных процессов в машиностроении и машиноремонтном производстве способствует хорошее сочетание эксплуатационных свойств поверхностного слоя: достаточно высокая твердость и износостойкость при работе в различных условиях окружающей среды; повышенная коррозионная стойкость; полу-

чение в поверхностном слое больших напряжений сжатия, усиливающих усталостное сопротивление; низкая восприимчивость к поверхностным дефектам; хорошая шлифуемость и полируемость; малая склонность к задиранью.

В качестве основных недостатков указанных процессов можно отметить значительную длительность технологического процесса, высокую стоимость оборудования и материалов и низкую экологичность вышеуказанных технологий ХТО.

Разрешение экологических проблем диффузионного упрочнения и улучшение

эксплуатационных свойств поверхностного слоя взаимосвязаны с применением специальных порошковых смесей – обмазок, паст, называемых насыщающей средой (карбюризатором). Главные требования к насыщающей среде (карбюризатору) следующие:

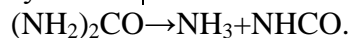
1. Карбюризатор должен обеспечить нужное повышение прочности деталей и узлов из различных конструкционных сталей в данном интервале температур в воздушной среде без применения дополнительного оборудования.

2. Карбюризатор должен работать в условиях массового и мелкосерийного производства, а также создавать удобства для упрочнения деталей различных форм и размеров с применением простейшего термического оборудования.

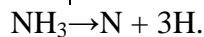
3. Состав насыщающей среды не должен включать дефицитные и дорогостоящие материалы и компоненты; карбюризатор должен быть нетоксичным, удобным в обращении, удовлетворять правилам техники безопасности на производстве, а также быть энергосберегающим.

Методика проведения исследований

В качестве насыщающей среды используется азотисто-углеродная паста на основе мелкодисперсной газовой сажи (аморфного углерода, ~ 60%) и железосинеродистого калия (желтой кровяной соли, ~ 40%) с добавлением в качестве азотосодержащего компонента карбамида (мочевина). Мочевина $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ используется



В случае использования мочевины активный азот возникает при разложении



Диссоциация аммиака зависима от температуры процесса и при температурах больше 600°C составляет 20...40%. Следовательно, в насыщающей среде остается достаточно аммиака для интенсивного насыщения азотом стали при температуре $500...600^\circ\text{C}$.

Изоциановая кислота не распадается и не участвует в дальнейших реакциях при небольших температурах.

Желтая кровяная соль $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ в

В современном производстве для ряда узлов и деталей машин используются низкоуглеродистые конструкционные стали типа (20...30)ХГТ, работающие при повышенных нагрузках. Но усталостная прочность и износостойкость указанных сталей после стандартной термической обработки (закалка 850°C с дальнейшим отпуском до требуемой твердости) недостаточны.

Устранение указанного недостатка, то есть повышение эксплуатационных свойств стали (20...30)ХГТ, возможно с применением ХТО в пастообразном карбюризаторе, в состав которого входят углеродно-азотистые компоненты. Насыщающая среда в виде пасты (обмазки) наносится непосредственно на упрочняемые поверхности. Это активизирует реакцию адсорбирования и диффузии активных атомов углерода и азота на поверхность стали и вглубь материала детали. Такой механизм обеспечивает минимальный расход компонентов карбюризатора при высокой насыщающей способности.

как сельскохозяйственное азотное удобрение (содержит ~ 40% азота), имеет сравнительно малую стоимость и характеризуется отсутствием токсичности. При температуре приблизительно 200°C она распадается с выделением изоциановой кислоты и аммиака:

аммиака, которое протекает как реакция

твердом состоянии нетоксична, хоть и считается цианидом, в отличие от цианидов натрия и калия. Есть мнение, что она становится ядовитой после расплавления, т.е. появления в расплаве активной группы CN. Свободный расплав желтой кровяной соли при смешении с сажой не возникает, и ее токсичное действие не проявляется. Цианистый калий окисляется частично, выделяя нейтральные газы, и вносит вклад в насыщение стали при прямом контакте с

поверхностью.

При увеличении температуры процесса основной источник активных атомов

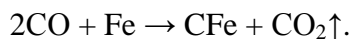


Желтая кровяная соль активируется при средних температурах насыщения (около 600°C), когда активность мочевины понижается из-за сильной диссоциации аммиака. Атомы азота, возникающие в результате разложения желтой кровяной соли, диффундируют в сталь, растворяясь в α -железе. Температура фазовой перекристаллизации азотистого феррита в аустенит снижается (~ 590°C), и становится возможна диффузия углерода, а также появляются условия для нитроцементации, т.е. для совместного насыщения стали азотом и углеродом.

Дальнейшее увеличение температуры процесса (более 800°C) в значительной степени повышает скорость диффузии углерода в аустенит. Это требует его усиленного генерирования в насыщающей среде. Сажа является источником углерода при повышенных температурах, а именно ее мелкие частички с чрезвычайно развитой реакционной поверхностью [1]. На их поверхности протекает реакция с диоксидом углерода, образующимся в результате окисления продуктов распада желтой кровяной соли, в итоге возникает активный оксид углерода:



При увеличении объема (две молекулы вместо одной) оксид углерода с легкостью отделяется от поверхности сажи и циркулирует в пространстве между частицами сажи, попадает на поверхность стали, отдает ей углерод и превращается в неактивный диоксид, не удерживающийся на поверхности:



Диоксид углерода реагирует с сажей, находящейся непосредственно вблизи насыщаемой поверхности, и снова превращается в активный оксид. Следовательно, газы CO и CO₂, циркулирующие между частицами сажи и поверхностью стали, переносят углерод и осуществляют цементацию стали. Скорость цементации при этом очень высокая, так как реакция генерации

азота и углерода - желтая кровяная соль, которая распадается при температуре более 560°C с выделением углерода и азота:

оксида углерода наиболее близка к поверхности насыщения, а реакционная активность сажи чрезвычайно высока.

Следовательно, благодаря проявлению своей максимальной активности при различных температурах (500...900°C) компонентами предлагаемого карбюризатора он может использоваться для различных видов химико-термической обработки изделий из сталей, от практически чистого азотирования до цементации, цианирования и нитроцементации.

Для исследования был изготовлен карбюризатор со следующим составом: желтая кровяная соль K₄Fe(CN)₆ - 20%, мочевина (NH₂)₂CO - 20%, сажа газовая ДГ-100 - 60%. Сухие компоненты тщательно перемешивали и разбавляли поливинилацетатной эмульсией с введением ПАВ этанола до консистенции густой пасты. Эту пасту наносили как обмазку (слой ~ 1,5 мм) на стальные образцы - (20...30)ХГТ - и высушивали.

Образцы с сухим покрытием герметично упаковывались в контейнер, в котором они располагались без промежутков, плотно друг к другу. Это является требованием при применении древесноугольного карбюризатора (его существенное преимущество). При этом можно подвергнуть обработке значительно большее количество изделий при одной загрузке, чем в твердом традиционном карбюризаторе. Кроме того, значительно уменьшается время прогрева контейнера.

По нашему мнению, повысить усталостную прочность и износостойкость стали (20...30)ХГТ можно заменой традиционного отпуска после закалки при 650...660°C на дополнительную ХТО - нитроцементацию при трех различных температурных режимах: 560, 660 и 760°C.

Для установления возможности применения вышеназванного пастообразного карбюризатора, проверки данного предположения и выяснения воздействия дополнительной ХТО на свойства стали

(20...30)ХГТ проведено комплексное изучение стальных образцов в первоначальном состоянии (закалка с 840 °С в масле с дальнейшим отпуском при 660 °С (1...3 ч) и после нитроцементации.

Был проведен металлографический анализ для определения содержания углерода, азота и других элементов в слоях поверхности металла, изучены предел выносливости и микротвердость.

Микроструктура образцов исследована на химически протравленных металлографических шлифах. Осмотр и съемка шлифов проведены на оптическом микроскопе ММР-4. Твердость по Виккерсу определена на твердомере ТП-7-Р под нагрузкой 10 кг (ГОСТ 2999-75), микротвердость - на приборе ПМТ-3 под нагрузкой 100 г.

Результаты исследований

Данные микроструктурного анализа стали (20...30)ХГТ после различных видов ХТО и ТО показаны на рис. 1, 2. Структурой стальных образцов до применения

Анализ слоев поверхности изучаемых образцов осуществлен с помощью атомно-эмиссионного спектрометра SA-2000 фирмы LECO. Принцип действия прибора основан на методе GD-OES, т.е. атомно-эмиссионной спектроскопии. По полученным данным необходимо построить профили содержания азота, углерода и других элементов, выявленных в спектре пробы образца.

Исследование предела выносливости образцов проведено с помощью неразрушающего вихревого метода [2], основанного на регистрации изменений магнитного поля в слоях поверхности циклически нагруженных образцов. Действительным пределом выносливости металла считается нагрузка, при которой фиксируются эти изменения.

нитроцементации является мартенсит, мартенсит с трооститом и сорбит (рис. 1 а, б, в соответственно).

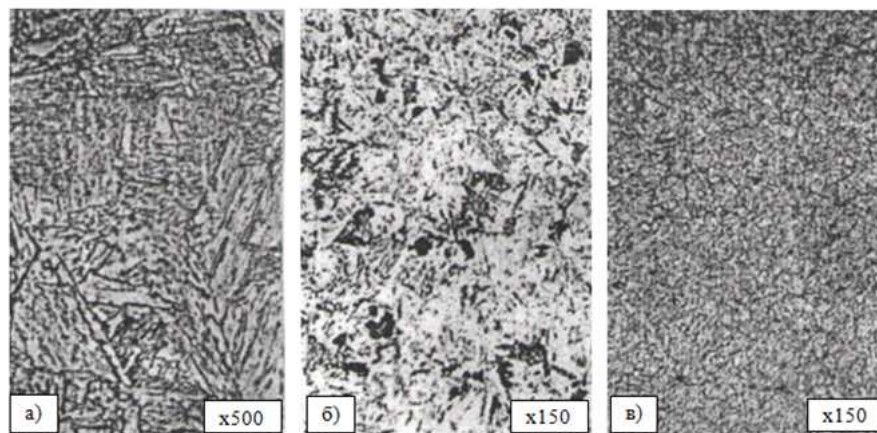


Рис. 1. Сталь (20...30)ХГТ после ТО: а - мартенсит (закалка 1050 °С, охлаждение - вода); б - мартенсит с трооститом (закалка 950 °С (неполная закалка), охлаждение - масло 130 °С); в - сорбит (закалка 850 °С (охлаждение - вода), отпуск 600 °С)

Микроструктурный анализ также показал, что при всех температурах нитроцементации азотисто-углеродная паста проявляет достаточно высокую активность как по углероду, так и по азоту, о чем свидетельствует значительное количество карбонитридов, образованных на поверхности диффузионных слоев.

Температура нитроцементации воз-

действует как на фазовый состав, так и на глубину карбонитридных слоев, полученных в результате нитроцементации стали в предлагаемом пастообразном карбюризаторе.

При низких температурах эта среда в основном обеспечивает насыщение стали азотом с достаточно большой скоростью (0,05...0,10 мм/ч), которую можно сравнить

со скоростью насыщения в цианистых ваннах [3].

При высоких температурах (выше 750°C) замечена значительная насыщенность стали углеродом с возникновением большого количества карбонитридов цементитного типа.

Поверхность образцов после нитроцементации обладает четко выраженной, характерно тонкой (8...22 мкм) нетравящейся полосой – «белым» слоем (рис. 2), представляющим собой карбонитридный

слой $Fe_3(N,C)$, имеющий хорошее сопротивление износу и меньшую хрупкость по сравнению с чистым цементитом Fe_3C или нитридами Fe_3N . Под зоной карбонитридов диффузионный слой после охлаждения в воде с температуры нитроцементации представлен в основном мартенситом или мартенситом с трооститом (рис. 1 а, б соответственно). На рис. 3 показано распределение концентрации азота, углерода и других элементов в сечении образца после ХТО.

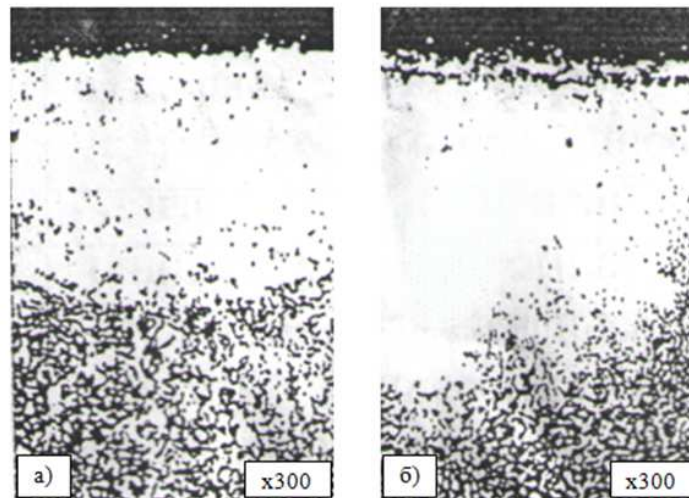


Рис. 2. Микроструктура слоев диффузии на стали (20...30) ХГТ, полученных нитроцементацией в азотисто-углеродной пасте при разных температурах (длительность 2 ч): а - 560°C; б - 660°C

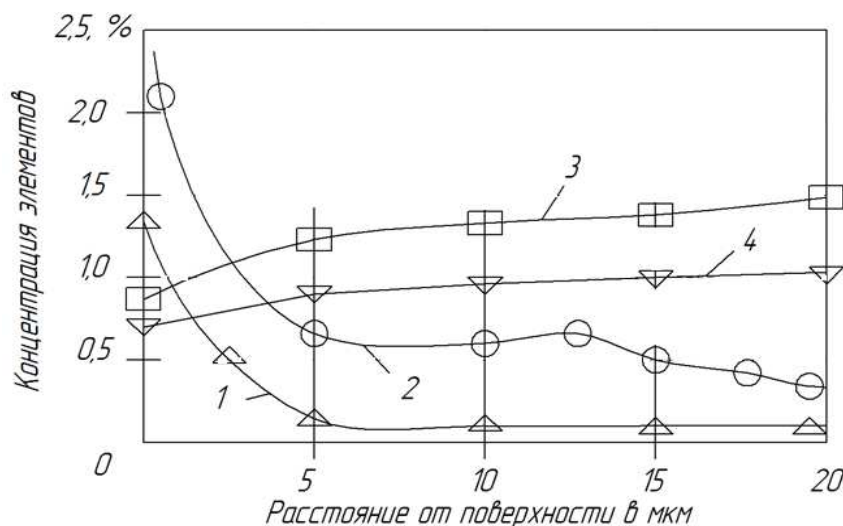


Рис. 3. Распределение элементов легирования в сечении нитроцементированного образца: 1 - углерод; 2 - азот; 3 - хром; 4 - марганец

Можно отметить, что увеличенное содержание С и N в поверхностном слое

соответствует карбонитридной зоне на поверхности изучаемых образцов.

В таблице приведены результаты изучения усталости и твердости образцов

из исследуемой стали в различных состояниях.

Таблица

Предел выносливости и микротвердость образцов из стали (20...30) ХГТ

Состояние образцов (по порядку)	Микротвердость HV ₁₀ , кгс/мм ²		Предел выносливости δ ₋₁ , МПа
	Центр образца	Край образца	
1. Исходное состояние (закалка с 850°C + отпуск при 660°C 1 час)	253...254	241...242	293...294
2. Закалка с 850°C в масле + нитроцементация при 660°C (1 час)	230...232	244...246	327...330
3. Закалка с 850°C в масле + нитроцементация при 660°C (2 часа)	243...245	250...252	422...434
4. Закалка с 850°C в масле + нитроцементация при 660°C (3 часа)	250...252	256...258	452...454
5. Закалка с 880°C в масле + нитроцементация при 660°C (3 часа)	252...253	254...256	456...457
6. Закалка с 880°C в масле + нитроцементация при 700°C (2 часа)	252...254	255...257	454...456

Анализ данных, приведенных в таблице, показывает, что замена отпуска (режим 1) на нитроцементацию (режимы 4, 5) увеличивает усталостную прочность в 1,5

раза и выше, при этом микротвердость в центре и на крае исследованных образцов в совпадающих режимах остается в пределах погрешности 1...3%.

Заключение

Насыщающая пастообразная среда на основе сажи с азотсодержащими добавками (мочевина и жёлтая кровяная соль) эффективна для поверхностной упрочняющей обработки изделий из стали в широком диапазоне температур. Твердые карбонитриды, возникающие на поверхности обрабатываемых в данной среде изделий, способствуют увеличению их износостойкости и других эксплуатационных свойств.

Карбонитридная корка на поверхно-

сти изучаемой стали образуется при проведении предложенной ХТО и имеет ту же твердость, но в большей степени увеличивает выносливость (в 1,4...1,5 раза). Карбонитридная кромка на поверхности стали (20...30)ХГТ, возникающая при нитроцементации в пастообразном карбюраторе, не понижает износостойкость [5], но при этом повышает работоспособность узлов и деталей и усталостную прочность материала [6-10].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Есин, О.А. Физическая химия пирометаллургических процессов / О.А. Есин, П.В. Гельд. - Свердловск: Metallurgizdat, 1962. - Ч.1. - 427 с.
2. Гадалов, В.Н. Изучение усталостной прочности

ферромагнитных материалов неразрушающим экспресс-методом / В.Н. Гадалов, Е.В. Агеев, Е.В. Чернышова [и др.] // Международный симпозиум «Образование, наука и производство: проблемы, достижения и перспективы»: мате-

- риалы междунар. науч.-техн. конф. «Современное материаловедение и нанотехнологии» (г. Комсомольск н/А, 27-30 сент. 2010 г.) / редкол.: А.М. Шпилев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск н/А: КНАГТУ, 2010. – Т.1. – С. 196-202.
3. Ткаченко, Ю.С. Повышение долговечности деталей, работающих в условиях изнашивания в коррозионных средах, методом низкотемпературной нитроцементации / Ю.С. Ткаченко, М.В. Мищенко, В.И. Шкодкин [и др.] // Вестник Воронеж. гос. техн. ун-та. – 2007. – Т. 3. – № 11. – С. 133-134.
 4. Гадалов, В.Н. Перспективы применения цианирования для улучшения структуры и свойств конструкционных сталей / В.Н. Гадалов, В.Г. Сальников, А.Г. Романенко [и др.] // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2012. – №3. – С. 8-10.
 5. Гадалов, В.Н. Перспективы использования коррозионно-стойкой стали 40X13 / В.Н. Гадалов, Д.Н. Романенко, А.Г. Романенко [и др.] // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2012. – №7. – С. 37-40.
 6. Гадалов, В.Н. Повышение работоспособности плунжерных пар из стали (17...20)ХГТ комбинированной нитроцементацией / В.Н. Гадалов, В.Р. Петренко, Ю.В. Скрипкина [и др.] // Заготовительные производства в машиностроении. – 2012. – №8. – С. 43-44.
 7. Гадалов, В.Н. Химико-термическая, электрофизическая обработка металлов, сплавов и гальванических покрытий / В.Н. Гадалов, В.Р. Петренко, С.В. Сафонов [и др.]. – М.: Аргамак-Медиа, 2013. – 320 с.
 8. Гадалов, В.Н. Реновация машиностроительной и сельскохозяйственной техники гальваническими железохромистыми покрытиями с применением цементации / В.Н. Гадалов, С.В. Сафонов, В.И. Серебровский [и др.] // Вестник Воронеж. гос. техн. ун-та. – 2013. – Т. 9. – № 4. – С. 54-58.
 9. Гадалов, В.Н. Исследование окисления доэвтектидных сталей, легированных хромом и титаном, при нитроцементации / В.Н. Гадалов, С.В. Сафонов, Е.Ф. Романенко [и др.] // Вестник Воронеж. гос. техн. ун-та. – 2013. – Т. 9. – № 4. – С. 115-119.
 10. Гадалов, В.Н. Оценка усталости хромистых сталей после термической и химико-термической обработки / В.Н. Гадалов, С.В. Сафонов, А.Е. Гвоздев [и др.] // Вестник Воронеж. гос. техн. ун-та. – 2013. – Т. 9. – № 6-2. – С. 124-126.
1. Yesin, O.A. *Physical Chemistry of Pyrometallurgical Processes* / O.A. Yesin, P.V. Geld. – Sverdlovsk: Metallurgizdat, 1962. – Part1. – pp. 427.
 2. Gadalov, V.N. Study of fatigue resistance in ferromagnetic materials by nondestructive express-test / V.N. Gadalov, E.V. Ageev, E.V. Chernyshova [et al.] // *The Inter. Symposium "Education, Science, and Production: Problems, Achievements and Prospects" Proceedings of the Inter. Scientific-Tech. Conf. "Modern Science of Materials and Nano-Technologies" (Komsomolsk-upon-Amur, 27-30 Sent. 2010)* / editorship: A.M. Shpilev (Executive Editor) [et al.]. – Komsomolsk-upon-Amur K-u-AASTU, 2010. – Vol.1. – pp. 196-202.
 3. Tkachenko, Yu.S. Life increase of parts operating under conditions of wear in corrosion environment by method of low-temperature nitrogen case-hardening / Yu.S. Tkachenko, M.V. Mishchenko, V.I. Shkodkin [et al.] // *Bulletin of Voronezh State Technical University*. – 2007. – Vol. 3. – № 11. – pp. 133-134.
 4. Gadalov, V.N. Prospects of cyanidation application for improvement of structure and properties of structural steel / V.N. Gadalov, V.G. Salnikov, A.G. Romanenko [et al.] // *Repair. Restoration. Modernization*. – 2012. – №3. – pp. 8-10.
 5. Gadalov, V.N. Prospects of application of corrosion-resistant steel 40Ch13 / V.N. Gadalov, D.N. Romanenko, A.G. Romanenko [et al.] // *Strengthening Technologies and Coatings*. – 2012. – №7. – pp. 37-40.
 6. Gadalov, V.N. Working capacity increase of steel plunger pairs (17...20) ChGT by combined nitrogen case-hardening / V.N. Gadalov, V.R. Petrenko, Yu.V. Skripkina [et al.] // *Blanking in Mechanical Engineering*. – 2012. – №8. – pp. 43-44.
 7. Gadalov, V.N. *Chemical-Thermal, Electro-Physical Treatment of Metals, Alloys, and Electroplates* / V.N. Gadalov, V.R. Petrenko, S.V. Safonov [et al.]. – М.: Argamak-Media, 2013. – pp. 320.
 8. Gadalov, V.N. Re-innovation of engineering and agricultural equipment by electroplate iron-chromium coatings using case-hardening / V.N. Gadalov, S.V. Safonov, V.I. Serebrovsky [et al.] // *Bulletin of Voronezh State Technical University*. – 2013. – Vol. 9. – № 4. – pp. 54-58.
 9. Gadalov, V.N. Oxidation study in hypoeutectoid steel alloyed by chromium and titanium at nitrogen case-hardening / V.N. Gadalov, S.V. Safonov, E.F. Romanenko [et al.] // *Bulletin of Voronezh State Technical University*. – 2013. – Vol. 9. – № 4. – pp. 115-119.
 10. Gadalov, V.N. Assessment of chromium steel fatigue after thermal and chemical-thermal treatment / V.N. Gadalov, S.V. Safonov, A.E. Gvozdev [et al.] // *Bulletin of Voronezh State Technical University*. – 2013. – Vol. 9. – № 6-2. – pp. 124-126.

Статья поступила в редколлегию 7.09.2016.

Рецензент: д.т.н., профессор
Курской государственной сельскохозяйственной
академии им. И.И.Иванова
Крупчатников Р.А.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Гадалов Владимир Николаевич, д.т.н, профессор кафедры МТиО Юго-Западного государственного университета, тел.: 8-908-128-49-70, e-mail: Gadalov-VN@yandex.ru.

Филонович Александр Владимирович, д.т.н, профессор кафедры ЭС Юго-Западного государственного университета, тел.: 8-903-873-40-25, e-mail: Filon8@yandex.ru.

Ковалев Сергей Владимирович, к.т.н., доцент Курской государственной сельскохозяйственной

академии им. И.И.Иванова, тел.: 8-950-872-85-97, e-mail: sergeik0310@yandex.ru.

Игнатенко Николай Михайлович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой ОиПФ Юго-Западного государственного университета, тел.: 8 (4712) 504795, e-mail: tef46@yandex.ru.

Ворначева Ирина Валерьевна, аспирант Юго-Западного государственного университета, тел.: 8-960-677-67-68, e-mail: vornairina2008@yandex.ru.

Gadalov Vladimir Nikolaevich, D. Eng., Prof of the Dep. MT&O, South-Western State University, Phone: 8-908-128-49-70, e-mail: Gadalov-VN@yandex.ru.

Filonovich Alexander Vladimirovich, D. Eng., Prof. of the Dep. ES, South-Western State University, Phone: 8-903-873-40-25, e-mail: Filon8@yandex.ru.

Kovalev Sergey Vladimirovich, Can. Eng., Assistant Prof., Ivanov State Agricultural Academy of Kursk,

Phone: 8-950-872-85-97, e-mail: sergeik0310@yandex.ru.

Ignatenko Nikolay Michailovich, D. Eng., Prof., Head of the Dep. of O&PF, South-Western State University, Phone: 8 (4712) 504795, e-mail: tef46@yandex.ru.

Vornacheva Irina Valerievna, Post graduate student, South-Western State University, Phone: 8-960-677-67-68, e-mail: vornairina2008@yandex.ru.